



Acerca de este libro

Esta es una copia digital de un libro que, durante generaciones, se ha conservado en las estanterías de una biblioteca, hasta que Google ha decidido escanearlo como parte de un proyecto que pretende que sea posible descubrir en línea libros de todo el mundo.

Ha sobrevivido tantos años como para que los derechos de autor hayan expirado y el libro pase a ser de dominio público. El que un libro sea de dominio público significa que nunca ha estado protegido por derechos de autor, o bien que el período legal de estos derechos ya ha expirado. Es posible que una misma obra sea de dominio público en unos países y, sin embargo, no lo sea en otros. Los libros de dominio público son nuestras puertas hacia el pasado, suponen un patrimonio histórico, cultural y de conocimientos que, a menudo, resulta difícil de descubrir.

Todas las anotaciones, marcas y otras señales en los márgenes que estén presentes en el volumen original aparecerán también en este archivo como testimonio del largo viaje que el libro ha recorrido desde el editor hasta la biblioteca y, finalmente, hasta usted.

Normas de uso

Google se enorgullece de poder colaborar con distintas bibliotecas para digitalizar los materiales de dominio público a fin de hacerlos accesibles a todo el mundo. Los libros de dominio público son patrimonio de todos, nosotros somos sus humildes guardianes. No obstante, se trata de un trabajo caro. Por este motivo, y para poder ofrecer este recurso, hemos tomado medidas para evitar que se produzca un abuso por parte de terceros con fines comerciales, y hemos incluido restricciones técnicas sobre las solicitudes automatizadas.

Asimismo, le pedimos que:

- + *Haga un uso exclusivamente no comercial de estos archivos* Hemos diseñado la Búsqueda de libros de Google para el uso de particulares; como tal, le pedimos que utilice estos archivos con fines personales, y no comerciales.
- + *No envíe solicitudes automatizadas* Por favor, no envíe solicitudes automatizadas de ningún tipo al sistema de Google. Si está llevando a cabo una investigación sobre traducción automática, reconocimiento óptico de caracteres u otros campos para los que resulte útil disfrutar de acceso a una gran cantidad de texto, por favor, envíenos un mensaje. Fomentamos el uso de materiales de dominio público con estos propósitos y seguro que podremos ayudarle.
- + *Conserve la atribución* La filigrana de Google que verá en todos los archivos es fundamental para informar a los usuarios sobre este proyecto y ayudarles a encontrar materiales adicionales en la Búsqueda de libros de Google. Por favor, no la elimine.
- + *Manténgase siempre dentro de la legalidad* Sea cual sea el uso que haga de estos materiales, recuerde que es responsable de asegurarse de que todo lo que hace es legal. No dé por sentado que, por el hecho de que una obra se considere de dominio público para los usuarios de los Estados Unidos, lo será también para los usuarios de otros países. La legislación sobre derechos de autor varía de un país a otro, y no podemos facilitar información sobre si está permitido un uso específico de algún libro. Por favor, no suponga que la aparición de un libro en nuestro programa significa que se puede utilizar de igual manera en todo el mundo. La responsabilidad ante la infracción de los derechos de autor puede ser muy grave.

Acerca de la Búsqueda de libros de Google

El objetivo de Google consiste en organizar información procedente de todo el mundo y hacerla accesible y útil de forma universal. El programa de Búsqueda de libros de Google ayuda a los lectores a descubrir los libros de todo el mundo a la vez que ayuda a autores y editores a llegar a nuevas audiencias. Podrá realizar búsquedas en el texto completo de este libro en la web, en la página <http://books.google.com>



Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

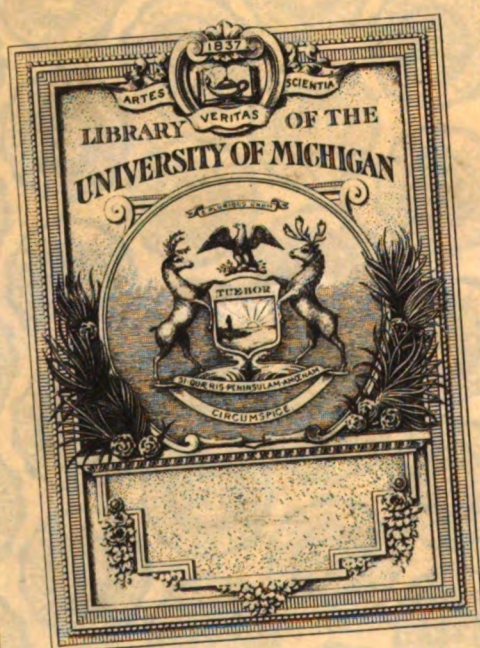
Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

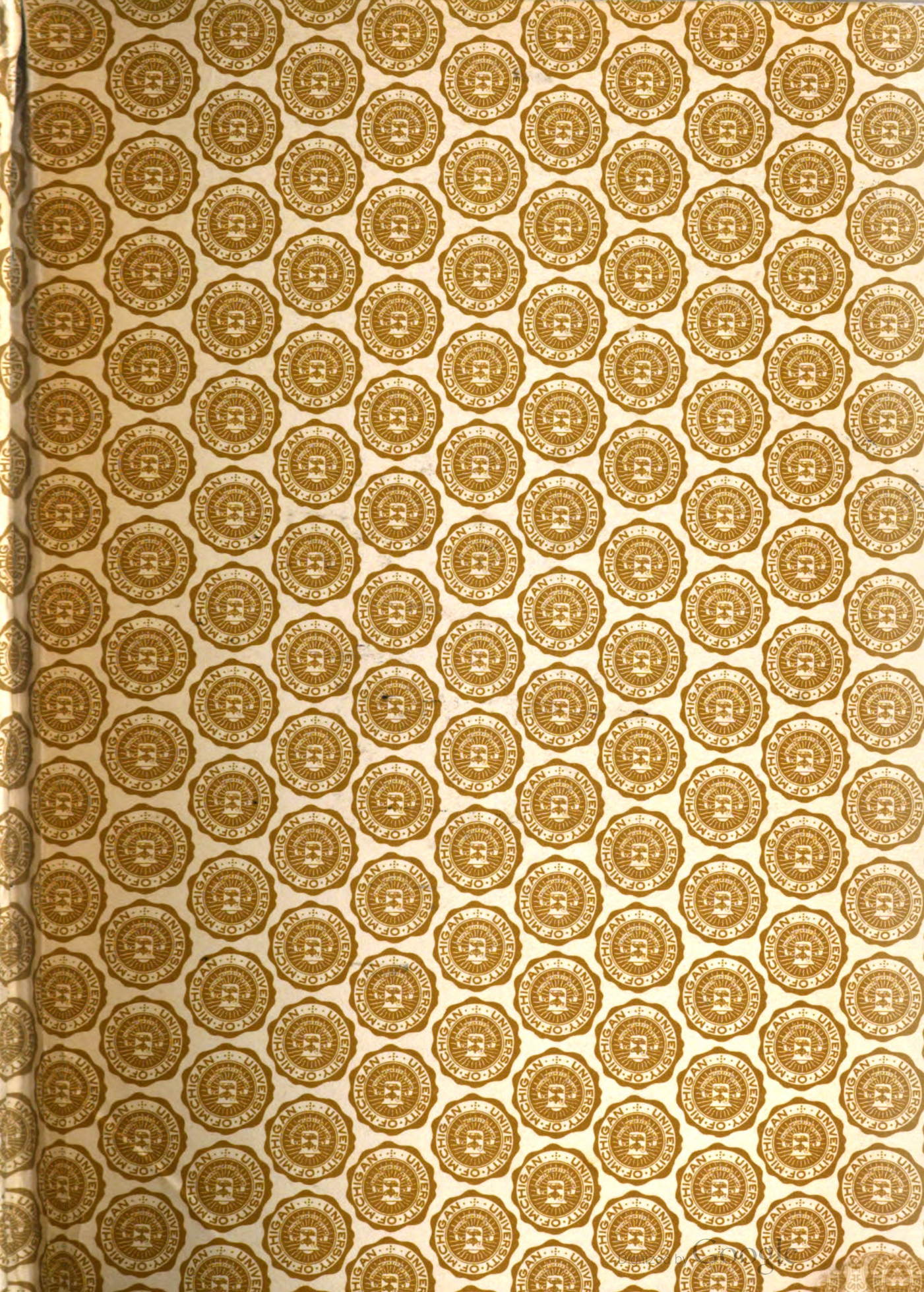
Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.





DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE
DER REINEN UND DER ANGEWANDTEN NATURWISSENSCHAFTEN

UNTER BESONDERER MITWIRKUNG VON HANS SPEMANN IN FREIBURG I. BR.

HERAUSGEGEBEN

VON

ARNOLD BERLINER

ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE
UND
ORGAN DER KAISER WILHELM-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG
DER WISSENSCHAFTEN

VIERZEHNTER JAHRGANG 1926



BERLIN
VERLAG VON JULIUS SPRINGER
1926

Science Library

Q

3

.N28

v. 14

General
Harr

Inhaltsverzeichnis.

Originalaufsätze und Berichte.

Allgemeines und Philosophie.

- Koffka, K., Die Krisis in der Psychologie. Bemerkungen zu dem Buch gleichen Namens von Hans Driesch. 581.
Krüss, H. A., Adolf von Harnack. Zum fünfundsiebzigsten Geburtstage. 403.
Riesesell, P., Das Bevölkerungsproblem Deutschlands für die nächsten 50 Jahre. 1032.
Roeder, G., Schweinfurths Bedeutung für die Ägyptologie. 577.
Staudinger, Paul, Georg Schweinfurth. 557.
Vögler, A., Wissenschaft, Technik und Wirtschaft. 1044.

Mathematik.

- Courant, R., Bernhard Riemann und die Mathematik der letzten hundert Jahre. 813, 1265.
Dyck, Walther von, Gedächtnisrede auf Joseph Fraunhofer, Bernhard Riemann und Felix Klein. 1039.
Löwy, Heinrich, Die Krisis in der Mathematik und ihre philosophische Bedeutung. 706.

Astronomie.

- Bruggencate, P. ten, Das Problem der δ -Cephei-Sterne. 905.
Hellerich, J., Die Theorie der Sternentwicklung von Jeans. 635.
Hopmann, J., Friedrich Küstner, dem Altmeister der beobachtenden Astronomie zur Vollendung des siebenzigsten Lebensjahres am 22. August. 781.
Kopff, A., Die Versammlung der Astronomischen Gesellschaft in Kopenhagen. 942.
Milne, E. A., Neuere Arbeiten auf dem Gebiete der Stellarphysik. 701, 725.

Reine und technisch angewandte Physik.

- Baudisch, Oskar, und Lars A. Welo, Hysteresis-Messungen als Werkzeug zur Ermittlung der Feinstruktur ferromagnetischer Verbindungen. 1005.
Betz, A., Wirbelschichten und ihre Bedeutung für die Strömungsvorgänge. 1228.
Boegehold, H., Die Lehre von der Beugung bis zu Fresnel und Fraunhofer. 523.
Bogdandy, St. v., und M. Polanyi, Emission von Atomen aus festen Körpern bei chemischem Angriff auf ihre Oberfläche. 1205.
Bohr, Niels, Atomtheorie und Mechanik. 1.
Braunbek, Werner, Ist das magnetische Moment des Elektrons experimentell nachweisbar? 801.
Courant, R., Über langsam veränderliche Wechselströme in der Erde und einige Fragen der Geophysik. 61.
Dyck, Walther von, Gedächtnisrede auf Joseph Fraunhofer, Bernhard Riemann und Felix Klein. 1039.
Einstein, A., Die Ursache der Mäanderbildung der Flußläufe und des sogenannten Baerschen Gesetzes. 222.
Emden, R., Aberration und Relativitätstheorie. 329.
Fränck, J., Der Wirkungsquerschnitt bei atomaren Stoßprozessen. 211.
Grüneisen, E., Emil Warburg zum achtzigsten Geburtstage. 203.
Günther, Paul, Die quantitative Röntgenspektralanalyse. 1118.
Gullstrand, Allvar, Einiges über optische Bilder. 653.
Gutenberg, B., Über die Ausbreitung des Schalles in der Atmosphäre. 338.
Haas-Lorentz, G. L. de, Heike Kamerlingh Onnes. 1853–1926. 441.
Heisenberg, Werner, Quantenmechanik. 989.
Hoelper, Otto, Untersuchungen zur Physik der Sonnenstrahlung. 497.
Kallmann, Hartmut, Über die chemische Reaktion von Gasen. 427.
Kiebitz, Franz, Die elektrischen Wellen der drahtlosen Telegraphie. 73.
Köhler, A., Hermann Ambronn und die wissenschaftliche Mikroskopie. 765.
Körper, Friedrich, Die Metallforschung in ihren Beziehungen zu anderen naturwissenschaftlichen Forschungsgebieten. 855.
Kolhörster, Werner, Bericht über die durchdringende Strahlung in der Atmosphäre. 290, 313.
Könen, H., Die Lage der quantitativen Spektralanalyse. 1108.
Ladenburg, R., Die quantentheoretische Dispersionsformel und ihre experimentelle Prüfung. 1208.
Landé, A., Neue Wege der Quantentheorie. 453.
List, Flugzeugnavigation bei Nacht und Nebel. 611.
Meitner, Lise, Neuere Arbeiten über die Streuung der α -Strahlen und den Aufbau der Atomkerne. 863.
– Experimentelle Bestimmung der Reichweite homogener β -Strahlen. 1199.
Meyer, Fr., Fraunhofer als Mechaniker und Konstrukteur. 533.
Müller, Carl, Über sehr dünne durchsichtige Metallfolien. 43.
Peters, Kurt, und Peter Schlumbohm, Über die Regelung des Auftriebes von Luftschiffen. 97.
Philipp, K., Zur Existenz der weitreichenden α -Strahlen des Radium C. 1203.
Planck, Max, Physikalische Gesetzmäßigkeit im Lichte neuerer Forschung. 249.

- Pöschl, Th., Zweiter Internationaler Kongreß für Technische Mechanik in Zürich. 1029.
 Pohl, Robert, Zur quantenhaften Lichtabsorption in festen Körpern. 214.
 Prandtl, L., Aufgaben der Strömungsforschung. 335.
 — Erste Erfahrungen mit dem rotierenden Laboratorium. 425.
 Regener, Erich, Beitrag zur Erklärung der „Subelektronen“. 219.
 Reis, A., Beiträge zur Erprobung der quantitativen Spektralanalyse. 1114.
 Rohr, M. v., Gedanken zur Unterstützung des Auges durch optische Vorkehrungen. 281.
 — Joseph Fraunhofer als der Schöpfer der deutschen Feinoptik. 539.
 — Fraunhofers Forschungen zur Glasbeschaffenheit und Farbenhebung sowie seine Leitung der Glashütte zu Benediktbeurn. 553.
 Sachs, G., Beitrag zum Härteproblem. 1219.
 Schack, A., Technik und Physik. 377.
 Schering, H., Emil Warburg und die Technik. 208.
 Schmidt, Hermann, Über ein Gaspyrometer. 1214.
 Schrödinger, E., Der stetige Übergang von der Mikro- zur Makromechanik. 664.
 Spöner, H., Probleme und Methoden der Vakuumspektroskopie. 356.
 Thirring, Hans, Neuere experimentelle Ergebnisse zur Relativitätstheorie. 111.
 Treitel, H., Kohlenstaubfeuerung. 607.
 Wever, Franz, Über die Röntgen-Emissionsspektren der Eisenmodifikationen. 1217.

Reine und technisch angewandte Chemie und physikalische Chemie.

- Bandte, G., Die Darstellung von Motorbetriebsstoffen aus Kohlenoxyd und Wasserstoff. 732.
 Bergmann, M., Über den Molekülbegriff in der Strukturchemie. 1224.
 Biltz, Heinrich, Zur Raumchemie der Stickstoffverbindungen. 678.
 Dehlinger, U., R. Glocker und E. Kaupp, Über den röntgenspektrographischen Nachweis der seltenen Erde $Z = 61$. 772.
 Fischer, Franz, Kohlenverflüssigung und restlose Kohlenvergasung. 1213.
 Freundlich, H., und H. Kroch, Über eine neue Art von Koagulation. 1206.
 Goldschmidt, V. M., Über das kristallochemische und geochemische Verhalten des Germaniums. 295.
 — Die Gesetze der Kristallochemie. 477.
 Grün, Richard, Die Verbindungen des Systems Kieselsäure, Kalk, Tonerde, ihre Eigenschaften und ihre technische Bedeutung. 869.
 Haber, F., Über den Stand der Frage nach der Umwandelbarkeit der chemischen Elemente. 405.
 — Über die Grenzgebiete der Chemie. 849.
 Hahn, Otto, Zur Frage nach der Existenz des Ekacaesiums. 158.
 — Über die neuen Fällungs- und Adsorptionssätze und einige ihrer Ergebnisse. 1197.
 Helferich, B., Synthese der Gentiobiose. 677.
 Hess, Kurt, Zur Raumchemie der Stickstoffverbindungen. 183.
 — Neue Ergebnisse der Celluloseforschung im Lichte der Nägelschen Micellartheorie. 435.
 Lorenz, Richard, Über die neue Form des Massenwirkungsgesetzes für kondensierte und zweiphasige Systeme. 81.
 Mark, H., Die chemisch-kristallographischen Arbeiten von V. M. Goldschmidt. 629.
 Mayer, F., Über die Entwicklung der Farbstoffchemie im letzten Jahrzehnt. 10.
 Meyer, R. J., Die Deutsche Nomenklatur-Kommission. 269.
 —, G. Schumacher und A. Kotowski, Über das Element 61 (Illinium). 771.
 Michaelis, L., Die Permeabilität von Membranen. 33.
 Neuberg, Carl, und M. Kobel, Zur Biochemie des Tabaks. 1182.
 Paneth, Fritz, und Kurt Peters, Über die Verwandlung von Wasserstoff in Helium. 956.
 Petersen, Alfred, Die moderne Forschung auf dem Gebiete der Nichteisenmetalle, insbesondere der Leichtmetalle. 1049.
 Pfeiffer, Paul, Die Bedeutung der Koordinationslehre für die organische und physiologische Chemie. 1100.
 Pringsheim, E. G., Über Stärkewanderung und Wanderstärke. 305.
 Richter, Friedrich, Das Verhältnis der klassischen Stereochemie zu den neueren Arbeiten K. Weissenbergs. 889.
 Schleede, Arthur, Über den chemischen Bau der Phosphore. 586.
 Singer, Leopold, Probleme der Erdöltechnik. 133.
 Waldschmidt-Leitz, Ernst, Strukturelle Fragen der Proteinchemie im Lichte enzymatischer Forschung. 129.
 Willstätter, Richard, Über neue Methoden der Enzymforschung. 937.
 Zsigmondy, R., Hermann Ambronn und die Kolloidchemie. 767.

Geographie und Meteorologie.

- Ankermann, Bernhard, Georg Schweinfurth und die Völkerkunde. 565.
 Einstein, A., Die Ursache der Mäanderbildung der Flußläufe und des sogenannten Baerschen Gesetzes. 222.
 Kanter, H., Das Problem der Caldera-Entstehung. 998.
 Koegel, Ludwig, Der alpine Vegetationsmantel. 680.
 Richter, Karl, Über den Einfluß des Durchdringungsvermögens der Sonnenstrahlen durch Schnee auf das arktische Pflanzenleben. 501.
 Stahlberg, Walter, Ein Jahr Deutsche Atlantische Expedition. 873.
 Störmer, Carl, Nordlichtphotographien vom südlichen Norwegen zur Bestimmung der Höhe und Lage des Nordlichtes. 631.
 Stromer, E., Ergebnisse meiner Forschungsreisen in den Wüsten Ägyptens. 353.

Geologie und Mineralogie.

- Hennig, Edwin, Fragen zur Mechanik der Erdkrustenstruktur. 452.
 Herrmann, Ernst, Der Santorinvulkan im Ägäischen Meer. 310.
 Krenkel, Erich, Die Eisenerze Europas. 173.
 – Übersicht über den geologischen Aufbau Afrikas. 1256.
 Löwy, Heinrich, Von der Entstehung der Gebirge und Festlande. 921.
 Spangenberg, K., Hermann Ambronn's Beziehungen zur Mineralogie. 768.
 Walther, Johannes, Georg Schweinfurth in der Wüste. 573.

Allgemeine Biologie und Physiologie.

- Correns, C., Merkmal und Erbanlage (*Pomea imperialis reduplicata*). 431.
 Fischer, Eugen, Aufgaben der Anthropologie, menschliche Erblichkeitslehre und Eugenik. 749.
 Geitler, Lothar, Über die am besten bekannten, ältesten Organismen. 231.
 Goetsch, Wilhelm, „Organisatoren“ bei regenerativen Prozessen. 1011.
 Hartmann, M., Über experimentelle Unsterblichkeit von Protozoen-Individuen. 433.
 Hase, Albrecht, Über Wärmeentwicklung in Kolonien von Wachsmottenraupen. 995.
 Herzog, R. O., und W. Jancke, Röntgenographische Untersuchungen am Muskel. 1223.
 Hirschfeld, L., Die Konstitutionserologie und ihre Anwendung in der Biologie und Medizin. 17.
 Hueck, W., Die Synthesiologie von Martin Heidenhain als Versuch einer allgemeinen Theorie der Organisation. 149.
 Klostermann, Max, Über den Nachweis kleinster Bleimengen in Organen auf chemischem und spektrographischem Wege. 1116.
 Krüger, Paul, Die Rolle des Kerns im Zellgeschehen. 1021.
 Kühn, A., Pluripotenzerscheinungen. 708.
 Mangold, Otto, Über formative Reize in der Entwicklung der Amphibien. 1169.
 Meyerhof, Otto, Über die Isolierung des glykolytischen Ferments aus dem Muskel und den Mechanismus der Milchsäurebildung in Lösung. 1175.
 – und K. Lohmann, Über den Unterschied von links- und rechts-Milchsäure im Organismus. 437.
 Naef, Adolf, Zur Morphologie und Stammesgeschichte des Affenschädels. 89.
 – Über die Urformen der Anthropomorphen und die Stammesgeschichte des Menschenschädels. 445, 472.
 Neuberg, Carl, und Günther Gorr, Über die Bildung von Milchsäure durch die Zellen grüner Pflanzen. 437.
 Noack, Kurt, Photochemische Wirkungen des Chlorophylls. 383.
 Petersen, Hans, Einiges über die Formänderungen gebogener Stäbe aus verschiedenem Material und Anwendung auf die elastische und kollagene Faser des tierischen Körpers. 605.
 Rose, Maximilian, Die Organdifferenzierung der Großhirnrinde im Lichte der vergleichenden Architektonik. 1184.
 Ruttner, F., Bemerkungen über den Sauerstoffgehalt der Gewässer und dessen respiratorischen Wert. 1237.
 Schmidt, W. J., Hermann Ambronn und die tierische Histologie. 770.
 Stepp, Wilhelm, Vitaminforschung. 1124.
 Vogt, C., und O. Vogt, Die vergleichend-architektonische und die vergleichend-reizphysiologische Felderung der Großhirnrinde unter besonderer Berücksichtigung der menschlichen. 1190.
 Warburg, Otto, Photochemische Versuche über Atmung. 1181.
 – und Erwin Negelein, Über Abtötung von Tumorzellen im Körper. 439.
 Wasmann, E., Eiweißdifferenzierung und Stammesverwandtschaft. 504.

Botanik.

- Frey, Albert, Hermann Ambronn als Botaniker. 769.
 Krause, K., Über den giftigen Honig des pontischen Kleinasien. 976.
 Mildbraed, J., Georg Schweinfurth als Botaniker. 569.
 Overbeck, Fritz, Turgescenz-Schleudermaschinen zur Verbreitung von Samen und Früchten. 969.
 Pütter, A., Das Alter der Drachenbäume von Tenerife. 125.
 Thienemann, August, *Pontoporeia affinis* und *Pallasea quadrispinosa* in den norddeutschen Seen. 1233.
 Wangerin, Walther, Carl Schröter. Zu seinem siebenzigsten Geburtstag. 109.
 – Neuere Arbeiten über die Vegetation der Moore. 927.

Zoologie.

- Döhrn, Anton, Der gegenwärtige Stand der Zoologie und die Gründung zoologischer Stationen. 412.
 Escherich, K., Neuzeitliche Bekämpfung tierischer Schädlinge. 1065.
 Patow, C. von, Allgemeine Probleme und Richtungen der Agrikultur-Zoologie, im besonderen der Züchtungskunde. 896.
 Steuer, Ad., Die Entwicklung der zoologischen Stationen. 57.

Medizin.

- Barcroft, Joseph, Weitere Forschungen über die Milzfunktion. 797.
 Ebbecke, U., Physiologie der Capillaren. 1131.
 Ernst, Paul, Das morphologische Bedürfnis. 1075.
 Fischer, A., E. Buch Andersen und Fr. Deutsch, Untersuchungen über den Einfluß erhöhten Sauerstoffdruckes auf Mäusecarcinom *in vivo*. 1181.
 Gottstein, A., Heilkunde und Naturwissenschaft. 465.
 Horlein, H., Über die chemischen Grundlagen und die Entwicklungsgeschichte des Plasmochins. 1154.

- Hoffmann, Karl Frz., Die Erkrankungen des Parodontium (Alveolarpyorrhoe). 364.
 Jahnke, F., Die Schwester der Syphilis (die tropische Framboesie) und ihre Beziehungen zur Lues-Paralysefrage. 1194.
 Janicki, Constantin, Giovanni Battista Grassi. Ein großer Zoologe und Parasitologe Italiens. 225, 261.
 Japha, Arnold, Neuere Untersuchungen über Lebensweise und Verbreitung des Madenwurmes (*Oxyuris vermicularis* L. 342.
 Korschelt, E., Felix Marchand zum achtzigsten Geburtstag. 953.
 Lange, Johannes, Emil Kraepelin †. 1255.
 Loewi, O., Über den Vagusstoff. 994.
 Loewy, A., und H. Schroetter, Über den Energieaufwand bei musikalischer Betätigung. 188.
 Mikulicz-Radecki, Felix v., Über die Beziehungen zwischen Ovulationszyklus und Menstruationszyklus beim Weibe. 25.
 Mühlens, P., Die Behandlung der natürlichen menschlichen Malariainfektion mit Plasmochin. 1162.
 Müller, Otfried, Die Pathologie der menschlichen Capillaren. 1137.
 Nocht, B., Stand der Chemotherapie. 1059.
 Quervain, F. de, Über Kropfprophylaxe. 1147.
 Roehl, W., Die Wirkung des Plasmochins auf die Vogel malaria. 1156.
 Sauerbruch, F., Heilkunst und Naturwissenschaft. 1081.
 Schilling, Victor, Vom Knochenmarksorgan und seinen Funktionen. 829.
 Sioli, F., Prüfung des Plasmochins bei der Impfmalaria der Paralytiker. 1160.
 Straub, Walther, Über Genußgifte. 1091.
 Timoféeff-Ressovsky, N., und O. Vogt, Über idiosomatische Variationsgruppen und ihre Bedeutung für die Klassifikation der Krankheiten. 1188.
 Wagner-Jauregg, J., Kropfverhütung. 1141.
 Weygandt, W., Über das Wesen der Fieberimpfbehandlung der Gehirnerweichung (progressive Paralyse) und Rückenmarksschwindsucht (*Tabes dorsalis*). 308.

Zuschriften.

- Abbink, J. H., s. Hertz, G. 648 und Dorgelo, H. B. 755.
 Atkinson, R. d'E., Über Interferenz von Kanalstrahlenlicht. 599.
 Baschin, O., Gleitflächengesetz und Flußmäander (Bemerkung zu Einsteins Mäandertheorie). 391.
 Beck, W., s. Ettisch, G. 487.
 Becker, K., Röntgenographische Bestimmung des linearen Wärme-Ausdehnungskoeffizienten. 1036.
 Benndorf, H., und V. F. Hess, Bitte an die Fachgenossen, die auf dem Gebiete der Luftelektrizität arbeiten. 490.
 Beutler, H., St. v. Bogdandy und M. Polanyi, Über Lumineszenz hochverdünnter Flammen. 164.
 Bogdandy, v., s. Beutler, H. 164.
 Bothe, W., Ein Versuch zur Strahlungsstatistik. 321.
 — Lichtquanten und Lichtwellen. 1280.
 Braun, Gustav, Beobachtungen über Wasserführung und Eisstoß an Flüssen Laplands. 1281.
 Cassel, H., Bemerkung zur Theorie der Zweistoffkatalysatoren. 103.
 Coehn, Alfred, und Gerd Heymer, Photochemische Äquivalenz und Kettenreaktion. 299.
 Duhme, E., und A. Lotz, Zur Frage des analytischen Nachweises von Gold in Quecksilber. 165.
 Dorgelo, H. B., und J. H. Abbink, Das Argonspektrum im äußersten Ultraviolett. 755.
 Ebert, L., Quantentheorie der Dipolorientierung im äußeren Feld und Erfahrungstatsachen. 919.
 Ehrenberg, W., und H. Mark, Über die natürliche Breite der Röntgenlinien. 322.
 Einstein, A., Vorschlag zu einem die Natur des elementaren Strahlungs-Emissionsprozesses betreffenden Experiment. 300.
 Ettisch, G., und W. Beck, Zur Frage der physikalisch-chemischen Charakterisierung der Proteine. 487.
 Fajans, K., Über die Beziehung zwischen Atomgewicht, Lebensdauer und Umwandlungsart von Isotopen. 903.
 Finkelnburg, Wolfgang, Absorption von Glimmer im ultravioletten Licht. 919.
 Fischer, Hugo, Eigenschaften organischer Kolloide. 391.
 Fühner, H., Über den giftigen Honig des pontischen Kleinasien. 1283.
 Göler v., R. Karnop und G. Sachs, Das Verhalten von Aluminiumkristallen bei Zugversuchen. 1282.
 Groot, W. de, Erregung von Resonanz in Neon durch Linien aus dem sichtbaren Neon-Spektrum. 104.
 Günther, Paul, Bemerkung zu meiner Besprechung des Buches: Die Röntgenstrahlen als Hilfsmittel für die chemische Forschung von K. Becker. 779.
 Halpern, Otto, Über die Quantelung des Rotators und die Koordinatenwahl in der neuen Quantenmechanik. 488.
 Heikertinger, Franz, Ein Wort zur Ameisenmimikry. 672.
 Henri, Victor, Die spezifische photochemische Wirkung bei der Kohlensäureassimilation nach den Versuchen von Wurmser. 165.
 Hertz, G., und J. H. Abbink, Die Resonanzlinien der Edelgase. 648.
 Herzog, R. O., Zu den Bemerkungen des Herrn K. Hess, Naturwissenschaften 14, 822. 952.
 — und D. Krüger, Über die Dispergierbarkeit organischer Kolloide. 599.
 Hess, Kurt, Enthält die Cellulose eine chemische Vereinigung von vier Hexosegruppen? 822.
 — V. F., s. Benndorf, H. 490.
 Heymer, Gerd, s. Coehn, Alfred. 299.
 Hoffmann, G., Bestätigung der Höhenstrahlung auch durch Messungen in Blei. 622.
 — Intensität und Durchdringungsvermögen der Höhenstrahlung im Meeressniveau. 1004.
 Holoubek, Rudolf, Die Sichtbarmachung der Atomtrümmer. 621.
 Hückel, Walter, Über das Verhältnis der klassischen Stereochemie zu den Arbeiten Weissenbergs. 1279.
 Itallie, L. van, Über den giftigen Honig des pontischen Kleinasien. 1283.

- Kallmann, H., und H. Mark, Über die anomale Dispersion im Gebiet der Röntgenstrahlen. 648.
- Karnop, R., s. Göler, v. 1282.
- Katz, R. J., Das Krystallisieren bei der Dehnung und die Dispergierbarkeit hochmolekularer Substanzen. 881.
- Kluyter, A. J., und A. P. Struyk, Die Rolle der Phosphate bei der Zuckerdissoziation. 882.
- Koenigsberger, J., Optische Bestimmung der Dissoziationswärme der Halogene. 778.
- Zu der Bemerkung von R. Mecke über die optische Bestimmung der Dissoziationswärme der Halogene. 1035.
- Kohlrausch, K. W. F., Literatur über Radioaktivität. 276.
- Kolhörster, Werner, und Gubert v. Salis, Die tägliche Periode der Höhenstrahlung. 936.
- Krüger, D., s. Herzog, R. O. 599.
- Kuhn, Heinrich, Optische Bestimmung der Dissoziationswärmen der Halogene. 600.
- R., Über die Spannweite von Sauerstoffbrücken. 1036.
- W., Intensität von Absorptionslinien in Cadmiumdampf. 48.
- Laski, G., und S. Tolksdorf, Eine einfache Absorptionmethode im Ultrarot. 488.
- Latzin, H., Die Krisis in der Mathematik und ihre philosophische Bedeutung. 919.
- Lau, Ernst, Über das bisher dem Wasserstoff zugeschriebene kontinuierliche Spektrum. 982.
- Lialikov, K., und A. Terenin, Spektroskopische Untersuchung des Reaktionsleuchtens. 83.
- Löwy, Heinrich, Elektrische Bodendistanzmessungen von Luftfahrzeugen. 741.
- Lohmann, K., s. Meyerhof, O. 1277.
- Lotz, A., s. Duhme, E. 165.
- Ludloff, H., Über eine Gesetzmäßigkeit in der Abschattierung der Bandenspektren. 981.
- Madelung, E., Eine anschauliche Deutung der Gleichung von Schrödinger. 1004.
- Mark, H., s. Ehrenberg, W. 322 und Kallmann, H. 648.
- Mecke, R., Bemerkung zu der Notiz von J. Koenigsberger: Optische Bestimmung der Dissoziationswärme der Halogene. 881.
- Meitner, Lise, Einige Bemerkungen zur Isotopie der Elemente. 719.
- Meyerhof, Otto, Über die Abtrennung des Milchsäurebildenden Fermentes vom Muskel und einige seiner Eigenschaften. 196.
- Über die enzymatische Spaltung des Traubenzuckers und anderer Hexosen im Muskelextrakt. 756.
- O., und K. Lohmann, Über die Charakterisierung der Hexosemonophosphorsäuren und ihr Verhalten bei der zellfreien Gärung. 1277.
- und Julius Suranyi, Über die Dissoziationskonstanten der Hexosediphosphorsäure. 757.
- Meyermann, B., Ein Vorschlag zur Einführung eines kosmischen Zeitmaßes. 979.
- Molinari, Emil, s. Neuberg, Carl. 758.
- Neuberg, Carl, und Emil Molinari, Über den Verlauf der Essiggärung. 758.
- Oppenheimer, J. R., Quantentheorie des kontinuierlichen Absorptionsspektrums. 1882.
- Ott, E., Über die Molekülgröße von Kautschuk und Guttapercha (Röntgenometrische Untersuchung). 320.
- Penck, Albrecht, Alfred Merz und die Meteor-Expedition. 933.
- Peters, Kurt, und Peter Schlumbohm, Beseitigung des Lenardfensters auf dem Wege von Kathodenstrahlen. 718.
- Polanyi, M., s. Beutler, H. 164.
- Prandtl, L., Bemerkung zu dem Aufsatz von A. Einstein: Die Ursache der Mäanderbildung und das sogenannte Baersche Gesetz. 619.
- Pringsheim, E. G., Aseptische Aufzucht von Blütenpflanzen. 1034.
- H., Über eine stabile γ -Glucose. 198.
- Reiche, F., Über Beziehungen zwischen den Übergangswahrscheinlichkeiten beim Zeemaneffekt (magnetischer f -Summensatz). 275.
- Reyher, P., s. Tiede, E. 741.
- Rinne, Friedrich, Notiz über die Art des Regenbogenlichtes. 1283.
- Ritschl, Rudolf, Die Bandenspektren der Kupferhalogenide in Absorption. 1035.
- Rosen, B., Absorption und Resonanzstrahlung in der 6. Gruppe. 978.
- Sachs, G., s. Göler, v. 1282.
- Salis, Gubert v., s. Kolhörster, Werner. 936.
- Schlumbohm, Peter, s. Peters, Kurt. 718.
- Schmid, E., und G. Wassermann, Röntgenographische Versuche zum Duraluminproblem. 980.
- Schmidt, E. A. W., Atomzertrümmerung mit Polonium als Strahlungsquelle. 620.
- Erich, Zur Kenntnis der pflanzlichen Zellmembran. 1282.
- Hermann, Verfahren zur Messung von Gastemperaturen. 823.
- Schott, G., Albrecht Penck, die Meereskunde und die Meteor-Expedition. 489.
- Albrecht Penck und die Meereskunde. 1284.
- Schultze, Karl, Capillare Hohlräume. 807.
- Schulze, P., Methode zur Entfärbung des rezenten und fossilen Chitins. 321.
- Simon, F., und Cl. v. Simson, Ein Umwandlungspunkt der Ammoniumsalze zwischen -30 und -40 Grad. 880.
- Simson, Cl. v., s. Simon, F. 880.
- Sponer, Hertha, Zur Frage der Dissoziationsarbeit von Stickstoff und Sauerstoff. 275.
- Stahel, E., Das Michelson-Experiment, ausgeführt im Freiballon. 935.
- Struyk, A. P., s. Kluyter, A. J. 882.
- Suranyi, Julius, s. Meyerhof, Otto. 757.
- Takamine, T., und Sven Werner, Intensitätsmessungen im Stark-Effekt. 47.
- Terenin, A., s. Lialikov, K. 83.
- Tiede, E., und P. Reyher, Ultraviolettbestrahlung von Milch. 741.
- Tolksdorf, S., s. Laski, G. 488.
- Trautenberg, Rausch von, Über die Polarisation des Kanalstrahlenlichtes in schwachen Magnetfeldern. 936.
- Walter, B., Zur Frage der Abstammung der Aktinierreihe. 794.
- Warburg, Otto, Erwiderung auf den Aufsatz von Henri. 167.
- Über die Wirkung von Kohlenoxyd und Licht auf den Stoffwechsel der Hefe. 759.
- Wassermann, G., s. Schmid, E. 980.
- Wentzel, G., Über die Intensitäten in den Röntgenspektren. 621.
- Werner, Sven, s. Takamine, T. 47.
- Wilhelmy, E., Zeemaneffekt von Molybdän. 49.
- Windaus, A., Das antirachitische Vitamin. 903.

Besprechungen.

- Adickes, E., Kant als Naturforscher. 1. Band (M. Hartmann). 14.
- Arrhenius, Svante, Erde und Weltall (A. Prey). 485.
- Auerbach, Felix, Das Zeisswerk und die Carl Zeiss-Stiftung in Jena. 5. Auflage (Arn. Berliner). 14.
- Physik in graphischen Darstellungen. 2. Auflage (Arn. Berliner). 65.
- Bärtling, R., Geologisches Wanderbuch für den nieder-rheinisch-westfälischen Industriebezirk. 2. Auflage (S. v. Bubnoff). 714.
- Barcroft, Joseph, The Respiratory Function of the Blood. 1. Teil (A. Loewy). 390.
- Becker, Karl, Die Röntgenstrahlen als Hilfsmittel für die chemische Forschung (P. Günther). 595.
- Bělař, Karl, Der Formwechsel der Protistenkerne (J. Groß). 686.
- Benrath, Alfred, Physikalische Chemie. II. Thermische und Photochemie (J. Eggert). 1002.
- Berger, Richard, Die Schalltechnik (Ferdinand Trendelenburg). 596.
- Bernthsen, A., Kurzes Lehrbuch der organischen Chemie. 16. Auflage (M. Bergmann). 1003.
- Bethe, A., G. v. Bergmann, O. Embden und A. Ellinger, Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie. 2. Band (A. Loewy). 117; 8. Band, 1. Teil (A. Loewy). 195; 11. Band (Leon Asher). 913.
- Beyersdorfer, Paul, Staubexplosionen (O. Poppenberg). 1017.
- Bleuler, E., Die Psychoide als Prinzip der organischen Entwicklung (E. Zilsel). 645.
- Bolte, Friedrich, und Heinrich Meldau, Physik für Seefahrer, unter besonderer Berücksichtigung der Funkentelegraphie (Vorwort). 142.
- Brandt, A., Sexualität (W. Goetsch). 194.
- Braun, M., und O. Seiffert, Die tierischen Parasiten des Menschen. 2. Teil (Albrecht Hase). 915.
- Brockmann-Jerosch, H. (Hrsgb.), Festschrift Carl Schröter (W. Wangerin). 617.
- Brohmer, Paul, Fauna von Deutschland. 3. Auflage (J. Groß). 643.
- Bubnoff, S. v., Die Kohlenlagerstätten Rußlands und Sibiriens und ihre Bedeutung für die Weltwirtschaft (E. Bederke). 242.
- Buchholtz, Arend, Ernst von Bergmann. 4. Auflage (v. Brunn). 717.
- Buddenbrock, W. v., Grundriß der vergleichenden Physiologie (O. Köhler). 688.
- Carpenter, G. D. Hale, A Naturalist in East Africa (K. Henke). 641.
- Cholodny, N., Die Eisenbakterien (E. G. Pringsheim). 918.
- Chwolson, O. D., Das Problem Wissenschaft und Religion (W. M. Westphal). 647.
- Die Evolution des Geistes der Physik, 1873—1923 (W. M. Westphal). 647.
- Clayton, William, Die Theorie der Emulsionen und der Emulgierung (H. Freundlich). 1002.
- Coast and Geodetic Survey. Annual Report (E. Brennecke). 485, 820.
- Conrad, V., Dynamische Geologie (E. Tams). 121.
- Conrad-Martius, Hedwig, Realontologie. 1. Buch (M. Kronenberg). 947.
- Cranz, C., Lehrbuch der Ballistik. 1. Band (M. Weber). 789.
- Dahlgrün, Fr., O. H. Erdmannsdorfer und W. Schriel, Harz. 1. Teil (O. Baschin). 713.
- Demoll, R., und H. N. Maier, Handbuch der Binnenfischerei Mitteleuropas (W. Schnakenbeck). 639.
- Dostal-Winkler, Josef, Lichtenberg und Kant (M. Kronenberg). 950.
- Drecker, Zeitmessung und Sterndeutung in geschichtlicher Darstellung (A. v. Brunn). 274.
- Driesch, Hans, Grundprobleme der Psychologie (K. Koffka). 581.
- Dushman, Saul, Hochvakuumtechnik (W. Germershausen). 597.
- East, Edward M., Die Menschheit am Scheidewege (O. Renner). 685.
- Ebstein, Erich, Deutsche Ärztereden aus dem 19. Jahrhundert (L. Lichtheim). 116.
- Eckert, Max, Die Kartenwissenschaft. 2. Band (O. Baschin). 713.
- Eddington, A. S., Relativitätstheorie in mathematischer Bedeutung (W. Pauli jr.). 273.
- Eichhorn, G., Wetterfunk, Bildfunk, Television (drahtloses Fernsehen). (F. Kiebitz). 1034.
- Eitel, W., Über die Synthese der Feldspatvertreter (Friedrich Rinne). 389.
- Ellenberger, W., H. Baum und Hermann Dittrich, Handbuch der Anatomie der Tiere für Künstler. 2. Auflage, 4. Band (K. v. Frisch). 345.
- Engberding, E., Luftschiff und Luftschiffahrt in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft (O. Baschin). 595.
- Engler, A. (Hrsgb.), Das Pflanzenreich. 85. bis 88. Heft (W. Wangerin). 507.
- Die Pflanzenwelt Afrikas, insbesondere seiner tropischen Gebiete. 5. Band, 1. Heft (H. Harms). 615.
- und K. Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien. 2. Auflage, 21. Band (Fr. Markgraf). 196; 13. Band (Fr. Markgraf). 716; 8. Band (J. Hillmann). 900; Band 14a. (Fr. Markgraf). 901.
- Euler, H. v., Chemie der Enzyme. 1. Teil (B. Helferich). 805.
- Evans, Ulick R., Die Korrosion der Metalle (G. Masing). 1017.
- Eversheim, Paul, Wellenlängenmessungen des Lichtes im sichtbaren und unsichtbaren Spektralbereich (W. Grötian). 594.
- Exner, Felix M., Dynamische Meteorologie. 2. Auflage (Alfred Wegener). 775.
- Finch, George Ingle, Der Kampf um den Everest (Max Bodenstein). 119.
- Fleischer, Max, Die Musci der Flora von Buitenzorg. 4. Band (Leopold Loeske). 507.
- Frebold, G., Das Hannoversche Bergland. 1. Teil (O. Baschin). 713.
- Friedel, Walter, Elektrisches Fernsehen, Fernkinematographie und Bildfernübertragung (Arthur Korn). 597.
- Fuhrmann, Franz, Einführung in die Grundlagen der technischen Mykologie. 2. Auflage (C. Neuberg). 839.
- Gäumann, Ernst, Vergleichende Morphologie der Pilze (Leopold Loeske). 619.
- Gehlhoff, Georg, Lehrbuch der technischen Physik. 2. Band (R. Swinne). 790.
- Geigel, R., Wetter und Klima (F. Baur). 777.

- Geiger, H., und K. Scheel (Hrsg.), Handbuch der Physik. 10. Band (F. Henning). 458; 22. Band (E. Regener). 791.
- Georgii, Walter, Wettervorhersage (K. Knoch). 774.
- Giese, Fr., Theorie der Psychotechnik (Karl Gerhards). 64.
- Gmelins Handbuch der anorganischen Chemie. 8. Auflage, System-Nummer 1 (F. Paneth). 1000.
- Gockel, Albert, Das Gewitter. 3. Auflage (K. Knoch). 370.
- Godlee, Rickmann John, Lord Lister (v. Brunn). 717.
- Goethes naturwissenschaftliche Schriften (J. v. Kries). 271.
- Goldschmidt, Karl, Aluminothermie (H. Alterthum). 596.
- Gottlob, Kurt, Technologie der Kautschukwaren. 2. Auflage (R. Weil). 668.
- Grimpe, G., und E. Wagler, Die Tierwelt der Nord- und Ostsee. 1. bis 3. Lieferung (J. Groß). 641; 4. Lieferung (J. Groß). 916.
- Grubenmann, U., und P. Niggli, Die Gesteinsmetamorphose. 1. Teil (A. Johnsen). 368.
- Gulat-Wellenberg, W. v., C. v. Klinckowstroem und H. Rosenbusch, Der physikalische Mediumismus (Graf Arco). 944.
- Gutbier, Alexander, Goethe, Großherzog Carl August und die Chemie in Jena (Julius Schiff). 962.
- Gutenberg, B., Der Aufbau der Erde (A. Prey). 240.
- Gutherz, S., Der Partialtod in funktioneller Betrachtung (Karl Bělař). 344.
- Haberlandt, G., Eine botanische Tropenreise. 3. Auflage (G. Tischler). 615.
- Haecker, Valentin, Pluripotenzenerscheinungen (A. Kühn). 708.
- und Theodor Ziehen, Zur Vererbung und Entwicklung der musikalischen Begabung (O. Kuttner). 671.
- Hann-Süring, Lehrbuch der Meteorologie. 4. Auflage (A. Schmauss). 778.
- Hansson, Nils, Fütterung der Haustiere (Walter Landauer). 639.
- Harms, Jürgen W., Individualzyklen als Grundlage für die Erforschung des biologischen Geschehens (L. Gräper). 688.
- Haurowitz, Felix, Biochemie des Menschen und der Tiere seit 1914 (M. Kobel). 838.
- Hegi, Gust., Illustrierte Flora von Mitteleuropa. 70. bis 76. Lieferung (E. Ulbrich). 619.
- Helmholtz's Treatise on Physiological Optics (M. v. Rohr). 594.
- Hempelmann, F., Tierpsychologie vom Standpunkte des Biologen (Albrecht Hase). 638.
- Henseling, R. (Hrsg.), Weltentwicklung und Weltanschauung (A. Prey). 776.
- Hering, M., Biologie der Schmetterlinge (R. Heymons). 344.
- Herter, Conrad, Tastsinn, Strömungssinn und Temperaturen der Tiere und die diesen Sinnen zugeordneten Reaktionen (Albrecht Hase). 389.
- Herzog, Th., Geographie der Moose (Leopold Loeske). 618.
- Hill, A. V., Muscular Activity (O. Meyerhof). 689.
- Hirsch-Schweigger, Erwin, Zoologisches Wörterbuch (Vorwort). 644.
- Hölder, Otto, Die mathematische Methode (E. Zilsel). 646.
- Hönigswald, R., Die Grundlagen der Denkpsychologie. 2. Auflage (Karl Gerhards). 932.
- Hofmann, Franz Bruno, Die Lehre vom Raumsinn des Auges. 2. Teil (Leon Asher). 690.
- Hogben, Lancelot, T., Comparative Physiology (A. Loewy). 344.
- Honcamp, F., und O. Nolte, Agrikulturchemie (M. v. Wrangell). 838.
- Hottenroth, V., Die Kunstseide (R. O. Herzog). 1017.
- Houben, J., Fortschritte der Heilstoffchemie. 1. Abteilung (W. Heubner). 1003.
- Huber-Pestalozzi, G., Die Schwebeflora (das Phytoplankton) von Seen und Kleingewässern der alpinen und nivalen Stufe (Kolkwitz). 901.
- Jacoby, Günther, Allgemeine Ontologie der Wirklichkeit. 1. Band (E. Zilsel). 646.
- Jeans, J. H., Dynamische Theorie der Gase (P. Jordan). 792.
- Joel, Ernst, Das kolloide Gold in Biologie und Medizin (W. Pauli). 691.
- Joly, John, The surface-history of the earth (O. Hahn und A. Johnsen). 487.
- Kato, Genichi, The further studies on decrementless conduction (Dusser de Barenne). 689.
- Katz, David, Sozialpsychologie der Vögel (F. v. Lucanus). 914.
- Kayser, H., Tabelle der Hauptlinien der Linienspektren aller Elemente (W. Grotrian). 879.
- Kienle, H. (Hrsg.), Probleme der Astronomie. Festschrift für Hugo v. Seeliger (Robert Trümpler). 141.
- Kisser, J., Leitfaden der botanischen Mikrotechnik (P. Metzner). 901.
- Klein, F., Elementarmathematik vom höheren Standpunkt aus. 3. Auflage, 1. Band (P. P. Ewald). 13; 2. Band (P. P. Ewald). 740.
- Kneser, Adolf, Lehrbuch der Variationsrechnung. 2. Auflage (R. Courant). 646.
- Kober, L., Gestaltungsgeschichte der Erde (S. v. Bubnoff). 366.
- Koffka, K., Grundlagen der psychischen Entwicklung. 2. Auflage (Wenzl). 738.
- Korn, A., Die Konstitution der chemischen Atome (W. Gerlach). 594.
- und E. Nesper, Bildrundfunk (F. Kiebitz). 1034.
- Kostytschew, S., Lehrbuch der Pflanzenphysiologie. 1. Band (W. Ruhland). 916.
- Kraus, E., Lothringen (W. Wagner). 239.
- Krenkel, Erich, Geologie Afrikas. 1. Teil (Hans Becker). 367.
- Krogh, August, Physiological Papers (Leon Asher). 688.
- Krüger, Karl, Erdöl, Erdölvorkommen, Ölförderung, Ölschiefer, Ölpolitik (L. Singer). 716.
- Paul, Tierphysiologische Übungen (J. Groß). 914.
- Kükenthal, W., und Th. Krumbach, Handbuch der Zoologie (P. Schulze). 644, 716.
- Kürschners Deutscher Gelehrten-Kalender auf das Jahr 1926 (Arn. Berliner). 821.
- Küster, F. W., Logarithmische Rechentafeln für Chemiker, Pharmazeuten, Mediziner und Physiker. 30. bis 34. Auflage (I. Koppel). 65.
- Kuhn, Alfred, Kolloidchemie (J. Reitschötter). 805.
- Kyle, Harry M., The Biology of Fishes (E. Ehrenbaum). 192.
- Lampa, Anton, Die Physik in der Kultur (L. Meitner). 298.
- Landé, A., Die neuere Entwicklung der Quantentheorie. 2. Auflage (F. Reiche). 793.
- Lange, Otto, Chemisch-Technische Vorschriften. 4. Bd. (M. Bergmann). 1002.
- Lehmann, Richard, Die Gestaltung der Erdoberfläche (A. Wunschik). 669.

- Leis, Carl, Die modernen optischen Messinstrumente des Krystallographen und Petrographen (K. Weißenberg). 791.
- Lepeschkin, W., Lehrbuch der Pflanzenphysiologie auf physikalisch-chemischer Grundlage (P. Stark). 118.
- Lietzmann, W., Methodik des mathematischen Unterrichtes. 3. Teil (G. Pólya). 64.
- Loeb †, Jacques, Die Eiweißkörper und die Theorie der kolloidalen Erscheinungen (Richard Kuhn). 803.
- Lohr, E., Atomismus und Kontinuitätstheorie in der neuzeitlichen Physik (E. Zilsel). 1286.
- Lucanus, Friedrich von, Das Leben der Vögel (Herman Schalow †). 102.
- Mach, Ernst, Erkenntnis und Irrtum. 5. Auflage (Vorwort). 933.
- Markgraf, F., Kleines Praktikum der Vegetationskunde (W. Wangerin). 902.
- Matschoß, Conrad (Hrsgb.), Das Deutsche Museum (Arn. Berliner). 370.
- Maull, Otto, Politische Geographie (W. Vogel). 463.
- Mayer, Hermann, Das Wasserglas (I. Koppel). 668.
- Meissner, M., Kohlen, Erdöl und Salze (L. Singer). 716.
- Melin, Elias, Untersuchungen über die Bedeutung der Baummycorrhiza (E. Münch). 616.
- Menzel, Heinrich, Die Theorie der Verbrennung (Max Jakob). 794.
- Meyer, Richard, Chemie in Natur und Kultur (I. Koppel). 670.
- Victor, und Paul Jacobson, Lehrbuch der organischen Chemie. 2. Band, 4. Teil (M. Bergmann). 1003.
- Mises, Richard v. (Hrsgb.), Die Differential- und Integralgleichungen der Mechanik und Physik. Erster mathematischer Teil (R. Courant). 878.
- Müller, Kurt Emil, Der Quecksilberdampfgleichrichter. 1. Band (A. Günther-Schulze). 791.
- Müller-Pouillet, Lehrbuch der Physik. 11. Auflage (A. Eucken). 162.
- Nernst, Walther, Theoretische Chemie. 11. bis 15. Auflage (Max Bodenstein). 1000.
- Niggli, P., Lehrbuch der Mineralogie (W. Eitel). 240.
- Versuch einer natürlichen Klassifikation der im weiteren Sinne magmatischen Erzlagertstätten (J. L. Wilser). 715.
- Nordenskiöld, E., Die Geschichte der Biologie (Karl Bělař). 691.
- Überhoffer, Paul, Das technische Eisen. 2. Auflage (G. Masing). 806.
- Oppenheimer, C., und L. Pincussen, Tabulae Biologicae. 2. Band (J. Groß). 691.
- Orbis Terrarum. Mexiko (O. Baschin). 821.
- Pascal, Paul, Explosifs, Poudres, Gaz de Combat (O. Poppenberg). 1016.
- Pauli, W., Eiweißkörper und Kolloide (Richard Kuhn). 918.
- Pax, Ferdinand, Wirbeltierfauna von Schlesien (R. Hesse). 643.
- Payne, C. H., Stellar Atmospheres (A. Kohlschütter). 139.
- Petersen, Georg, Die Schollen der norddeutschen Moränen in ihrer Bedeutung für die diluvialen Krustenbewegungen. (Hans Becker). 242.
- Pfeiffer, H., Grundlinien zur Entwicklungsmechanik der Pflanzengewebe (P. Metzner). 916.
- Poeschl, Theodor, Lehrbuch der Hydraulik (L. Hopf). 598.
- Pollitt, Allan A., Die Ursachen und die Bekämpfung der Korrosion (G. Masing). 596.
- Potonić, Robert, Einführung in die allgemeine Kohlenpetrographie (S. v. Bubnoff). 714.
- Prinzhorn, Hans, Bildnerie der Gefangenen (Eugen Spiro). 933.
- Protoplasma, Internationale Zeitschrift für physikalische Chemie des Protoplasten (J. Groß). 918.
- Reinglass, P., Chemische Technologie der Legierungen. 2. Auflage (G. Masing). 1002.
- Renner, O., Untersuchungen über die faktorielle Konstitution einiger komplex-heterozygotischer Oenotheren (Emmy Stein). 297.
- Richter, M., Allgäuer Alpen (O. Baschin). 713.
- Riezler, Kurt, Über das Wunder göltiger Naturgesetze (M. Kronenberg). 272.
- Robitzsch, M., Die Beobachtungsmethoden des modernen Meteorologen (K. Knoch). 778.
- Romeis, B., Taschenbuch der mikroskopischen Technik. 2. Auflage (Karl Bělař). 103.
- Rona, Peter, Praktikum der physiologischen Chemie. 1. Teil (K. Spiro). 671.
- Rosenbusch, H., Mikroskopische Physiographie der Mineralien und Gesteine. 1. Band, 2. Hälfte (W. Eitel). 715.
- Rosenthal, Oscar, Wunderheilungen und ärztliche Schutzpatrone in der bildenden Kunst. 717.
- Roth, Walther A., Grundzüge der Chemie (I. Koppel). 667.
- (Hrsgb.), Chemiker-Kalender 1926 (Otto Liebknecht). 460.
- Rübel, E. (Hrsgb.), Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes Rübel in Zürich. 1. Heft (W. Wangerin). 504; 3. Heft (W. Wangerin). 617.
- Ruggli, P., Praktikum der Färberei und Farbstoffanalyse (F. Mayer). 806.
- Russell, Bertrand, Unser Wissen von der Außenwelt (M. Kronenberg). 945.
- Sapper, Karl, Allgemeine Wirtschafts- und Verkehrsgeographie (W. Tuckermann). 460.
- Das Element der Wirklichkeit und die Welt der Erfahrung (M. Kronenberg). 735.
- Schlesinger, Eugen, Das Wachstum des Kindes (Werner Gottstein). 390.
- Schlick, Moritz, Allgemeine Erkenntnislehre. 2. Auflage (Karl Gerhards). 931.
- Schmeil, O., Lehrbuch der Botanik. 46. Auflage (G. Weißhuhn). 507.
- Schmid, Jos., Klima, Boden und Baumgestalt im beregneten Mittelgebirge (Hartmann). 777.
- Schmidt, Julius, Synthetisch-organische Chemie der Neuzeit (F. Mayer). 668.
- Martin, Ammonitenstudien (S. v. Bubnoff). 711.
- Schott, Gerhard, Geographie des Atlantischen Ozeans. 2. Auflage (O. Baschin). 818.
- Schürhoff, P. N., Die Plastiden (P. Metzner). 899.
- Schulze, P., Biologie der Tiere Deutschlands (W. Goetsch). 643.
- Schwertschlag, Joseph, Die Sinneserkenntnis (M. Kronenberg). 947.
- Selz, Otto, Kants Stellung in der Geistesgeschichte (M. Kronenberg). 272.
- Siegel, Carl, Grundprobleme der Philosophie (F. Netolitzky). 739.
- Soergel, W., Die Fahrten der Chirotheria (T. Edinger). 120.
- Die Gliederung und absolute Zeitrechnung des Eiszeitalters (H. Klähn). 274.
- Spengler, E., und J. Pia, Salzburger Alpen und das Salzkammergut (O. Baschin). 713.
- Staehler, A., Handbuch der Arbeitsmethoden in der anorganischen Chemie. 2. Band, 2. Hälfte (F. Paneth). 1001.

- Stavenhagen, Alfred, Der Wasserstoff (I. Koppel). 667.
- Stille, H., Grundfragen der vergleichenden Tektonik (R. Brinkmann). 238.
- Stolze, K. V., Die Chromosomenzahlen der hauptsächlichsten Getreidearten (Emmy Stein). 298.
- Strömgren, Elis, Die Hauptprobleme der modernen Astronomie (Rolf Müller). 141.
- Stutzer, O., Geologisches Kartieren und Prospektieren. 2. Auflage (S. v. Bubnoff). 712.
- Titius, Arthur, Natur und Gott (Wilhelm Ostwald). 463.
- Trendelenburg, W., Die natürlichen Grundlagen der Kunst des Streichinstrumentenspiels (U. Ebbecke). 593.
- Tschuprow, A. A., Grundbegriffe und Grundprobleme der Korrelationstheorie (Leo Wenzel). 369.
- Vanino, Ludwig, Handbuch der präparativen Chemie. 1. Band (I. Koppel). 806.
- Verhandlungen des Naturhistorischen Vereins der preußischen Rheinlande und Westfalens (J. Groß). 692.
- Vorländer, D., Chemische Krystallographie der Flüssigkeiten (W. Hückel). 806.
- Walter, Bernhard, Die physikalischen Grundlagen der medizinischen Röntgentechnik (R. Glocker). 670.
- Walter, Heinrich, Der Wasserhaushalt der Pflanze in quantitativer Betrachtung (P. Stark). 118.
- Weber, A., Die natürliche und künstliche Alterung des gehärteten Stahles (G. Masing). 880.
- Wenzl, Aloys, Das Verhältnis der Einsteinschen Relativitätslehre zur Philosophie der Gegenwart (M. Kronenberg). 948.
- Wesenberg-Lund, C., Contributions to the biology of Rotifera (A. Luntz). 640.
- Contributions to the biology of Zoothamnium geniculatum Ayrton (A. Luntz). 901.
- Whittaker, E. T., Analytische Dynamik der Punkte und starren Körper (P. P. Ewald). 163.
- Einführung in die Theorie der optischen Instrumente (H. Boegehold). 794.
- Wien, W., und F. Harms (Hrsgb.), Handbuch der Experimentalphysik. 2. Band (F. London). 459.
- Williston †, S. W., The Osteologie of the Reptiles (T. Eddinger). 640.
- Wisselingh, C. van, Die Zellmembran (O. Flieg). 900.
- Wohllwill, Emil, Galilei und sein Kampf für die kopernikanische Lehre (M. v. Laue). 1284.
- Würschmidt, Joseph, Theorien des Magnetismus. 142.
- Ziehen, Theodor, Grundlagen der Naturphilosophie (M. Kronenberg). 119.
- Zweifel, P., und E. Payr, Die Klinik der bösartigen Geschwülste. 2. Band (W. Hueck). 717.

Akademie-, Kongreß- und Gesellschaftsberichte.

27. Versammlung der Astronomischen Gesellschaft in Kopenhagen. 942.
- Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin. 30, 104, 198, 345, 602, 626, 692, 759.
- Hauptversammlung des Vereins Deutscher Ingenieure vom 12.—14. Juni in Hamburg. 824.
- Aus den Forschungen und den Jahresberichten der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften. 1167.
- Tagung der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt zu Düsseldorf. 827.
- Zweiter Internationaler Kongreß für Technische Mechanik in Zürich. 1029.
- Deutsche Meteorologische Gesellschaft (Berliner Zweigverein). 32, 277, 601, 694.
89. Versammlung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte zu Düsseldorf. 1037.
- Société Française de Physique. 628.
- Académie des sciences des Paris. 55, 280, 903.
- National Academy of Sciences, Washington. 56, 279, 627, 904.
- Sitzungsberichte der Bayerischen Akademie der Wissenschaften 1925. 848.
- Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften 1925. 902.
- Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften 1925. 168, 628.
- Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften in Wien 1925. 845.

Sachregister.

- Aberration** und Relativitätstheorie (R. Emden.) 329.
- Absorptionskältemaschine. 650.
- Absorptionsspektrum, kontinuierliches, Quantentheorie (Zuschr.). 1272.
- Abtötung von Tumorzellen im Körper (Otto Warburg und Erwin Negelein). 439.
- Adsorption-Sätze, neue Ergebnisse (Otto Hahn). 1196.
- , Trennung von Carbohydrasen. 848.
- Ägyptische Wüsten, Forschungsreisen (E. Stromer). 353.
- Ägyptologie, Georg Schweinfurths Bedeutung für die (G. Roeder). 577.
- Ärztreden, deutsche, aus dem 19. Jahrhundert (Bespr.). 116.
- Ärztliche Schutzpatrone in der bildenden Kunst (Bespr.). 717.
- Äther-Wind, Nachweis, Experimente auf dem Mount Wilson. 15.
- und Wirklichkeit. 496.
- Affenschädel, Morphologie und Stammesgeschichte (Adolf Naef). 89.
- Afghanistan, Land und Leute. 626.
- Afrika, Durchquerungen mit Transportmaschinen. 392.
- , Geologie (Bespr.). 367.
- , geologischer Aufbau (E. Krenkel). 1256.
- , Ost-, Beobachtungen aus dem Tierleben (Bespr.). 641.
- , Pflanzenwelt (Bespr.). 615.
- Aggregatzustand, einkristalliner, Konstitution. 847.
- Agrikulturchemie (Bespr.). 838.
- Agrikulturzoologie, Probleme (C. v. Patow). 896.
- Akkumulator, Gewichtsveränderung der Platten bei Ladung und Entladung. 280.
- Aktiniumreihe, Abstammung (Zuschr.). 795.
- Akustik, atmosphärische, Aufgaben und Hilfsmittel. 601.
- , technische (Bespr.). 596.
- Akustische Meteorologie. 623.

- Åland, pflanzengeographische Betrachtungen. 810.
 Albanien, glazialmorphologische Beobachtungen. 198.
 Algen, Meeres-, geographische Verbreitung. 514.
 Alkalimetall-Additionen bei Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindungen. 172.
 Alpen, Allgäuer und Salzburger, geologischer Führer (Bespr.). 713.
 —, Schweizer, pflanzengeographische Exkursion (Bespr.). 504.
 — -Vegetation (Ludwig Koegel). 680.
 Aluminium, moderne Forschung (Alfred Petersen). 1049.
 — -Kristalle, Verhalten bei Zugversuchen (Zuschr.).
 Aluminothermie (Bespr.). 596.
 Alveolaryporrhöe (Karl Frz. Hoffmann). 364.
 Ambronn, Hermann, zum siebzigsten Geburtstage (W. J. Schmidt). 765.
 Ameise, Mimikry (Zuschr.). 672.
 Amerika, Wirtschaftsgeist. 693.
 Ammoniak, flüssiger, Verhalten von Kohlenhydraten zu. 375.
 —, Zersetzung in Stickstoff und Wasserstoff. 512.
 Ammoniakate, Gitterenergien. 68.
 Ammoniten, Organisation und Bewegungsart (Bespr.). 711.
 Ammonium-Salze, Umwandlungspunkt zwischen — 30 und — 40 Grad (Zuschr.). 880.
 Amphibien Californiens, Verbreitung, Biologie, Fortpflanzungsweise. 744.
 — -Entwicklung, formative Reize (Otto Mangold). 1169.
 Analysis, höhere, Entdeckungsgeschichte. 172.
 Anatomie der Tiere [Hirsch, Reh, Ziege] (Bespr.). 345.
 Andalusit, Anwendung. 347.
 Antarktis, Gauss-Expedition. 106.
 —, Literatur. 723.
 Anthropologie, Aufgaben (Eugen Fischer). 749.
 —, mendelistische. 108.
 Anthropomorphen, Urformen (Adolf Naef). 445, 472.
 Apfelsäure als Stufe des Aufbaues der Kohlenhydrate. 1018.
 Archaeopteryx, Bearbeitung. 652.
 Argon-Spektrum im äußersten Ultraviolett (Zuschr.). 755.
 Arktis, Literatur. 723.
 Arterien-Wülste bei Petromyzonten. 171.
 Arthropodenstudien. 700.
 Artmerkmale, Ursprung. 628.
 Assel, Land-, Lichtorientierung. 492.
 Assimilation, Kohlensäure-, toter Blätter. 397.
 — —, photochemische Wirkung bei. 165, 167.
 Astronomie, Festschrift für Hugo v. Seeliger (Bespr.). 140.
 —, moderne, Hauptprobleme (Bespr.). 141.
 Astronomische Gesellschaft in Kopenhagen, 27. Versammlung (A. Kopff). 942.
 Atlantische Expedition, deutsche (Walter Stahlberg). 873.
 Atlantischer Ozean, Plan der Deutschen Atlantischen Expedition. 172.
 — —, Geographie (Bespr.). 818.
 Atmosphäre, durchdringende Strahlung in der (Werner Kolhörster). 290, 313.
 —, Temperatur der obersten Schichten. 623.
 —, thermische Schichtung, Bedeutung der Unstetigkeitsflächen. 121.
 Atmung, photochemische Versuche (Otto Warburg). 1181.
 —, Physiologie (Bespr.). 688.
 — [Handbuch der Physiologie] (Bespr.). 117.
 Atom [Handbuch der Physik] (Bespr.). 791.
 —, chemisches, Konstitution (Bespr.). 594.
 Atom, Emission aus festen Körpern (St. v. Bogdandy und M. Polanyi). 1205.
 — -Kern, Aufbau, und Streuung der α -Strahlen (Lise Meitner). 863.
 —, Wirkungsquerschnitt bei atomaren Stoßprozessen (J. Franck). 211.
 — -Zertrümmerung. 847.
 — —, Sichtbarmachung (Zuschr.). 621.
 — — durch α -Strahlen. 846.
 — — mit Polonium als Strahlungsquelle (Zuschr.). 620.
 Atomismus und Kontinuitätstheorie in der neuzeitlichen Physik (Bespr.). 1286.
 Atomtheorie und Mechanik (Niels Bohr). 1.
 Auftrieb von Luftschiffen (Kurt Peters und Peter Schlumbohm). 97.
 Augen, Unterstützung durch optische Vorkehrungen (M. v. Rohr). 281.
 —, Lehre vom Raumsinn (Bespr.). 690.
 —, Stirn-, der Insekten, Funktion. 699.
 Außenwelt, Unser Wissen von der (Bespr.). 945.
 Automobil-Technik, Fortschritte. 825.
Baersches Gesetz und Mäanderbildung der Flußläufe (A. Einstein). 223. — (Zuschr.). 391, 619.
 Bakterien, Eisen- (Bespr.). 918.
 —, Reliktformen (Lothar Geitler). 231.
 Ballistik, Lehrbuch (Bespr.). 789.
 Bandenspektrum, Gesetzmäßigkeit in der Abschattung (Zuschr.). 981.
 — der Kupferhalogenide in Absorption (Zuschr.). 1035.
 Barbados [Reisen im Karaibischen Meer]. 30.
 Basalt, Standortcharakter der Vegetation. 515.
 Bastard, Wachstumsenergie. 904.
 Baumgestalt im beregneten Mittelgebirge (Bespr.). 777.
 Bayerischer Hochalpenzug, glazialgeologische Beobachtungen. 169.
 Befruchtung, Selbst-, von Ciona. 796.
 Berechnungsanlagen für die Landwirtschaft. 601.
 Bergkrankheit, Azotämie bei. 280.
 Bergmann, Ernst von, Biographie (Bespr.). 717.
 Bernoulli (III), Beziehungen zum preußischen Herrscherhause. 171.
 Bevölkerungsproblem Deutschlands (P. Riebesell). 1032.
 Beugung des Lichtes, Lehre bis zu Fresnel und Fraunhofer (H. Bogehold). 523.
 Biene, Orientierungssinn. 846.
 Bienenvolk, überwintertes, Wärmeregulierung. 490.
 Bildnerie der Gefangenen (Bespr.). 933.
 Bild-Rundfunk (Bespr.). 1034.
 — -Telegraphie (Bespr.). 597.
 — -Übertragung unter Berücksichtigung der Meteorologie. 694.
 Biochemie des Menschen und der Tiere (Bespr.). 838.
 — des Tabaks (C. Neuberg und M. Kobel). 1182.
 Biologie, biologische Anwendung der Mechanik, Optik, Akustik, Wärmelehre, physikalischen Chemie (Bespr.). 691.
 —, Geschichte (Bespr.). 691.
 Biologisches Geschehen, Individualzyklen als Grundlagen für die Erforschung (Bespr.). 688.
 Blaualgen, älteste Organismen (Lothar Geitler). 231.
 Blei-Mengen in Organen, Nachweis auf chemischem und spektrographischem Wege (Max Klostermann). 1116.
 Blüten-Biologie und Genetik von *Primula longiflora*. 761.
 — -Pflanzen, polygame. 170, 674.
 — -Pflanzen, aseptische Aufzucht (Zuschr.). 1034.

- Blut, respiratorische Funktion (Bespr.). 390.
 Blutgruppen in Beziehung auf geographische Verhältnisse. 324.
 — Vererbung, Konstitutionsserologie (L. Hirszfeld). 17.
 Blutvolum, Arbeitsaufwand zur Erhaltung. 904.
 Bodenbeschaffenheit im beregneten Mittelgebirge (Bespr.). 777.
 Bodenbewegung im japanischen Meer. 723.
 Bodendistanzmessung, elektrische, von Luftfahrzeugen (List) 611. — (Zuschr.). 741.
 Bodensee-Gebiet, Pflanzengeographie. 984.
 Böhmen, pollenanalytische Untersuchungen im thermophilen Florengbiet. 986.
 Bonellia-Gewebe, weibliches, Giftwirkung. 324.
 Borneo, botanische Forschungsreise. 199.
 Botanik s. a. Pflanzen.
 — und Hermann Ambronn (A. Frey). 769.
 —, Lehrbuch (Bespr.). 507.
 — und Georg Schweinfurth (J. Mildbraed). 569.
 Botanische Entwicklung der Moore. 516.
 — Tropenreise (Bespr.). 615.
 Branchiomerie des Nervensystems bei Wirbeltieren. 168.
 Brillengläser, Verwendung im 16. bis 18. Jahrhundert. 148.
 Brotgetreide, Nährstofftrag bei verschiedener Ausmahlung. 169.
 Buitenzorg, Moosflora (Bespr.). 507.
 Bulbus-Wülste bei Petromyzonten. 171.
Cadmium, Intensität von Absorptionslinien (Zuschr.). 48.
 Caldera-Entstehung (H. Kanter). 998.
 Californien, Amphibienfauna. 744.
 Capillare Hohlräume (Zuschr.). 807.
 Capillaren, menschliche, Pathologie (Otfried Müller). 1137.
 —, Physiologie (U. Ebbecke). 1131.
 Carcinom, Mikroparasiten, Züchtung aus. 280.
 Carnegieit, Krystallmodifikation. 348.
 Cellulose, chemisches Molekül (Zuschr.). 822, 952.
 — Forschung und Nägelsche Micellartheorie (Kurt Hess). 435.
 —, fossile, Entfärbung. 85. — (Zuschr.). 321.
 δ-Cephei-Sterne, Problem (P. ten Bruggencate). 905.
 Chemie, anorganische, Handbuch (Bespr.). 1000.
 —, Handbuch der Arbeitsmethoden (Bespr.). 1001.
 — der Enzyme (Bespr.). 805.
 —, Grenzgebiete (F. Haber). 849.
 —, Grundzüge (Bespr.). 667.
 — in Jena, Goethe und (Bespr.). 962.
 — in Natur und Kultur (Bespr.). 670.
 —, organische, Lehrbuch (Bespr.). 1003.
 — und Physik, mechanische Theorien (Bespr.). 594.
 —, physikalische (Bespr.). 1002.
 —, physiologische (Bespr.). 671.
 —, präparative, Handbuch (Bespr.). 806.
 —, synthetisch-organische (Bespr.). 668.
 —, theoretische (Bespr.). 1000.
 Chemiker-Kalender 1926 (Bespr.). 460.
 Chemische Elemente, Umwandelbarkeit (F. Haber). 405.
 — Forschung, Röntgenstrahlen als Hilfsmittel (Bespr.). 595. — (Zuschr.). 779.
 — Krystallographie der Flüssigkeiten (Bespr.). 806.
 — Nomenklatur, Deutsche Nomenklatur-Kommission (R. J. Meyer). 269.
 — Reaktion von Gasen (Hartmut Kallmann). 427.
 — Technologie der Legierungen (Bespr.). 1002.
 — Vereinigung von vier Hexosegruppen (Zuschr.). 822, 952.
 Chemischer Bau der Phosphore (Arthur Schleede). 586.
 Chemisch-technische Vorschriften, Handbuch (Bespr.). 1002.
 Chemotherapie (B. Nocht). 1059.
 China, Süd-, Landschaftstypen und ihre Ausnutzung. 760.
 Chirotheria, Fährten (Bespr.). 120.
 Chitin, fossiles, Entfärbung. 85. — (Zuschr.). 321.
 Chlorophyll, Absorption und Streuung von Licht durch. 165, 167.
 —, photochemische Wirkungen (Kurt Noack). 383.
 Cholesterin-Konzentration des Serums und Geschlechtsbestimmung. 83.
 Chromosomen, Elimination bei *Drosophila melanogaster*. 628.
 —, Geschlechts-, bei Pflanzen. 674.
 — —, bei Tieren. 741.
 — Zahlen der hauptsächlichsten Getreidearten (Bespr.). 298.
 —, Zusammenhang zwischen Form und Verhalten. 904.
 Citrus, Form. 279.
 Coast and Geodetic Survey, Jahresbericht (Bespr.). 485, 820.
 Corona-Helligkeit, Spektrum. 88.
 — Strahlung. 303.
 Curaçao [Reisen im Karaibischen Meer]. 30.
 Cyanophyceen, älteste Organismen (Lothar Geitler). 231.
Dänemark, Ackerunkräuter. 811.
 Dampfangel im Flach- und Berglande, in Nadel- und Buchenwäldern. 32.
 Dampfmaschinen für Hochdruckdampf. 244.
 Darapskit, Zusammensetzung, Vorkommen. 67.
 Dattelpalmen, Anzahl auf der Erde. 651.
 Denken, Psychologie (Bespr.). 932.
 Deutschland, Bevölkerungsproblem (P. Riebesell). 1032.
 —, Fauna (Bespr.). 643.
 —, Isogenenkarte. 747.
 —, Strahlungsklima. 624.
 Didinium nasutum, Encystierung und Lebenszyklus. 279.
 Dieselmotoren, Fortschritte. 325.
 Dieselmotor und Elektrizitätsversorgung. 826.
 Differential- und Integralrechnung, Entstehungsgeschichte. 172.
 Dipolorientierung, Quantentheorie (Zuschr.). 919.
 Dispergierbarkeit hochmolekularer Substanzen (Zuschrift.). 881.
 Dispersion, anomale, der Röntgenstrahlen (Zuschr.). 648.
 — Formel, quantentheoretische, Prüfung (R. Ladenburg). 1208.
 Dissoziationsarbeit des Wasserstoffmoleküls, spektroskopische Bestimmung. (Zuschr.). 966.
 Dissoziationskonstanten der Hexosediphosphorsäure (Zuschr.). 757.
 Dissoziationswärme der Halogene, optische Bestimmung (Zuschr.). 600, 779, 881, 1035.
 Doppelsternsystem Krüger 60. 55.
 Drachenbäume von Tenerife, Alter (A. Pütter). 125.
 Dreistoffsystem Kieselsäure, Kalk, Tonerde, Eigenschaften, technische Bedeutung (Richard Grün). 869.
 Duralumin, Vergütung. 142.
 — Problem, röntgenographische Versuche (Zuschr.). 980.
 Dynamik, analytische, der Punkte und starren Körper (Bespr.). 163.

- Echinoideen-Keim, Entodermisierung ektodermaler Bezirke.** 302.
- Edelgase** [Gmelins Handbuch der anorganischen Chemie] (Bespr.). 1000.
- Eisenbakterien** (Bespr.). 918.
- Eisen, Einfluß.** 142.
- -Erze Europas (Erich Krenkel). 173.
- , Korrosion (Bespr.). 596.
- -Modifikationen, Röntgen-Emissionsspektren (Franz Wever). 1217.
- -Nickel-Legierungen, Ausdehnungsanomalien. 51.
- — —, magnetische Eigenschaften. 70.
- -Oxyd, ferromagnetisches. 514.
- -Spektrum. 903.
- , technisches, Konstitution (Bespr.). 806.
- Eisstoß und Wasserführung an Flüssen Lapplands** (Zuschr.). 1281.
- Eiszeit im Bayerischen Hochalpenzug.** 169.
- und Gebirgsformen im albanischen Epirus. 198.
- -Alter, Gliederung und absolute Zeitrechnung (Bespr.). 274.
- Eiweiß-Differenzierung und Stammesverwandschaft** (E. Wasmann S. J.). 504.
- -Körper und Kolloide (Bespr.). 918.
- —, Theorie der kolloidalen Erscheinungen (Bespr.). 803.
- Ekacaesium, Existenz** (Otto Hahn). 158.
- Elektrische Wellen der drahtlosen Telegraphie** (Franz Kiebitz). 73.
- Elektrizität-Versorgung und Dieselmotor.** 826.
- Elektronen** [Handbuch der Physik] (Bespr.). 791.
- hoher Geschwindigkeit, Überführung in den Luft-raum. 148.
- -Isomerie und Röntgenspektren. 887.
- , Nachweis des magnetischen Momentes (Werner Braunbeck). 801.
- und Subelektronen (Erich Regener). 219.
- Elektrostatische Untersuchungen mit piezo-elektrischen Oszillographen.** 70.
- Elementarmathematik** (Bespr.). 13, 740.
- Elemente 43 und 75, Nachweis.** 170.
- 61, Illinium (R. J. Meyer, G. Schumacher und A. Kotowski). 771.
- , chemische, Umwandelbarkeit (F. Haber). 405.
- -Entstehung, Dichte der Fixsterne und Hesssche Weltraumstrahlung, Zusammenhang (A. v. Antropoff). 493.
- , Isotopie (Zuschr.). 719, 963.
- , Linienspektren, Tabelle der Hauptlinien (Bespr.). 879.
- Emission von Atomen aus festen Körpern** (St. v. Bogdandy und M. Polanyi). 1205.
- -Prozeß, Strahlungs- (Zuschr.). 300.
- Emulsionen, Theorie** (Bespr.). 1002.
- Energie-Gewinnung, Ausnützung der Gezeiten des Meeres zur.** 902.
- Entropie-Definition, statistische.** 171.
- Entwicklungsmechanik der Pflanzengewebe** (Bespr.). 916.
- Enzyme, Analyse.** 848.
- , Chemie (Bespr.). 805.
- -Forschung, neue Methoden (Richard Willstätter). 937.
- Epirus, albanischer, glazialmorphologische Beobachtungen.** 198.
- Erbanlage und Merkmal bei Ipomea imperialis reduplicata** (C. Correns). 431.
- Erblichkeitslehre, menschliche, Aufgaben** (Eugen Fischer). 749.
- Erbrechen, unstillbares, in der Schwangerschaft.** 903.
- Erdbeben, Bodenbewegungen im Japanischen Meer.** 723.
- Erde, Aufbau** (Bespr.). 240.
- , Dichteverteilung. 513.
- , Gestaltungsgeschichte (Bespr.). 366.
- -Oberfläche, Gestaltung (Bespr.). 669.
- , Oberflächengeschichte (Bespr.). 486.
- und Weltall (Bespr.). 485.
- $Z = 61$, seltene, röntgenspektrographischer Nachweis (W. Dehlinger, R. Glocker, E. Kaupp). 772.
- Erdfließen und Bodenfrost in Spitzbergen.** 627.
- Erdkruste, Struktur** (Edw. Hennig). 452.
- Erdöl, Probleme der Erdöltechnik** (Leopold Singer). 133.
- , Statistik (Bespr.). 716.
- , Vorkommen, Förderung (Bespr.). 716.
- , Vorkommen in Hannover. 87.
- Erdrotation, scheinbare Schwankungen.** 247.
- Erkenntnis und Irrtum** (Bespr.). 933.
- Erkenntnislehre, allgemeine** (Bespr.). 931.
- Erzlagerstätten, natürliche Klassifikation** (Bespr.). 715.
- Essiggärung, Verlauf** (Zuschr.). 758.
- Estland, Pflanzengeographie** 983.
- Eugenik, Aufgaben** (Eugen Fischer). 749.
- , Die Menschheit am Scheidewege (Bespr.). 685.
- Europa, Eisenerzvorkommen** (Erich Krenkel). 173.
- , Mittel-, Pflanzenkleid. 807.
- Everest** (Bespr.). 119.
- , Tierleben am. 349.
- Expedition, Deutsche Atlantische, Plan.** 172.
- Explosion, Staub-** (Bespr.). 1017.
- -Wellen. 903.
- Explosivstoffe** (Bespr.). 1016.
- Fällungs- und Adsorptionssätze, neue Ergebnisse** (Otto Hahn). 1196.
- Färberei, Praktikum** (Bespr.). 806.
- Fahrzeug-Antrieb, benzin-elektrischer.** 394.
- Farbenhebung, Fraunhofers Forschungen** (M. v. Rohr). 553.
- Farbenmischungsaufgaben, geometrische Lösung.** 146.
- Farbstoffanalyse** (Bespr.). 806.
- Farbstoffchemie, Entwicklung im letzten Jahrzehnt** (F. Mayer). 10.
- Fauna von Deutschland** (Bespr.). 643.
- am Mount Everest. 349.
- der Nord- und Ostsee (Bespr.). 641, 642.
- Feinstruktur ferromagnetischer Verbindungen, Hysteresis-Messungen** (Oskar Baudisch und Lars A. Welo). 1005.
- Feldspatvertreter, Synthese** (Bespr.). 389.
- Feldtheorie, einheitliche, von Gravitation und Elektrizität.** 171.
- Fermente** [Praktikum der physiologischen Chemie] (Bespr.). 671.
- , glykolytische, Isolierung aus dem Muskel (Otto Meyerhof). 1175.
- , Milchsäure bildende, Isolierung aus Muskelbrei (Zuschr.). 196.
- und Proteinchemie (Ernst Waldschmidt-Leitz). 129.
- Fernglas, Verwendung im 16. bis 18. Jahrhundert.** 148.
- Fernsehen, elektrisches, Fernkinematographie** (Bespr.). 597.
- Fernsicht von Bergeshöhen, Wetterlage bei.** 172.
- Festland und Gebirge, Entstehung** (Heinrich Löwy). 921.
- Fettsäuren, ungesättigte, Oxydation.** 280.
- Feuchtigkeits-Windrose von Helgoland.** 277.
- Fieber-Impfbehandlung der Gehirnweichung und Rückenmarksschwindsucht** (W. Weygandt). 308.
- Finmarken, Reiseeindrücke.** 759.
- Fische, Farbensinn.** 839.

- Fische, Physiologie, Entwicklungsgeschichte, Biologie (Bespr.). 192.
 —, Tiefsee-, parasitäre Zwergmännchen. 796.
 Fischerei, Binnen-, Mitteleuropas (Bespr.). 639.
 Fixsterne-Dichte, Hesssche Weltraumstrahlung und Entstehung der Elemente, Zusammenhang (A. v. Antropoff). 493.
 Flechten [Die natürlichen Pflanzenfamilien] (Bespr.). 900.
 Fliege, Umkehr der Funktion. 696.
 —, Schmeiß-, Entwicklung. 696.
 Flora s. a. Pflanzenwelt.
 — von Mitteleuropa (Bespr.). 619.
 — in Südschweden, pflanzengeographische Hauptgruppen. 517.
 —, Tertiär-, von Westkanada. 627.
 —, thermophile, Böhmens, pollenanalytische Untersuchungen. 986.
 Flüsse, Maanderbildung und Baersches Gesetz (A. Einstein). 223. — (Zuschr.). 391, 619.
 —, Exners Forschungen über Wasserbewegung. 652.
 Flüssigkeiten, Statik, Reibung (Bespr.). 598.
 —, Viskosität unter Druck. 56.
 —, Viskositätsmessungen unter Druck. 514.
 Flugzeug, Leichtbau. 828.
 — Navigation bei Nacht und Nebel (List). 611. — (Zuschr.). 741.
 —, Transocean-. 827.
 Flyschproblem, Lösungsversuch. 848.
 Föhn, Temperaturgradienten bei. 172.
 Formänderungen gebogener Stäbe, Anwendung auf die elastische und kollagene Faser im Tierkörper (Hans Petersen). 605.
 Framboesie, tropische, Beziehungen zur Lues-Paralysefrage (F. Jahnel). 1194.
 Fraunhofer, Joseph, Gedächtnisrede (W. von Dyck). 1039.
 — als der Schöpfer der deutschen Feinoptik (M. v. Rohr). 539.
 —, Forschungen zur Glasbeschaffenheit (M. v. Rohr). 553.
 —, Lehre von der Beugung des Lichtes (H. Boegehold). 523.
 — als Mechaniker und Konstrukteur (Fr. Meyer). 533.
 Fresnel, Lehre von der Beugung des Lichtes (H. Boegehold). 523.
 Frost, Boden- und Erdfließen in Spitzbergen. 627.
 Früchte und Samen, Verbreitung durch Turgescenz-Schleudermechanismen (Fritz Overbeck). 969.
 Frühereifeerscheinungen bei Kressepflanzen. 762.
 Fütterung der Haustiere (Bespr.). 639.
 Funktion, Umkehr. 697.
Gärung, Essig-, Verlauf (Zuschr.). 758.
 —, zellfreie, Verhalten der Hexosemonophosphorsäure bei (Zuschr.). 1277.
 — zusammengesetzter Zucker. 848.
 Galilei und sein Kampf für die kopernikanische Lehre (Bespr.). 1284.
 Galvanometer, astasiertes, Verwendbarkeit. 169.
 —, Schleifen-. 245.
 Ganymed, Bahn des Planeten. 495.
 Gas, Dynamik (Bespr.). 598.
 —, dynamische Theorie (Bespr.). 792.
 —, Edel-, Resonanzlinien (Zuschr.). 648.
 —, Entartung, Quantentheorie 168, 169.
 —, Entropie-Definition. 171.
 —, Ionen, chemische Reaktion (Hartmut Kallmann). 427.
 —, Kampfstoffe (Bespr.). 1016.
 Gas-Magnetismus, Anomalie. 848.
 —, Pyrometer (Hermann Schmidt). 1214.
 —, Sorption, kinetische Gastheorie (Bespr.). 597.
 —, Temperaturen, Messung (Zuschr.). 823.
 —, verfestigtes, Leuchten. 888.
 —, Turbine, Arbeitsweise. 243.
 Gasförmige Substanzen, absolute Temperatur, Energie und Entropie. 169.
 Gebirge und Festland, Entstehung (Heinrich Löwy). 921.
 Gehirnweichung, Fieberimpfbehandlung (W. Weygandt). 308.
 Gehör der Noctuiden. 303.
 Gehörsreaktionen bei Reptilien. 721.
 Gekrösestein, physikalische Bedingungen der Entstehung. 171.
 Gelehrten-Kalender, Kürschner (Bespr.). 821.
 Gentiobiose, Synthese (B. Helferich). 677.
 Genußgifte (Walther Straub). 1091.
 Geobotanisches Institut Rübél, Veröffentlichungen (Bespr.). 504, 617.
 Geodetic Survey, Jahresbericht (Bespr.). 485.
 Geographie, politische (Bespr.). 462.
 —, Wirtschafts-, Verkehrs- (Bespr.). 460.
 Geographische Verbreitung der Meeresalgen. 514.
 Geologie Afrikas (Bespr.). 367.
 —, Übersicht über den geologischen Aufbau Afrikas (E. Krenkel). 1256.
 —, dynamische (Bespr.). 121.
 —, Kartieren und Prospektieren (Bespr.). 712.
 — im lothringischen Jura (Bespr.). 239.
 Geologischer Führer für den niederrheinisch-westfälischen Industriebezirk (Bespr.). 714.
 Geometrie [Elementarmathematik vom höheren Standpunkt] (Bespr.). 740.
 —, nichteuklidische, Entwicklung im 19. Jahrhundert. 170.
 Germanium, kristallochemisches und geochemisches Verhalten (V. M. Goldschmidt). 295.
 Geschlechtsbestimmung, Cholesterin-Phosphatidstoffwechsel-Bedeutung. 83.
 Geschlechtschromosomen bei Pflanzen. 674.
 Geschlechtsmerkmale, Entwicklung. 847.
 Geschlechtsunterschiede, biochemische. 904.
 Geschmackssinn bei Spinnen. 697.
 Geschwülste, Klinik (Bespr.). 717.
 Gestaltungsgeschichte der Erde (Bespr.). 366.
 Gesteine s. a. die einzelnen Gesteine.
 —, mikroskopische Physiographie (Bespr.). 715.
 Gesteinsmetamorphose (Bespr.). 368.
 Getreide, Altersbestimmung. 903.
 —, Chromosomenzahlen (Bespr.). 298.
 —, Krankheiten, Bekämpfung mit chemischen Mitteln. 87.
 Gewebe-Überpflanzungen, genetische Grundlage. 904.
 Gewitter (Bespr.). 370.
 —, Verteilung und Häufigkeit auf der Erde. 123.
 Gift, Genuß- (Walther Straub). 1091.
 —, Produktion bei Tieren. 841.
 Giftigkeit von Honig des pontischen Kleinasien (K. Krause). 976. — (Zuschr.). 1283.
 Gips-Schwefelsäure-Verfahren. 87.
 Gitterenergie des Ammoniakates. 68.
 Glas-Beschaffenheit, Fraunhofers Forschungen (M. v. Rohr). 553.
 —, Charakterisierung durch ihre elektromotorischen Eigenschaften. 846.
 —, Eigenschaften. 510.
 —, Kiesel-, Eigenschaften. 346.
 —, Kompressibilität. 513.

- Gleichgewicht von Systemen äußerster Kondensation (Richard Lorenz). 81.
 Gleitflächengesetz und Flußmäander (Zuschr.). 391.
 Gletscher der Antarktis. 106.
 Glimmer, Absorption im ultravioletten Licht (Zuschr.). 919.
 γ -Glucose, stabile (Zuschr.). 198.
 Goethe, Großherzog Carl August und die Chemie in Jena (Bespr.). 962.
 —, naturwissenschaftliche Schriften (Bespr.). 271.
 Gold aus Quecksilber. 50, 85. — (Zuschr.). 105. — (F. Haber). 405. — (Duhme und Lotz). 883.
 —, kolloides, in Biologie und Medizin (Bespr.). 691.
 Goldschmidt, chemisch-krystallographische Arbeiten von (H. Mark). 629.
 Gotland, Vegetation der Insel. 518.
 Gott und Natur (Bespr.). 403.
 Grassi, Giovanni Battista (Constantin Janicki). 225, 261.
 Gravitationsfeld und elektromagnetisches Feld, einheitliche Theorie. 171.
 Griechenland, homerisches, Irrfahrt des Odysseus. 105.
 Grönland, Normannenkultur. 745.
 Großhirnrinde, Felderung (C. Vogt und O. Vogt). 1190.
 —, Organdifferenzierung im Lichte der vergleichenden Architektonik (Maximilian Rose). 1184.
 Guinand, Pierre Louis, Familienverhältnisse. 326.
 Gußeisen-Veredelung durch Legierungszusätze. 144.
 Guttapercha, Molekülgröße (Zuschr.). 320.
- Härteproblem** (G. Sachs). 1219.
 Hafnium, metallisches. 374.
 Haiti [Reisen im Karaischen Meer]. 30.
 Halogene, Optische Bestimmung der Dissoziationswärmen (Zuschr.). 600, 779, 881, 1035.
 Hannoversches Bergland, geologischer Führer (Bespr.). 713.
 Harnack, Adolf von, zum fünfundzestigsten Geburtstage (H. A. Krüss). 403.
 Harz, geologischer Führer (Bespr.). 713.
 Hauttemperatur und Wärmeverlust. 280.
 Hebestreit, Ferdinand, Arbeitsjubiläum bei Carl Zeiss. 375.
 Hefe-Stoffwechsel, Wirkung von Kohlenoxyd und Licht auf (Zuschr.). 759.
 Heide, Zwergstrauch-, in Südnorwegen. 811.
 Heilkunde und Naturwissenschaft (A. Gottstein). 465.
 Heilkunst und Naturwissenschaft (F. Sauerbruch). 1081.
 Heilstoffchemie, Patentschriften (Bespr.). 1003.
 Helligkeit, Variationsbreite der Koeffizienten. 147.
 Helium, chemische Aktivität. 280.
 —, Verwandlung von Wasserstoff in (Fritz Paneth und Kurt Peters). 956.
 Helmholtz, Treatise on Physiological Optics (Bespr.). 594.
 Herschel, William, Sondernummer der Trans. Opt. Soc. 327.
 Heterostylie bei Primula, Vererbung. 760.
 Hexosen, enzymatische Spaltung im Muskelextrakt (Zuschr.). 756, 757.
 — -Gruppen, chemische Vereinigung von vier (Zuschr.). 822, 952.
 Hexosemonophosphorsäure, Charakterisierung und Verhalten bei der zellfreien Gärung (Zuschr.). 1277.
 Hieracien, rheinische. 397.
 Hindukusch und Karakorum, Forschungsreise. 692.
 Hirsch, Anatomie (Bespr.). 345.
 Histologie, tierische, und Hermann Ambronn (W. J. Schmidt). 770.
 Hochdruckdampf, Verwendung. 244.
- Höhenstrahlung, Absorptionsmessungen. 371.
 — im Meeresniveau, Intensität und Durchdringungsvermögen (Zuschr.). 1004.
 —, Bestätigung durch Messungen in Blei (Zuschr.). 622.
 —, tägliche Periode (Zuschr.). 936.
 Hörbarkeitszone, Ausbreitung des Schalles in der Atmosphäre (B. Gutenberg). 338.
 —, normale, Schallausbreitung. 601.
 —, periodische Verlagerung im Jahreslauf. 122.
 Honig, giftiger, des pontischen Kleinasien (K. Krause). 976. — (Zuschr.). 1283.
 Humboldtstrom und Unwetter in Peru (Th. Krumbach). 843.
 Hyaden, Eigenbewegung. 277.
 Hydraulik, Lehrbuch (Bespr.). 598.
 Hydrodynamik, theoretische (Bespr.). 598.
 Hydrometeore, Verbreitung auf der Erde. 170.
 Hysteresis-Messungen, Ermittlung der Feinstruktur ferromagnetischer Verbindungen (Oskar Baudisch und Lars A. Welo). 1005.
- Idiosomatische** Variationsgruppen und Klassifikation der Krankheiten (N. Timoféeff-Ressovsky und O. Vogt). 1188.
 Iguanodonten-Fährten im Neokom von Brioni. 845.
 Illinium, Element 61 (R. J. Meyer, G. Schumacher und A. Kotowski). 771.
 Impf-Malaria der Paralytiker, Prüfung des Plasmodiums (F. Sioli). 1160.
 Indien, Forschungsreise zwischen Hindukusch und Karakorum. 692.
 Individualzyklen als Grundlage für die Erforschung des biologischen Geschehens (Bespr.). 688.
 Insekten, Ocellenfunktion. 84, 699, 842.
 — -Verwandlung, Einfluß von Verletzungen. 697.
 Insulin-Literatur. 1019.
 — und Trypsin, Beziehungen. 87.
 —, Untersuchungen. 301.
 Integralgleichungen der Mechanik und Physik (Bespr.). 878.
 Interferenzuntersuchungen an Kanalstrahlen. 399.
 Interglazial, Waldentwicklung. 763.
 Invar, Struktur. 51.
 Ionisationstemperaturen in Sternatmosphären (Bespr.). 139.
 Ionen-Austausch an Gläsern. 846.
 Ipomea imperialis reduplicata, Merkmal und Erb-anlage (C. Correns). 431.
 Irrtum und Erkenntnis (Bespr.). 933.
 Isogonen-Karte vom Deutschen Reich. 747.
 Isotopie der Elemente (Zuschr.). 719, 903.
- Japan**, Bodenbewegungen im japanischen Meer. 723.
 Jeans, Theorie der Sternentwicklung (J. Hellerich). 635.
 Jod in der Schilddrüse. 967.
 Jodwasserstoff, photochemische Zersetzung. 170.
- Kälte-Anlage**. 650.
 Kakteen [natürliche Pflanzenfamilien] (Bespr.). 196.
 Kalium-Bestimmung. 903.
 — -Mangel, Einfluß auf das Seeigeelei. 323.
 Kalk-, Kieselsäure-, Tonerde-System, Eigenschaften, technische Bedeutung (Richard Grün). 809.
 Kamerlingh Onnes, Heike (G. L. de Haas-Lorentz). 441.
 Kamerungebirge und seine Bewohner. 602.
 Kanalstrahlen, Interferenzuntersuchungen. 399.
 — -Licht, Interferenz (Zuschr.). 599.
 — — in schwachen Magnetfeldern, Polarisation (Zuschr.). 936.
 Kant, Stellung in der Geistesgeschichte (Bespr.). 272.

Kant und Lichtenberg (Bespr.). 950.
 – als Naturforscher (Bespr.). 14.
 Karaibisches Meer, Reise nach. 30.
 Karakorum und Hindukusch, Forschungsreise. 692.
 Kartographie als Wissenschaft (Bespr.). 713.
 Katalysatoren, Zweistoff- (Zuschr.). 103.
 Kathodenstrahlen, Beseitigung des Lenardfensters (Zuschr.). 718.
 Kautschuk, Dispergierbarkeit (Zuschr.). 599.
 –, Krystallisieren bei Dehnung (Zuschr.). 881.
 –, Molekülgröße (Zuschr.). 320.
 –, Waren, Technologie (Bespr.). 668.
 Keimdrüse, Funktion. 848.
 Keimzellen, Einfluß des Alters auf die Sexualrelation. 674.
 Kettenreaktion und photochemische Äquivalenz (Zuschrift). 299.
 Kieselglas, Eigenschaften. 346.
 Kieselsäure-, Kalk-, Tonerde-System, Eigenschaften, technische Bedeutung (Richard Grün). 869.
 Kind, Wachstum (Bespr.). 390.
 Kinematographie, Fern- (Bespr.). 597.
 Klein, Felix, Gedächtnisrede (W. v. Dyck). 1039.
 Klima-Elemente, Grenzwerte auf der Erde. 170.
 –, im beregneten Mittelgebirge (Bespr.). 777.
 –, Strahlungs-, von Nord- und Süddeutschland. 624.
 –, Schwankung, 16jährige. 123.
 –, – und Grenzhorizont. 625.
 –, in Turkestan. 602.
 –, und Wetter, Einfluß auf den Menschen (Bespr.). 777.
 Knickfestigkeit von Stabringen. 169.
 Knochenmarksorgan, Funktionen (Victor Schilling). 829.
 Koagulation (H. Freundlich und H. Kroch). 1206.
 Kohle, aktive, Adsorptionsvermögen. 87.
 –, Verflüssigung und Kohlenvergasung (Franz Fischer) 1213.
 –, Lager Rußlands und Sibiriens (Bespr.). 242.
 –, Petrographie (Bespr.). 714.
 –, Statistik (Bespr.). 716.
 –, Staubfeuerungen (H. Treitel). 607.
 Kohlenhydrate, Aufbau. 1018.
 –, Verhalten zu flüssigem Ammoniak. 375.
 Kohlenoxyd und Wasserstoff, Darstellung von Motorbetriebsstoffen aus (G. Bandte). 732.
 Kohlensäure-Assimilation, photochemische Wirkung bei 105, 167.
 –, – toter Blätter. 397.
 Kohlenstoff, amorph. 375.
 Kolloidale Erscheinungen im Eiweißkörper (Bespr.). 803.
 Kolloidchemie (Bespr.). 805.
 –, und Hermann Ambronn (R. Zsigmondy). 767.
 Kolloide, organische, Dispergierbarkeit (Zuschr.). 599.
 –, –, Eigenschaften (Zuschr.). 391, 807.
 –, und Eiweißkörper (Bespr.). 918.
 Kolloidforschung, das kolloide Gold (Bespr.). 691.
 Kolumben (Reisen im Karaibischen Meer). 30.
 Komet Daniel, Spektrum. 56.
 Kompaß-Stellung der Blätter von *Lactuca scariola*. 764.
 Kondensator, Schutzringplatten-, Messung der Radiumemanation. 845.
 Konstitutionserologie, Anwendung (L. Hirsfeld). 17.
 Kontinuitätstheorie und Atomismus in der neuzeitlichen Physik (Bespr.). 1286.
 Koordinatenwahl in der neuen Quantenmechanik (Zuschr.). 488.
 Koordinationslehre, Bedeutung für die organische und physiologische Chemie (Paul Pfeiffer). 1100.
 Kopernikanische Lehre und Galileis Kampf für (Bespr.). 1284.

Kopfhairwirbel, Drehsinn bei verschiedenen Rassen. 168.
 Korrelationstheorie, Grundprobleme (Bespr.). 369.
 Korrosion der Metalle (Bespr.). 1017.
 –, Ursachen und Bekämpfung (Bespr.). 596.
 Korsika, Anschluß an das französische Dreiecksnetz. 724.
 Kraepelin †, Emil (Johannes Lange). 1255.
 Kraftomnibus und Straßenbahn im Großstadtverkehr. 508.
 Krankheiten, Klassifikation, und idiosomatische Variationsgruppen (N. Timofeeff-Ressovsky und O. Vogt). 1188.
 Kropf-Phylaxe (F. de Quervain). 1147.
 –, Verhütung (J. Wagner-Jauregg). 1141.
 Krystalle, flüssige, Synthese und Untersuchung (Bespr.). 806.
 Krystallisieren bei Dehnung (Zuschr.). 881.
 Krystallochemie, Gesetze (V. M. Goldschmidt). 477.
 Krystallographie, Arbeiten von Goldschmidt (H. Mark). 629.
 Küstner, Friedrich, zum siebzigsten Geburtstage (J. Hopmann). 781.
 Kugelhaufen, Veränderliche in. 172.
 Kunstseide (Bespr.). 1017.
 Kupfer, Eisen, Einfluß. 142.
 –, Halogenide, Bandenspektrum (Zuschr.) 1035.
 Kurland, Pflanzengeographie. 983.
Laboratorium, rotierendes (L. Prandtl). 425.
 Landwirtschaft, Berechnungsanlagen. 601.
 Lappland, Reiseeindrücke. 759.
 –, Wasserführung und Eisstoß an Flüssen (Zuschr.). 1281.
 Laubmooswelt (Bespr.). 507.
 Lebensgemeinschaft zwischen *Fucus* und *Mytilus*. 764.
 Lebermoose, Geographie (Bespr.). 618.
 –, Symbiose mit Algen. 398.
 Lecithin-Konzentration des Serums und Geschlechtsbestimmung. 83.
 Legierungen, chemische Technologie (Bespr.). 1002.
 –, Metall-, elektrolytische Leitung. 847.
 Leichtmetalle, moderne Forschung (Alfred Petersen). 1049.
 Lenardfenster, Beseitigung auf dem Wege von Kathodenstrahlen (Zuschr.). 718.
 Leuchten verfestigter Gase. 888.
 Leverrierit, Schieferbildung. 348.
 Licht-Absorption, quantenhafte, in festen Körpern (Robert Pohl). 214.
 –, Lehre der Beugung bis zu Fresnel und Fraunhofer (H. Boegehold). 523.
 –, Krümmungen bei Laubblättern. 675.
 –, Kurve der Nova Pictoris. 519.
 –, Orientierung der Landasseln. 492.
 –, Quanten und Lichtwellen (Zuschr.). 1280.
 –, Wellenlängenmessungen im sichtbaren und unsichtbaren Spektralbereich (Bespr.). 594.
 Lichtenberg und Kant (Bespr.). 950.
 Linse, Krystall-, Akkommodation. 372.
 Lipase in Papain. 87.
 Lister, Lord, Biographie (Bespr.). 717.
 Livland, Pflanzengeographie. 983.
 Löslichkeitskurve, Anwendung zur Deutung von Gleichgewichtsdiagrammen in Metallsystemen. 143.
 Lösungen, übersättigte, Salzausscheidung. 66.
 Lothringen, Kriegsschauplatze geologisch dargestellt (Bespr.). 239.
 Luft-Strömung, Beeinflussung durch das Gelände. 624.
 –, Temperatur der Parallelkreise. 350.

- Luftdruck-Anomalien, mittlere monatliche. 122.
 — -Verteilung im Winter 1924/25. 124.
 Luftfahrt, Wissenschaftliche Gesellschaft für. 827.
 Luftschiff, Regelung des Auftriebes (Kurt Peters und Peter Schlumbohm). 97.
 — und Luftschiffahrt (Bespr.). 595.
 Lumineszenz hochverdünnter Flammen (Zuschr.). 164.
- Madenwurm.** Lebensweise und Verbreitung (Arnold Japha). 342.
- Mäanderbildung der Flußläufe und Baersches Gesetz (A. Einstein). 223. — (Zuschr.). 391, 619.
 —, Exners Forschungen über Wasserbewegung in Flüssen. 652.
- Magmatische Hebungen. 903.
- Magnesium, moderne Forschung (Alfred Petersen). 1049.
- Magnetfelder, starke, Zeeman-Effekt in. 144.
- Magnetische Störung (Observatorium in Meudon). 903.
 — — am Ätna. 903.
- Magnetismus von Nickel-Eisen-Legierungen. 70.
 —, Theorien (Bespr.). 142.
- Makromechanik, Übergang von der Mikromechanik (E. Schrödinger). 664.
- Malaria, Impf-, der Paralytiker, Prüfung des Plasmochins (F. Sioli). 1160.
 — -Infektion, natürliche, menschliche, Behandlung mit Plasmochin (P. Mühlens). 1162.
- , Vogel-, Plasmochin-Wirkung auf (W. Roehl). 1156.
- Mangan-Gruppe, neue Elemente. 170.
- Marchand, Felix, zum achtzigsten Geburtstag (E. Korschelt). 953.
- Mars-Atmosphäre. 779, 968.
 — -Aufnahmen in verschiedenfarbigem Lichte. 16.
 — -Beobachtungen für Sonnenparallaxenbestimmung. 71.
- Massenpunkte, Mechanik [Handbuch der Experimentalphysik] (Bespr.). 459.
- Massenwirkungsgesetz für kondensierte und zweiphasige Systeme (Richard Lorenz). 81.
- Masurium, Nachweis. 171.
- Mathematik, Elementarmathematik (Bespr.). 13.
 —, logisch-erkenntnistheoretische Untersuchungen (Bespr.). 646.
 —, Krisis ihrer philosophischen Bedeutung (Heinrich Löwy). 706. — (Zuschr.). 919.
 — und Bernhard Riemann (R. Courant). 813, 1265.
 —, Methodik des mathematischen Unterrichts (Bespr.). 64.
- Mechanik und Atomtheorie (Niels Bohr). 1.
 —, Differential- und Integralgleichungen (Bespr.). 878.
 —, logisch-erkenntnistheoretische Untersuchungen (Bespr.). 646.
 —, technische, 2. Kongreß in Zürich (Th. Pöschl). 1029.
- Mediumismus, physikalischer (Bespr.). 944.
- Medizin und Naturwissenschaft (A. Gottstein). 465.
- Medusen, Sinnesorgane. 491.
- Meereskunde und Meteor-Expedition (Zuschr.). 489, 933, 1284.
- Membran, Permeabilität (L. Michaelis). 33.
- Mendelsche Reduktionsteilung. 904.
- Menschenaffe, Stammesgeschichte des Menschen-
 schädels (Adolf Naef). 445, 472.
- Menschheit am Scheidewege (Bespr.). 685.
- Menstruation und Ovulation (Felix v. Mikulicz-Radecki). 25.
- Merz, Alfred, Gedenkfeier. 105.
 — — und die Meteor-Expedition (Zuschr.). 489, 933, 1284.
- Mesomerie des Nervensystems bei Wirbeltieren. 168.
- Mesothorium, chemische Eigenschaften. 903.
- Messing, Korrosion in Kondensatorrohren. 142.
- Metall-Folien, dünne, durchsichtige. 171.
 — — —, Gewinnung, Verwendung (Carl Müller). 43.
 — -Forschung, Beziehungen zu naturwissenschaftlichen Forschungsgebieten (Friedrich Körber). 855.
 —, Gleichgewicht geschmolzener (Richard Lorenz). 81.
 —, Veröffentlichung des Institute of Metals. 142.
 —, Korrosion (Bespr.). 1017.
 — -Legierungen, elektrolytische Leitung. 847.
 —, Nichteisen-, moderne Forschung (Alfred Petersen). 1049.
 — -Spritzverfahren nach Schoop. 143.
- Meteor-Expedition und Meereskunde (Zuschr.). 489, 933, 1284.
 — -Forschungsschiff, Deutsche Atlantische Expedition (Walter Stahlberg). 873.
- Meteorologie, akustische. 601, 623.
 —, Beobachtungsmethoden (Bespr.). 778.
 —, dynamische (Bespr.). 775.
 —, neue Ideen. 121.
 —, Lehrbuch (Bespr.). 778.
 — und Nachrichtentechnik unter Berücksichtigung der Bildübertragung. 694.
- Mexiko, Orbis Terrarum (Bespr.). 821.
 —, Reisen und Forschungen in. 345.
- Micellartheorie, Nägelische, und Celluloseforschung (Kurt Hess). 435.
- Michelson-Experiment, ausgeführt im Freiballon (Zuschr.). 935.
- Mikromechanik, Übergang zur Makromechanik (E. Schrödinger). 664.
- Mikroskop-Bau, Arbeitsjubiläum bei Carl Zeiss. 375.
 — -Ofen. 347.
- Mikroskopie, wissenschaftliche, und Hermann Ambronn (A. Köhler). 765.
- Mikroskopische Technik, Taschenbuch (Bespr.). 103.
- Mikrotechnik, botanische (Bespr.). 901.
- Milch, Ultraviolettbestrahlung (Zuschr.). 741.
- Milchsäure bildendes Ferment, Abtrennung vom Muskel (Zuschr.). 196.
- -Bildung in Lösung, Mechanismus (Otto Meyerhof). 1175.
 — — durch die Zellen grüner Pflanzen (Carl Neuberg und Günther Gorr). 437.
- , Verbrauch im Organismus (O. Meyerhof und K. Lohmann). 437.
- Milz, neue Forschungen (Joseph Barcroft). 797.
- Mimikry der Ameisen (Zuschr.). 672.
- Mineralien, mikroskopische Physiographie (Bespr.). 715.
 — [mineralogical phase rule]. 71.
- Mineralogie und Hermann Ambronn (K. Spangenberg). 768.
 —, Lehrbuch (Bespr.). 240.
- Moleküle [Handbuch der Physik] (Bespr.). 791.
 — -Begriff in der Strukturchemie (M. Bergmann). 1224.
 — -Beweglichkeit, Einfluß der Festkörperporen. 847.
 — -Größe von Kautschuk (Zuschr.). 320.
- Molluske, lichtentwickelnde. 280.
- Molybdän, Zeeman-Effekt (Zuschr.). 49.
- Moore, botanische Entwicklung. 516.
 —, Pollenanalyse und Urgeschichtsforschung. 697.
 —, subalpine des Riesengebirges, pollenanalytische Untersuchung. 986.
 —, Stratigraphie der russischen Torfmoore. 395.
 —, Vegetation (W. Wangerin). 927.
- Moose von Buitenzorg (Bespr.). 507.
- , Geographie (Bespr.). 618.
 —, Transplantation von Embryonen. 762.

- Moränen, Schollenentstehung und -vorkommen in Norddeutschland (Bespr.). 242.
 Morphologisches Bedürfnis (Paul Ernst). 1075.
 Moschus. 395.
 Motorbetriebsstoffe aus Kohlenoxyd und Wasserstoff (G. Bandte). 732.
 Mucor, biochemische Unterschiede der Geschlechter. 279.
 Mücke, Kribbel-, dänische, Naturgeschichte. 696.
 Mullit, Bildung. 346.
 Multipllett s. Spektrum.
 Museum, Das Deutsche, Geschichte, Aufgabe, Ziele (Bespr.). 370.
 Musik, Natürliche Grundlagen der Kunst des Streich-instrumentenspiels (Bespr.). 593.
 Musikalische Begabung, Vererbung und Entwicklung (Bespr.). 671.
 — Betätigung, Stoffwechsel bei (A. Loewy und H. Schroetter). 188.
 Muskel-Extrakt, enzymatische Spaltung des Traubenzuckers und anderer Hexosen im (Zuschr.). 756.
 — Faserlänge beim Armmuskel und Muskelschrumpfungen. 170.
 — Isolierung des glykolytischen Fermentes aus (Otto Meyerhof). 1175.
 —, röntgenographische Untersuchungen (R. O. Herzog und W. Jancke).
 — Tätigkeit, Physiologie (Bespr.). 689.
 Mycorrhiza, Baum-, Bedeutung (Bespr.). 616.
 Mykologie, technische, Grundlagen (Bespr.). 839.
Natrium-Dampf, elektrische Doppelbrechung. 171.
 Natur und Gott (Bespr.). 463.
 Naturgesetz, naturphilosophische Studie (Bespr.). 272.
 Naturhistorischer Verein der Rheinlande und Westfalens, Verhandlungen (Bespr.). 692.
 Naturphilosophie, anthropozentrische, Grundlinien (Bespr.). 735.
 —, Grundlagen (Bespr.). 119.
 Naturwissenschaft und Heilkunde (A. Gottstein). 465.
 — und Heilkunst (F. Sauerbruch). 1081.
 — und Theologie (Bespr.). 463.
 Navigation, Flugzeug-, bei Nacht und Nebel (List). 611. — (Zuschr.). 741.
 Nebel, nicht-galaktische, Verteilung, Zahl. 496.
 Nebelwolken, dunkle, kosmische. 107.
 Neon, Resonanz, Erregung durch Linien aus dem sichtbaren Neon-Spektrum (Zuschr.). 104.
 —, Spektrum. 903.
 Nervensystem, peripheres, bei Wirbeltieren. 168.
 Nickel-Eisen-Legierungen, Ausdehnungsanomalien. 51.
 — — —, magnetische Eigenschaften. 70.
 Niederschläge in der Schweiz. 123.
 Nierenskret, kolloide Struktur. 902.
 Nitroglauberit. 67.
 Noctuiden, Gehör. 303.
 Nomenklatur, chemische, Deutsche Nomenklatur-Kommission (R. J. Meyer). 269.
 Norddeutschland, Schollen der Moränen (Bespr.). 242.
 Nordlicht, Photographien zur Bestimmung der Höhe und Lage (Carl Störmer). 631.
 Nordpolarforschung, russische. 350.
 Normannenkultur in Grönland. 745.
 Norwegen, Nordlichtphotographien (Carl Störmer). 631.
 —, Süd-, flechtenreiche Zwergstrauchheiden. 811.
 Nostoc, Symbiose mit Lebermoosen. 398.
 Nova Pictoris. 519.
Oellen-Funktion bei Insekten. 84, 699, 842.
 Oberflächengeschichte der Erde (Bespr.). 486.
 Oenothera, komplex-heterozygotische, Konstitution (Bespr.). 297.
 Oesterreich, Windverhältnisse. 624.
 Oetzal, postglazialer Vulkan. 170.
 Okapi und seine Jäger. 373.
 Okkultismus in Urkunden (Bespr.). 944.
 Ontologie, allgemeine, der Wirklichkeit (Bespr.). 646.
 Optik, deutsche Feinoptik, Fraunhofer als Schöpfer. (M. v. Rohr). 539.
 —, physiologische, Übersetzung des Helmholtzschen Handbuchs (Bespr.). 594.
 Optische Aktivität von Silberchloridschichten. 171.
 — Bestimmung der Dissoziationswärme der Halogene (Zuschr.). 600, 779, 881, 1035.
 — Bilder (Alvar Gullstrand). 653.
 — Instrumente, Theorie (Bespr.). 794.
 — Meßinstrumente des Krystallographen (Bespr.). 791.
 — Vorkehrungen zur Unterstützung des Auges (M. v. Rohr). 281.
 Orbis Terrarum, Mexiko (Bespr.). 821.
 Organdifferenzierung der Großhirnrinde (Maximilian Rose). 1184.
 Organisatoren bei regenerativen Prozessen (Wilhelm Goetsch). 1011.
 Organismen, älteste (Lothar Geitler). 231.
 Ostpreußen, Häufigkeit zu nasser und zu trockener Sommermonate. 601.
 Oszillograph, piezoelektrischer. 71.
 Ovulationszyklus und Menstruationszyklus, Beziehungen (Felix v. Mikulicz-Radecki). 25.
 Oxyuris vermicularis L., Lebensweise und Verbreitung (Arnold Japha). 342.
 Ozean-Einflüsse im Pflanzenkleid Mitteleuropas. 807.
 Ozon-Spektrum, Höhe der ozonführenden Atmosphärenschicht. 56.
Pallasea quadrispinosa in norddeutschen Seen (August Thienemann). 1233.
 Papain-Lipase. 87.
 Paradentium-Erkrankungen (Karl Frz. Hoffmann). 364.
 Parallaxen, spektroskopische bestimmte, Genauigkeit. 328.
 Paramäcien, Wirkung extrem verdünnter Substanzen auf. 84.
 Parasiten, tierische, des Menschen (Bespr.). 915.
 Parasitische Samenpflanzen. 396.
 Parietales [natürliches Pflanzenfamilien] (Bespr.). 196.
 Partialtod in funktioneller Betrachtung (Bespr.). 344.
 Patentschriften über Heilstoffchemie (Bespr.). 1004.
 Permeabilität von Membranen (L. Michaelis). 33.
 Peru, Humboldtstrom und Unwetter. 843.
 Pestverbreitung, entomologische Probleme. 695.
 Petrographie, Kohlen- (Bespr.). 714.
 Petromyzon, Bulbus- und Arterienwülste. 171.
 Pflanzen s. a. Blütenpflanzen.
 — -Anatomie, Handbuch (Bespr.). 899, 900.
 — -Familien, natürliche (Bespr.). 196, 716, 900, 901.
 — -Gewebe, Entwicklungsmechanik (Bespr.). 916.
 —, grüne, Milchsäurebildung (Carl Neuberg und Günther Gorr). 437.
 —, Kompaß-, transversale. 764.
 — -Leben, arktisches, Einfluß des Durchdringungsvermögens der Sonnenstrahlen durch Schnee (Karl Richter). 501.
 — Mitteleuropas, ozeanische Züge. 807.
 — der Moore (W. Wangerin). 927.
 —, Reaktion auf mechanische Inanspruchnahme. 762.
 — -Säure, Aufbau der Kohlenhydrate. 1018.
 —, Samen-, parasitische. 396.
 —, Winde-, Verhalten im Dunkeln. 396.

- Pflanzen, Wasseraufnahme. 812.
 —, Wasserhaushalt (Bespr.). 118.
 — —, ökologische Bedeutung des Wachses im. 676.
 Pflanzengeographie, Betrachtungen über den Aländischen Schärenarchipel. 810.
 — des Bodenseegebietes. 984.
 — des ostbaltischen Gebietes. 983.
 — in Schleswig-Holstein. 808.
 —, Hauptgruppen der südschwedischen Flora. 517.
 — der Nordschweiz. 985.
 —, Exkursion durch die Schweizer Alpen (Bespr.). 504.
 Pflanzenphysiologie, Lehrbuch (Bespr.). 118, 916.
 Pflanzenreich (Bespr.). 507.
 Pflanzenwelt Afrikas (Bespr.). 615.
 — der Insel Gotland. 518.
 — von Posen-Westpreußen. 810.
 Philosophie, Grundprobleme (Bespr.). 739.
 — und Naturphilosophie (Bespr.). 119.
 Phosphate bei der Zuckerdissimilation (Zuschr.). 882.
 Phosphore, chemischer Bau (Arthur Schleede). 586.
 Photochemische Äquivalenz und Kettenreaktion (Zuschr.). 299.
 — Wirkungen des Chlorophylls (Kurt Noack). 383.
 Physik [Müller-Pouille's Lehrbuch] (Bespr.). 162.
 —, 1873–1923 (Bespr.). 647.
 —, Atomismus und Kontinuitätstheorie (Bespr.). 1286.
 — und Chemie, mechanische Theorien (Bespr.). 594.
 —, Differential- und Integralgleichungen (Bespr.). 878.
 —, Experimental-, Handbuch (Bespr.). 459.
 — in graphischen Darstellungen (Bespr.). 65.
 —, Handbuch (Bespr.). 458, 791.
 — in der Kultur (Bespr.). 298.
 —, logisch-erkenntnistheoretische Untersuchungen (Bespr.). 646.
 — für Seefahrer (Bespr.). 142.
 — und Technik (A. Schack). 377.
 Physikalische Gesetzlichkeit (Max Planck). 249.
 Physiological Papers (Bespr.). 688.
 — Optics, Übersetzung des Helmholtzischen Handbuches (Bespr.). 594.
 Physiologie der Capillaren (U. Ebbecke). 1131.
 —, normale und pathologische, Handbuch (Bespr.). 117, 195, 913.
 — der Pflanzen, Lehrbuch (Bespr.). 916.
 —, Sinnes-, der Tiere (Bespr.). 389.
 — der Tiere, Übungen (Bespr.). 914.
 —, vergleichende (Bespr.). 344, 688.
 Phytoplankton von alpinen Seen und Kleingewässern (Bespr.). 901.
 Pilze, Hut-, Vererbung. 812.
 —, Morphologie (Bespr.). 619.
 Planet 1036 Ganymed, Bahn. 495.
 Plasmochin, Entwicklungsgeschichte (H. Hörlein). 1154.
 —, Prüfung bei der Impfmalaria der Paralytiker (F. Sioli). 1160.
 —, Behandlung der natürlichen menschlichen Malariainfektion mit (P. Mühlens). 1162.
 —, Wirkung auf die Vogel malaria (W. Roehl). 1156.
 Plastiden (Bespr.). 899.
 Pluripotenzerscheinungen (A. Kühn). 708.
 Polar-Gebiete, Literatur. 723.
 — -Welt, Gauss-Expedition. 106.
 Polarisation des Kanalstrahlenlichtes in schwachen Magnetfeldern (Zuschr.). 936.
 Polarisationsapparate, die ersten. 511.
 Pollen-Analyse und Urgeschichtsforschung. 697.
 — analytische Untersuchungen im thermophilen Florengebiet Böhmens. 986.
 — — — subalpiner Moore des Riesengebirges. 986.
 Polonium als Strahlungsquelle bei Atomzertrümmerung (Zuschr.). 620.
 Polygamie bei Blütenpflanzen. 170.
 Pontoporeia affinis in norddeutschen Seen (August Thienemann). 1233.
 Posen, Pflanzenwelt. 810.
 Primula, Vererbung der Heterostylie. 760.
 — longiflora, Blütenbiologie und Genetik. 761.
 Proteine, Physikalisch-chemische Charakterisierung (Zuschr.). 487.
 —, strukturelle Erforschung, enzymatische Methoden (Ernst Waldschmidt-Leitz). 129.
 Protistenkerne, Formwechsel (Bespr.). 686.
 Protonen-Passage durch Wasserstoffmoleküle. 56.
 Protoplasma, internationale Zeitschrift (Bespr.). 918.
 Protozoen, experimentelle Unsterblichkeit (M. Hartmann). 433.
 —, symbiotisch lebende. 696.
 Psychische Entwicklung, Grundlagen (Bespr.). 738.
 Psychoide als Prinzip der organischen Entwicklung (Bespr.). 644.
 Psychologie, Denk- (Bespr.). 932.
 —, Krisis (K. Koffka). 581.
 —, Sozial-, der Vögel (Bespr.). 914.
 —, Tier-, vom Standpunkte des Biologen (Bespr.). 638.
 Psychologische Untersuchungen an Nagetieren. 720.
 Psychotechnik, Grundzüge der praktischen Psychologie (Bespr.). 64.
Quantenäquivalent [Lichtabsorption] (Robert Pohl). 214.
 Quantenmechanik (Werner Heisenberg). 989.
 —, Koordinatenwahl (Zuschr.). 488.
 Quantentheorie des kontinuierlichen Absorptionsspektrums (Zuschr.). 1282.
 — der Dipolorientierung im äußeren Feld (Zuschr.). 919.
 — des idealen Gases. 168, 169.
 —, neuere Entwicklung (Bespr.). 793.
 —, neue Wege (A. Landé). 455.
 — der Polarisation der Resonanzstrahlung in magnetischen Feldern. 56.
 Quantentheoretische Dispersionsformel, Prüfung (R. Ladenburg). 1208.
 Quecksilber-Dampfgleichrichter (Bespr.). 791.
 —, Goldbildung aus. 50, 85. — (Zuschr.). 165. — (F. Haber). 405. — (Duhne und Lotz). 883.
 — -Linie, Feinstruktur. 398.
Radioaktive Quellen in Algier. 55.
 Radium C, weitreichende α -Strahlen des (K. Philipp). 1203.
 — -Präparate, hochemanierende. 170.
 Rädertiere, Biologie (Bespr.). 640.
 Rassen, Klangcharakter der Stimme und Kopfhairwirbel bei verschiedenen. 168.
 Ratte, Fruchtbarkeit. 628.
 Raumsinn des Auges (Bespr.). 690.
 Realontologie (Bespr.). 947.
 Receptionsorgane [Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie] (Bespr.). 913.
 Rechentafeln, logarithmische (Bespr.). 65.
 Regenbogen-Licht (Zuschr.). 1283.
 Regeneration, Organisation bei regenerativen Prozessen (Wilhelm Goetsch). 1011.
 Reh, Anatomie (Bespr.). 345.
 Relativitätstheorie und Aberration (R. Emden). 329.
 — Einsteins, Verhältnis zur Philosophie (Bespr.). 949.
 —, Neuere Ergebnisse (Hans Thirring). 111.
 — in mathematischer Behandlung (Bespr.). 273.

- Religion und Wissenschaft (Bespr.). 647.
 Reptilien, Osteologie (Bespr.). 640.
 —, Schallreaktionen. 721.
 Resonanz-Linien der Edelgase (Zuschr.). 648.
 — -Strahlung in der 6. Gruppe (Zuschr.). 978.
 Retina, rotblauer Schimmer. 904.
 Rhenium, Nachweis. 171.
 Riechstoffe aus dem Tierreich. 395.
 Riemann, Bernhard, Gedächtnisrede (W. v. Dyck). 1039.
 — —, und die Mathematik (R. Courant). 813, 1265.
 Riesengebirge, pollenanalytische Untersuchung subalpiner Moore. 986.
 Röntgenemissionsspektren der Eisenmodifikationen (Franz Wever). 1217.
 Röntgenlinien, natürliche Breite (Zuschr.). 322.
 Röntgenographische Untersuchungen am Muskel (R. O. Herzog und W. Jancke). 1223.
 Röntgenspektralanalyse, quantitative (Paul Günther). 1118.
 Röntgenspektrogramm der seltenen Erde $Z = 61$ (U. Dehlinger, R. Glocker, E. Kaupp). 772.
 Röntgenspektrum, Aufhellungslinien. 885.
 — und Elektronenisomerie. 887.
 —, Intensitäten (Zuschr.). 621.
 Röntgenstrahlen, anomale Dispersion (Zuschr.). 648.
 —, Compton-Verschiebung nach Streuung an Molybden. 56.
 — als Hilfsmittel für die chemische Forschung (Bespr.). 395. — (Zuschr.). 779.
 — -Spektrum, Beugungsgitter, Anwendung. 56.
 Röntgentechnik, medizinische, physikalische Grundlagen (Bespr.). 670.
 Rotator, Quantelung (Zuschr.). 488.
 Rotatorien, Biologie (Bespr.). 640.
 Rotzinkerz, Färbung. 375.
 Rückenmarksschwindsucht, Fieberimpfbehandlung (W. Weygandt). 308.
 Rußland, Kohlenlagerstätten (Bespr.). 242.
 —, Stratigraphie der Torfmoore. 395.
Sahara, Vorkommen von Cupressus. 903.
 Salz, Gleichgewicht geschmolzener (Richard Lorenz). 81.
 —, Statistik (Bespr.). 716.
 Samen und Früchte, Verbreitung durch Turgeszenz-Schleudermechanismen (Fritz Overbeck). 969.
 — -Pflanzen, parasitische. 396.
 Sandstein, Standortscharakter der Vegetation. 515.
 Santorin-Vulkan im Ägäischen Meer (Ernst Hermann). 310.
 Sargasso-Wiesen im Karaibischen Meer. 30.
 Sauerstoff-Austausch in den Capillaren. 904.
 — -Brücken, Spannweite (Zuschr.). 1036.
 —, Dissoziationsarbeit (Zuschr.). 275.
 — -Druck, erhöhter, Einfluß auf Mäusecarcinom in vivo (A. Fischer, E. Buch Andersen und Fr. Demuth). 1181.
 — -Gehalt der Gewässer, respiratorischer Wert (F. Ruttner). 1237.
 Saurier, Flug-, mit teilweise erhaltener Flughaut. 848.
 Schädel der Affen, Morphologie und Stammesgeschichte (Adolf Naef). 89.
 —, Menschen-, Stammesgeschichte (Adolf Naef). 445, 472.
 Schädlingsbekämpfung, tierische, neuzeitliche (K. Escherich). 1065.
 Schall s. a. Akustik.
 — -Ausbreitung in der Atmosphäre (B. Gutenberg). 338.
 Schallausbreitung, Hörbarkeitszone. 623.
 —, Schwankung der Hörbarkeitszone. 122.
 — -Technik (Bespr.). 596.
 Schiffsbau, neuere Probleme. 824.
 Schilddrüse, Jodvorkommen. 967.
 Schlaf, elektrischer Widerstand beim. 904.
 Schlangenalabaster, physikalische Bedingungen der Entstehung. 171.
 Schleifengalvanometer. 245.
 Schlesien, Wirbeltierfauna (Bespr.). 643.
 Schleswig-Holstein, Pflanzengeographie. 808.
 Schleudermechanismus zur Verbreitung von Samen (Fritz Overbeck). 969.
 Schmelzfluß, Reaktionen zwischen Metallen und Salzen im (Richard Lorenz). 81.
 Schmelzkurven von Legierungen, Berechnung. 143.
 Schmetterling, Biologie (Bespr.). 344.
 —, Tag-, Anlockung durch Pigmentfarben. 301.
 Schnee, Durchdringungsvermögen der Sonnenstrahlen durch (Karl Richter). 501.
 Schrödinger, Deutung der Gleichung von (Zuschr.). 1004.
 Schröter, Carl (Walther Wangerin). 109.
 — —, Festschrift (Bespr.). 617.
 Schwarz und Weierstraß, Briefwechsel. 172.
 Schwarzer Körper für optische Pyrometer. 347.
 Schwebeflora, alpine, von Seen und Kleingewässern (Bespr.). 901.
 Schweden, pflanzengeographische Hauptgruppen der Flora. 517.
 Schwefelsäure aus Gips, neues Verfahren. 87.
 Schweinfurth, Georg (Paul Staudinger). 557.
 — —, Bedeutung für die Ägyptologie (G. Roeder). 577.
 — —, als Botaniker (J. Mildbraed). 569.
 — —, Gedenkfeier. 104.
 — —, und die Völkerkunde (Bernhard Ankermann). 565.
 — —, in der Wüste (Johannes Walther). 573.
 Schweiz, Niederschlagsverhältnisse. 123.
 —, Nord-, Pflanzengeographie. 985.
 —, Pflanzengeographische Exkursion durch die Alpen (Bespr.). 504.
 Seen, Tiefenverhältnisse. 748.
 Seigel-Ei, Einfluß des Kaliummangels auf. 323.
 Seesterne, physiologische Untersuchungen über das Umdrehen. 699.
 Sehen, Fern-, elektrisches, Fernkinematographie (Bespr.). 598.
 Sehpurpur, Leitfähigkeit. 280.
 Seifenhäutchen, Zusammensetzung. 280.
 Sempervivum soboliferum, Biologie. 811.
 Sexualität, biologische Studie (Bespr.). 194.
 —, relative, Untersuchungen. 673.
 Sexualitätsproblem. 741.
 Sexualzyklus, Auslösung. 847.
 Sibirien, Kohlenlagerstätten (Bespr.). 242.
 Silber, Erzeugung optischer Aktivität an. 171.
 Silicate, Bildung von Mullit. 346.
 Sillimanit, Röntgenuntersuchung. 347.
 Simuliiden-Arten, dänische, Naturgeschichte. 696.
 Sinneserkenntnis (Bespr.). 947.
 Sinnesorgane der Medusen. 491.
 Sinnesphysiologie der Tiere (Bespr.). 389.
 Sommer, nasse und trockene, Häufigkeit in Ostpreußen. 601.
 Sonne, Bewegung. 987.
 —, Natur der Wasserstoffwirbel. 604.
 Sonnencorona, Strahlung. 303.
 —, Untersuchungen. 88.
 Sonnenparallaxe, Bestimmung. 71.

- Sonnenstrahlen, Einfluß des Durchdringungsvermögens durch Schnee auf das arktische Pflanzenleben (Karl Richter). 501.
- , Messung von Nord- und Süddeutschland. 624.
- , Physik (Otto Hoelper). 497.
- , Veränderlichkeit. 780.
- Spektralanalyse, Nachweis kleinster Bleimengen in Organen (Max Klostermann). 1116.
- , quantitative, Erprobung (A. Reis). 1114.
- , —, Lage (H. Konen). 1108.
- , Röntgen-, quantitative (Paul Günther). 1118.
- Spektrallinien von Cadmium, Intensität (Zuschr.). 48.
- , Entstehung bei Einwirkung eines elektrischen Feldes (Zuschr.). 47.
- , Zeeman-Aufspaltung. 146.
- Spektroskopie, Vakuum-, Probleme und Methoden (H. Sponer). 356.
- Spektrum s. a. Bandenspektrum.
- , Absorptions-, kontinuierliches, Quantentheorie (Zuschr.). 1282.
- , der Alkalihalogenide. 903.
- , des Argon im äußersten Ultraviolett (Zuschr.). 755.
- , des Eisens. 903.
- , des nächtlichen Himmels. 628.
- , des Kometen Daniel. 56.
- , Linien-, aller Elemente (Bespr.). 879.
- , Intensität der Multiplett-Linien. 169.
- , des Neon. 903.
- , im Ultrarot, Absorptionsmethode (Zuschr.). 488.
- , des Wasserstoffs, kontinuierliches (Zuschr.). 982.
- , Wellenlängenmessungen (Bespr.). 594.
- Spinne, Fütterungsversuche, Geschmackssinn. 696.
- Spiralnebel, System. 967.
- Spitzbergen, Bodenfrost und Erdfließen. 627.
- , Papers. 747.
- Stabring, Knickfestigkeit. 169.
- Stäbe, gebogene, Anwendung der Formänderungen auf die elastische und kollagene Faser des Tierkörpers (Hans Petersen). 605.
- Stärke-Wanderung und Wanderstärke (E. G. Pringsheim). 305.
- Stahl, Alterung (Bespr.). 880.
- , korrosionsbeständiger. 144.
- , Qualitäten, Beziehung zu den Herstellungsverfahren. 825.
- , Selbstmagnetisierung. 903.
- Stammesgeschichte des Menschenschädels (Adolf Naef). 445. 472.
- Stammesverwandtschaft und Eiweißdifferenzierung (E. Wasmann S. J.). 504.
- Stark-Effekt, Intensitätsmessungen (Zuschr.). 47.
- Starre Körper, Mechanik [Handbuch der Experimentalphysik] (Bespr.). 459.
- Stellarphysik, neuere Arbeiten (E. A. Milne). 701, 725.
- Stereochemie, klassische, Verhältnis zu K. Weissenbergs Arbeiten (Friedrich Richter). 889. — (Zuschr.). 1279.
- Sterne s. a. die einzelnen Sterne.
- , mit sehr kleiner Amplitude. 988.
- , -Atmosphären, Monographie (Bespr.). 139.
- , B-, Rotverschiebung. 988.
- , δ -Cephei-, Problem (P. ten Bruggencate). 905.
- , Deutung in geschichtlicher Darstellung (Bespr.). 274.
- , -Entwicklung, Theorie von Jeans (J. Hellerich). 635.
- , -Entwicklung, Russell-Diagramm. 52.
- , schwache, Eigenbewegung. 54.
- , -System, N.G.C. 6822. 279.
- , veränderliche, der Mira-Klasse. 171.
- Sternhaufen, offene, Spektraltypen. 351.
- Stickstoff, Dissoziationsarbeit (Zuschr.). 275.
- , fester, Kathodolumineszenz. 1020.
- , Fluoreszenz-Erregung. 56.
- , Verbindungen, Raumchemie (Kurt Hess). 183. — (Heinrich Biltz). 678.
- Stimme, Klangcharakter bei verschiedenen Rassen. 168.
- Stirnaugen der Insekten, Funktion. 84, 699, 842.
- Stötzner, Szetschwan-Expedition. 603.
- Stoffwechsel der Hefe, Wirkung von Kohlenoxyd und Licht auf (Zuschr.). 759.
- , Wirkung von Klistieren auf. 904.
- , bei musikalischer Betätigung (A. Loewy und H. Schroetter). 188.
- , der Pflanzen, Stärkewanderung (E. G. Pringsheim). 305.
- , Unveränderlichkeit. 280.
- Stoßprozeß, atomarer, Wirkungsquerschnitt (J. Franck). 211.
- Strahlen, α -, weitreichende, des Radium C (K. Philipp). 1203.
- , β -, homogene, Reichweitenbestimmung (Lise Meitner). 1199.
- , durchdringende, in der Atmosphäre (Werner Kolhörster). 290, 313.
- , —, Bestätigung durch Messungen in Blei (Zuschr.). 622.
- , -Emissionsprozeß, elementarer (Zuschr.). 300.
- , Fluoreszenz-, Statistik (Zuschr.). 321.
- , Kanal-, Interferenzuntersuchungen. 399.
- , Messung, Apparatur. 277.
- , — am Jungfrauoch. 169.
- , -Streuung, α -, und Aufbau der Atomkerne (Lise Meitner). 863.
- Straßenbahn und Kraftomnibus im Großstadtverkehr. 508.
- Streichinstrumente, Kunst des Spielens (Bespr.). 593.
- Strömungsforschung, Aufgaben (L. Prandtl). 335.
- Strömungsgeschwindigkeit, Messung. 52.
- Strömungsvorgänge, Bedeutung von Wirbelschichten für (A. Betz). 1228.
- Strukturchemie, Molekülbegriff (M. Bergmann). 1224.
- Subelektronen, Auftreten (Erich Regener). 219.
- Synthesiologie von Martin Heidenhain (W. Hueck). 149.
- Systemreaktion, tierisches Verhalten als. 700.
- Szetschwan-Expedition von Stötzner. 603.
- Tabak**, Biochemie (C. Neuberg und M. Kobel). 1182.
- Tabulae biologicae (Bespr.). 691.
- Tanzmaus, Abstammung und Vererbung. 280.
- Technik und Physik (A. Schack). 377.
- und Emil Warburg (H. Schering). 208.
- , Wissenschaft und Wirtschaft (A. Vögler). 1044.
- Technologie, chemische, Handbuch (Bespr.). 1002.
- , der Legierungen (Bespr.). 1002.
- Tektonik, vergleichende (Bespr.). 238.
- Telegraphie, drahtlose, elektrische Wellen (Franz Kiebitz). 73.
- Telephonie, Verwendung veränderlicher Wechselströme in der Erde (R. Courant). 61.
- Temperatur, absolute, Bestimmung mit Hilfe von reversiblen Prozessen. 169.
- Temperatur, absolute, Bestimmung mit Hilfe von reversiblen Prozessen. 169.
- , -Anomalien, monatliche. 122.
- , der Gase, Messung (Zuschr.). 823.
- , -Gradienten bei Föhn. 172.
- , Luft-, der Parallelkreise. 350.
- , der obersten Atmosphärenschichten. 623.
- Termiten, holzfressende, Beherbergung von Protozoen. 696.

- Theologie und Naturwissenschaft (Bespr.). 463.
 Thermodynamik der Stoffe [Handbuch der Physik] (Bespr.). 458.
 Thermostat im geophysikalischen Laboratorium. 347.
 Thorium, metallisches. 374.
 Tiefenverhältnisse der Seen. 748.
 Tiere Deutschlands, Biologie (Bespr.). 643.
 --, Giftproduktion. 841.
 --, Haus-, Fütterung (Bespr.). 639.
 --, Sinnesphysiologie (Bespr.). 389.
 Tierkörper, Anwendung der Formänderungen gebogener Stäbe auf die elastische und kollagene Faser (Hans Petersen). 605.
 Tierische Schädlinge, neuzeitliche Bekämpfung (K. Escherich). 1065.
 Tierphysiologische Übungen (Bespr.). 914.
 Tierpsychologie vom Standpunkte des Biologen (Bespr.). 638.
 Tierwelt der Antarktis. 106.
 -- von Deutschland (Bespr.). 643.
 -- am Mount Everest. 349.
 -- der Nord- und Ostsee (Bespr.). 641, 642, 916.
 -- in Ostafrika (Bespr.). 641.
 Titan, metallisches. 374.
 Tonerde-, Kieselsäure-, Kalk-System, Eigenschaften, technische Bedeutung (Richard Grün). 869.
 Transplantation von Moosembryonen. 762.
 Traubenzucker, enzymatische Spaltung im Muskel-extrakt (Zuschr.). 756, 757.
 Trinidad [Reisen im Karaibischen Meer]. 30.
 Tropha fulgurans, lichtentwickelnde Moluske. 280.
 Tropenreise, botanische (Bespr.). 615.
 Tropfen im elektrischen Feld. 903.
 Trypsin und Insulin, Beziehungen. 87.
 Tumorzellen, Abtötung (Otto Warburg und Erwin Negelein). 439.
 Turbine, Gas-, Arbeitsweise. 243.
 Turgescenz-Schleudermechanismen zur Verbreitung von Samen (Fritz Overbeck). 969.
 Turkestan, Klima. 602.
Ultrarot, Absorptionsmethode im (Zuschr.). 488.
 Ultraviolett-Strahlung von Milch (Zuschr.). 741.
 Ungarn, Windverhältnisse. 624.
 Unkrauter, Acker-, Dänemarks. 811.
 Unsterblichkeit, experimentelle, von Protozoen-Individuen (M. Hartmann). 433.
 Umdrehen der Seesterne, physiologische Untersuchungen. 699.
 Urformen der Anthropomorphen (Adolf Naef). 445, 472.
 Urgeschichtsforschung und Pollenanalyse. 697.
Vagusstoff (O. Loewi). 994.
 Vakuum-Spektroskopie, Probleme und Methoden (H. Spöner). 356.
 -- Technik (Bespr.). 597.
 Variationsrechnung, Lehrbuch (Bespr.). 646.
 Vegetation, alpine (Ludwig Koegel). 680.
 -- Bilder und Reiseskizzen, indo-malaiische (Bespr.). 615.
 -- Kunde, Praktikum (Bespr.). 902.
 Venezuela [Reisen im Karaibischen Meer]. 30.
 Verbrennung, Theorie (Bespr.). 794.
 Verdauungsphysiologie der Holothuriern. 795.
 Verdunstung im Flach- und Berglande, in Nadel- und Buchenwäldern. 32.
 Verein deutscher Ingenieure, Hauptversammlung. 824.
 Vereinigte Staaten, Jahresbericht Coast and Geodetic Survey (Bespr.). 485.
 Vererbung s. a. Chromosomen.
 Vererbung, Blütenbiologie von *Primula longiflora*. 761.
 -- der Heterostylie bei *Primula*. 700.
 -- bei Hutpilzen. 812.
 -- Lehre, synthetische Beiträge (A. Kühn). 708.
 --, Konstitution einiger komplex-heterozygotischer Oenotheren (Bespr.). 297.
 --, Verhalten identischer Zwillinge. 743.
Veronica gentianoides, lang- und kurzgrifflige Sippen. 673.
 Viehweide, Zwergformbildung durch. 397, 846.
 Viscosität von Flüssigkeiten unter Druck, Messung. 514.
 -- des Wassers unter Druck. 56.
 Vitamin, antirachitisches (Zuschr.). 963.
 -- Forschung (Wilhelm Stepp). 1124.
 Vögel, Das Leben der (Bespr.). 102.
 -- Malaria, Plasmochin-Wirkung auf (W. Roehl). 1156.
 --, Sozialpsychologie (Bespr.). 914.
 Völkerkunde und Georg Schweinfurth (Bernhard Ankermann). 565.
 Vulkan, Problem der Caldera-Entstehung (H. Kanter). 998.
 --, postglazialer, im Oetztale. 170.
 --, Santorin-, im Ägäischen Meer (Ernst Herrmann). 310.
 --, unterirdischer, bei den Hawai-Inseln. 903.
 Vulkanismus und Leben. 170.
Wachs, ökologische Bedeutung im Wasserhaushalt der Pflanze. 676.
 Wachsmottenraupen, Wärmeentwicklung in Kolonien (Albrecht Hase). 995.
 Wachstum des Kindes (Bespr.). 390.
 -- Energie der Bastarde. 904.
 -- Hemmung, korrelative, der Achselknospen. 763.
 Wärme-Ausdehnungskoeffizient, linearer, röntgenographische Bestimmung (Zuschr.). 1036.
 -- Entwicklung in Kolonien von Wachsmottenraupen (Albrecht Hase). 995.
 --, kinetische Theorie (Bespr.). 162.
 -- Regulierung des überwinternden Bienenvolkes. 490.
 Wald-Entwicklung im Interglazial von Schladming an der Enns. 763.
 Wanderstärke (E. G. Pringsheim). 305.
 Warburg, Emil, zum achtzigsten Geburtstag (E. Grüneisen). 203.
 Wasser-Aufnahme durch oberirdische Organe bei höheren Pflanzen. 812.
 -- Bewegung in Flüssen. 652.
 -- Führung und Eisstoß an Flüssen Lapplands (Zuschrift). 1281.
 -- Haushalt der Pflanze (Bespr.). 118.
 -- der Pflanze, ökologische Bedeutung des Wachses im. 676.
 --, Viscosität unter Druck. 56.
 Wasserglas, Eigenschaften, Fabrikation, Verwendung (Bespr.). 668.
 Wasserhosen auf dem Atlantischen Ozean. 172.
 Wasserstoff und Kohlenoxyd, Darstellung von Motorbetriebsstoffen aus (G. Bandte). 732.
 -- Molekül, Dissoziationsarbeit, spektroskopische Bestimmung (Zuschr.). 966.
 --, kontinuierliches Spektrum (Zuschr.). 982.
 -- Wirbel auf der Sonne. 604.
 --, Verwandlung in Helium (Fritz Paneth und Kurt Peters). 956.
 --, Verwendungsmöglichkeiten (Bespr.). 667.
 Wechselströme in der Erde (R. Courant). 61.
 Weierstraß und Schwarz, Briefwechsel. 172.
 Weizen, Winterfestigkeit. 762.

- Cholodny, N. 811, 918.
 Chouchak, D. 55.
 Christiansen, Werner 808.
 — Willi 808.
 Chwolson, O. D. 647.
 Clayton, William 1002.
 Coehn, Alfred 299.
 Cogniaux, A. 507.
 Compton, A. H. 56.
 Conrad, V. 121.
 Conrad-Martius, Hedwig 947.
 Conseil, E. 903.
 Coolidge, W. D. 148.
 Coper, H. 171.
 Compton, C. S. 348.
 Correns, C. 170, 431, 673, 674.
 Coudert, E. 903.
 Courant, R. 61, 813, 1265.
 Cranz, C. 789.
 Crew, F. A. E. 742.
 Crofts, E. E. 280.
 Cunze, Reinhart 676.
- Dahlgrün, Fr. 713.
 Damiens, A. 628.
 Dawison, Ch. 723.
 Defant, A. 624.
 Degen, A. v. 927.
 Dehlinger, N. 772.
 Déjardin, G. 903.
 Delaville, M. 903.
 Demerec, M. 743, 904.
 Demoll, R. 639.
 Dempster, A. J. 56.
 Demuth, Fr. 1181.
 Deslandres, H. 903.
 Dessoir, Max 944.
 Diels, L. 104.
 Dittler, E. 375.
 Dittrich, Hermann 345.
 Doan, R. L. 56.
 Dodge, R. 627.
 Dohrn, Anton 412.
 Dokturowski 395.
 Donner, A. 277.
 Dorgelo, H. B. 756.
 Dostal-Winkler, Josef 950.
 Drecker 274.
 Driesch, Hans 581.
 Drygalski, Erich von 106.
 Dubois, R. 903.
 Dufay, J. 56, 628.
 Duhme, E. 883.
 Duncker, G. 916.
 Durand, P. 903.
 Dushman, Saul 597.
 Dyck, Walther von 1039.
 Dymond, 966.
- East, Edward M. 685.
 Ebbecke, U. 1131.
 Eberhard, O. von 789.
 Ebert, L. 919.
 Ebstein, Erich 116.
 Eckert, Max 713.
 Eddington, A. S. 52, 273.
 Eggers, F. 303.
- Ehrenbaum, E. 916.
 Ehrenberg, W. 322.
 Eichelberg 825.
 Eichhorn, G. 1034.
 Einstein, A. 168, 169, 171, 222, 300.
 Eitel, W. 389.
 Ellenberger, W. 345.
 Ellinger, A. 117, 195, 913.
 Embden, G. 117, 913.
 Emden, G. 195.
 — R. 329.
 Emeis, W. 808.
 Engberding, E. 595.
 Engler, A. 196, 507, 615, 716, 900, 901.
 Erdmannsdorfer, O. H. 713.
 Ernst 760, 761.
 — Paul 902, 1075.
 Escherich, K. 1065.
 Ettisch, G. 487.
 Eucken, E. 162.
 Euler, H. v. 805.
 Evans, Ulick R. 1017.
 Eversheim, Paul 594.
 Ewald, P. P. 51.
 Eweyk, Carl von 803.
 Ewing, J. Alfred 52.
 Exner, Felix M. 122, 652, 775.
- Fajans, K. 963.
 Feldmann, H. W. 628.
 Féry, C. 280.
 Fessenkoff 968.
 Fick 170.
 Ficker, H. v. 602.
 Finch, George Ingle 119.
 Fincham, E. F. 372.
 Finkelnburg, Wolfgang 919.
 Finkelstein 485.
 Firbas, F. 515, 763, 986.
 Fischer, A. 1181.
 — Eugen 749.
 — Eranz 1213.
 — Hugo 391.
 — W. 641.
 — W. M. 66.
 Fleischer, Max 507.
 Foote, H. W. 67.
 Ford, G. 142.
 Fränkel 491.
 Frahm, H. 824.
 Franck, J. 211, 966.
 Frase, R. 810.
 Frebold, G. 713.
 Freundlich, E. 701, 725.
 — H. 1206.
 Frey, A. 769.
 Friedel, Walter 597.
 Frost, Th. B. 279.
 Fünfstück, M. 900.
 Fürth, Reinhold 792.
 Fuhrmann, Franz 839.
- Gäumann, Ernst 619.
 Gams, H. 984.
- Gates, W. H. 280.
 Gäyer, J. 927.
 Gehlhoff, Georg 790.
 Geigel, R. 777.
 Geiger, H. 458, 791.
 Geiling, E. M. K. 301.
 Geitler, Lothar 231.
 Georgii, Walter 774.
 Gerlach, W. 792.
 Giese, Fr. 64.
 Glaser, A. 848.
 Gleditsch, E. 903.
 Glocker, R. 772.
 Gmelin 1000.
 Gockel, Albert 370.
 Godlee, Rickmann John 717.
 Göler, v. 1282.
 Goerens, P. 825.
 Goethe 271.
 Goetsch, Wilhelm 1011.
 Goldschmidt, Karl 596.
 — V. M. 295, 477.
 Gorr, Günther 437.
 Gottlob, Kurt 668.
 Gottstein, A. 467.
 Gowen, J. W. 628.
 Gregory, W. K. 640.
 Greig, J. W. 346, 347, 348.
 Grimm, H. G. 68, 162.
 Grimpe, G. 641, 916.
 Gripp, K. 627.
 Grubenmann, N. 368.
 Grün, Richard 869.
 Grüneisen, E. 203.
 Günther, Paul 779, 1118.
 Guild, J. 146.
 Guillemard, H. 280.
 Gulat-Wellenberg, W. v. 944.
 Gullstrand, Allvar 653.
 Gutbier, Alexander 962.
 Gutenberg, B. 240, 338.
 Guthertz, S. 344.
 Guthnick 172.
- Haas, A. 459.
 Haas-Lorentz, G. L. de 441.
 Haber, F. 405, 849.
 Haberlandt, G. 615.
 Haecker, Valentin 671, 708.
 Haffner, K. von 643.
 Hahn, Otto 158, 170, 792, 1196.
 Halbfass, W. 748.
 Hale, G. C. 604.
 Halm, J. 71.
 Halpern, Otto 488.
 Hamburger 840.
 Hann 778.
 Hansen, Fr. C. C. 746.
 — H. J. 700.
 Hanson, D. 142.
 Hansson, Nils 639.
 Hard, Fredrik 517.
 Harms, F. 459.
 — H. 507.
- Harms, Jürgen W. 688.
 Harington, Ch. R. 967.
 Harris 697.
 Hartmann, H. 673.
 — J. 520.
 — Max 433, 743.
 Hase, Albrecht 995.
 Hassert, Kurt 602.
 Hatfield, W. H. 144.
 Haurowitz, Felix 838.
 Haussmann, Karl 747.
 Hay, A. 794.
 Hegi, Gustav 619.
 Heikertinger, Franz 672.
 Heinlein, H. 847.
 Heinricher, E. 396, 397, 846.
 Heisenberg, Werner 989.
 Helferich, B. 677.
 Hellerich, J. 635.
 Hellmann, G. 124, 169, 170, 171, 172.
 Helmholtz 594.
 Hempelmann, F. 638.
 Hennig, Edw. 452.
 Henning, F. 458.
 Henri, Victor 165.
 Henseling, R. 776.
 Hering, M. 344.
 Herrmann, Albert 105.
 — Ernst 310.
 Herter, Conrad 389.
 Hertz, G. 648.
 Herzfeld, K. F. 162, 792.
 Herzog, R. O. 599, 952, 1223.
 — Th. 618.
 Hess, Kurt 183, 435, 822.
 — V. F. 490.
 Heymer, Gerd 299.
 Hill, A. V. 689.
 Hingston, R. W. G. 349.
 Hirsch-Schweigger, Erwin 644.
 Hirszfeld, L. 17.
 Hobgen, Lancelot T. 344.
 Hölder, Otto 646.
 Hoelper, Otto 497.
 Hönigswald, R. 932, 1286.
 Hönl, H. 169.
 Hörlein, H. 1154.
 Hoffmann, G. 622, 1004.
 — H. 642.
 — K. 507.
 — Karl Fr. 12, 364.
 Hoffmeister, C. 776.
 Hofmann, Franz Bruno 690.
 Holoubek, Rudolf 621.
 Homann, H. 84.
 Honcamp, F. 838.
 Honegger, E. 1017.
 Honoré, F. 724.
 Hopmann, J. 781.
 Horn, F. 846.
 Horovitz, Karl 846.
 Horst, C. J. van der 641.
 Hottenroth, V. 1017.
 Houben, J. 1003.

- Hovgaard, William 746.
 Hubble, E. 279.
 Huber-Pestalozzi, G. 901.
 Hueck, K. 927.
 — W. 149.
 Hückel, Walter 1279.
 Hummel 776.
- Jacobson, Paul** 1003.
 Jacoby, Günther 646.
 Jaeger, Fritz 345.
 — Hans 821.
 Jahnelt, F. 1194.
 Jancke, W. 1223.
 Janicki, Constantin 225, 261.
 Japha, Arnold 342.
 Jeans, J. H. 792.
 Jellinek, St. 628.
 Jessen, K. 811.
 Ilse, D. 301.
 Innes 247.
 Job, P. 903.
 Joel, Ernst 691.
 John, Charles E. St. 779.
 Johnsen, A. 171.
 Johnston, J. 143.
 Joly, John 486.
 Jones, S. 71.
 Jónsson, Finnur 746.
 Ipsen, Günther 271.
 Israel, Otto 603.
 Itallie, L. van 1283.
 Junker, H. 84.
- Kallmann, Hartmut** 427, 650.
 Karnop, R. 1282.
 Kamp, P. van de 987.
 Kanter, H. 998.
 Kapitzka, P. L. 145.
 Kassner 277.
 Kato, Genichi 689.
 Katz, David 914.
 — J. R. 881.
 Kaupp, E. 772.
 Kayser, H. 879.
 Keibel 168, 171.
 Keilhack, K. 30.
 Kende, Oscar 724.
 Kiebitz, Franz 73.
 Kienle, H. 140, 776.
 Kirsch, Gerhard 792, 846, 847.
 Kisser, J. 697, 901.
 Klages 87.
 Klein, F. 13, 740.
 — R. 886.
 Klein Wassink, W. J. 277.
 Klinckowstroem, C. v. 944.
 Klostermann, Max 1116.
 Klüpfel, W. 239.
 Kluyver, A. J. 882.
 Kobel, M. 1182.
 Kober, L. 366.
 Koegel, Ludwig 680.
 Köhler, A. 765.
 Kölzer, J. 623.
 Koenigsberger, J. 779, 1035.
- Körber, Friedrich 855.
 Koffka, K. 581, 738.
 Kohlrausch, K. W. F. 275.
 Kolhörster, Werner 169, 290, 313, 936.
 Kolumbe, E. 808.
 Konen, H. 1108.
 Kopfermann, H. 171.
 Kopff, A. 943.
 Koppe, F. 808.
 Korschelt, E. 953.
 Korn, A. 1034.
 Koschmieder, H. 624.
 Kostytschew, S. 916.
 Kotowski, A. 771.
 Kneser, Adolf 646.
 Knuth, R. 507.
 Kraft, P. 85.
 Kraus, E. 239.
 Krause, K. 977.
 Krenkel, Erich 173, 366, 713, 1256.
 Kreutzfeldt, W. N. 596.
 Krieg, H. 692.
 Kroch, H. 1206.
 Krogh, August 688.
 Kronacher, C. 722.
 Krüger, Paul 1021.
 Krumbach, Thilo 644, 716.
 Krüger, D. 599.
 — Karl 716.
 — Paul 914.
 Krüss, H. A. 403.
 Kühl 601, 776.
 Kühn, A. 301, 708.
 Kükenthal †, J. W. 716.
 Kürschner 821.
 Küster, F. W. 65.
 Kuh, Hedwig 1003.
 Kuhn, Alfred 805.
 — Heinrich 600.
 — R. 1036.
 Kupffer, K. R. 983.
 Kyle, Harry M. 192, 916.
- Ladd-Franklin, C.** 904.
 Ladenburg, R. 171, 1208.
 Laing, M. E. 280.
 Laissus, J. 903.
 Lampa, Anton 298.
 Landé, A. 455, 793.
 Lange, Johannes 1255.
 — Otto 1002.
 Lasareff, P. 280.
 Laski, G. 488.
 Latzin, H. 919.
 Lau, Ernst 982.
 Lavauden, L. 903.
 Lebeau, P. 628.
 Lecarme, J. 628.
 Lehmann, Richard 669.
 Leis, Carl 791.
 Lengerken, H. von 643.
 Léon 903.
 Lepeschkin, W. 118.
 Lesage 762.
 Lesser 1020.
 Leupold, E. 83.
 Leven, C. 903.
- Liesegang, R. Ed. 774, 838.
 Lietzmann, W. 64.
 Lind, J. 811.
 Linsbauer, K. 899, 900.
 List 611.
 Lodge, Oliver 496.
 Loeb †, Jacques 803.
 — L. Farmer 1002.
 Loewi, O. 994.
 Loewy, A. 188.
 — Heinrich 706, 741, 921.
 Lohmann, K. 437, 1277.
 Lohr, E. 1286.
 Lord, E. M. 742.
 Lorenz, Richard 81.
 Lotz, A. 883.
 Louis, H. 198.
 Lowry, Ch. D. 848.
 Lucanus, Friedrich von 102.
 Ludendorff 171.
 Ludloff, H. 982.
 Lüdtke, Gerhard 821.
 Lummer, O. 162.
 Lunt, J. 519.
 Lush, J. L. 743.
 Lyman, Th. 966.
- MacDowell, E. C.** 742.
 McLennan 1020.
 Macleod 1019.
 Mach, Ernst 933.
 Madelung, E. 1004.
 Mahnke, Dietrich 172.
 Maier, H. N. 639.
 Mainka, C. 778.
 Mangold, Otto 1169.
 Marcus, E. 643, 916.
 Mark, H. 322, 629, 650.
 Markgraf, F. 902.
 Marten, W. 625.
 Martin, C. J. 695.
 Matschoss, Conrad 370.
 Maull, Otto 462.
 May 142.
 Mayer, F. 10.
 — Hermann 668.
 Mecke, R. 881.
 Mecking, Ludwig 723.
 Meinardus, Wilhelm 350.
 Meisenheimer, J. 641.
 Meisner, M. 716.
 Meissner, F. 639.
 Meitner, Lise 719, 792, 863, 1199.
 Meldau, Heinrich 142.
 Melin, Elias 616.
 Mell, R. 760.
 Menzel, Donald H. 780.
 — Heinrich 794.
 Mercier, L. 696.
 Mertens, R. 642.
 Merz, A. 172.
 Metfessel, M. 279.
 Meurman 674.
 Meyer, Fr. 533.
 — H. Th. 886.
 — R. J. 269, 771, 1000.
- Meyer, Richard 670.
 — Stephan 792.
 — Victor 1003.
 Meyerhof, Otto 196, 437, 757, 1175, 1277.
 Meyermann, B. 970.
 Michaelis, L. 33.
 Mikulicz-Radecki, Felix v. 25.
 Mildbraed, J. 569.
 Miller, Dayton C. 15.
 Millikan, R. A. 371.
 Milne, E. A. 701, 725.
 Mises, R. v. 878.
 Mönch 694.
 Mohr, Erna W. 916.
 Molinari, Emil 758.
 Molisch 397, 398.
 Morgan, L. V. 904.
 — T. H. 796.
 Muegge, O. 716.
 Mühlens, P. 1162.
 Müller, A. 492.
 — Carl 43.
 — H. J. 744.
 — K. 171, 927.
 — Kurt Emil 791.
 — Otfried 1137.
 Müller-Pouillet 162.
 Müllers, J. W. 87.
 Munerati, O. 903.
 Murphy, Rober Cushman 843.
 Murray, C. D. 904.
- Naef, Adolf** 89, 445, 472.
 Nagaoka 85.
 Nannfeldt, J. H. 927.
 Negelein, Erwin 439.
 Nernst, Walther 169, 1000.
 Nesper, E. 1034.
 Neuberg, Carl 437, 758, 1182.
 Neumann, K. 825.
 Nicholson, Seth B. 303.
 Nicolle, Ch. 903.
 Nienburg 764.
 Niggli, P. 240, 368, 715.
 Noack, Kurt 383.
 Nocht, B. 1059.
 Noddack, W. 170.
 Nölke 776.
 Nörlund, Poul 746.
 Nolte, O. 838.
 Nordenskiöld, E. 691.
 — O. 724.
 Norton, J. T. 347.
- Oberhoffer, Paul** 806.
 Olbrich, W. 375.
 Oldenberg, Otto 56.
 Oomen, H. A. P. C. 795.
 Oppenheimer, C. 691.
 — J. R. 1282.
 Osborne, H. F. 628.
 Osvald, H. 927.
 Ott, E. 320.
 Ottenheimer, J. 903.
 Overbeck, Fritz 969.

- Palmgren, A. 810.
 Paneth, Fritz 792, 956.
 Pascal, Paul 1016.
 Patow, C. von 896.
 Pauli, W. 918.
 Payne, C. H. 139.
 Payr, E. 717.
 Pax, Ferdinand 507, 643.
 Pearl, R. 628.
 Penck, A. 105, 169, 170, 933.
 Peppler, A. 625.
 — W. 625.
 Peschard, M. 70.
 Peters, Kurt 97, 718, 956.
 Petersen, Alfred 1049.
 — Axel 696.
 — Georg 242.
 — Hans 605.
 Petronievics 652.
 Pettersson, Hans 792, 846, 847.
 — O. 747.
 Pettit, Edison 303, 780.
 Pfeiffer, H. 916.
 — Paul 1100.
 Philipp, Kurt 792, 1203.
 Pia, J. 713.
 Pincussen, L. 691.
 Pivovarsky, E. 144.
 Planck, Max 169, 171, 249.
 Pöschl, Th. 598, 1029.
 Pohl, Robert 214.
 Polanyi, M. 1205.
 Pollitt, Allan A. 596.
 Pompeckj 170.
 Popenoe, Paul 651.
 Posnjak, E. 514.
 Potonié, Robert 714.
 Pouget, J. 55.
 Prandtl, L. 335, 425, 620.
 Prantl, K. 196, 716, 900, 901.
 Pratje, A. 642.
 Pringsheim, E. G. 305, 1035.
 — H. 198.
 Prinzhorn, Hans 933.
 Pruthi 697.
 Przibram, Karl 792.
 Putter, A. 125.
 Quervain, F. de 1147.
 Rabbow, H. 927.
 Rahm, G. 692.
 Rasch 902.
 Rasdorsky 762.
 Raydt, Clara 675.
 Reck, Hans 724.
 Regan, C. Tate 796.
 Regener, Erich 219.
 Reimann, E. 597.
 Reinglass 1002.
 Reis, A. 1114.
 Renner, O. 297.
 Reyher, P. 741.
 Rhijn, P. J. van 277.
 Richter, C. P. 904.
 Richter, F. 889, 1001, 1003.
 — Karl 501.
 — M. 713.
 Riebesell, P. 1032.
 Riemann 878.
 Rietz, G. E. du 518, 811, 927.
 Riezler, Kurt 272.
 Rinne, Friedrich 1283.
 Risbec 280.
 Ritschl, Rudolf 1035.
 Roberts, H. S. 347.
 Robitzsch, M. 778.
 Roeder, G. 577.
 Roehl, W. 1156.
 Rohr, M. von 148, 281, 539, 553.
 Rohrbach, A. 828.
 Romeis, B. 103.
 Rona, Peter 671.
 Rose, Maximilian 1184.
 Rosen, Br. 978.
 Rosenbusch, H. 715, 944.
 Rosenthal, Oscar 717.
 Ross, P. A. 56.
 Roth, H. 720.
 — Walter 596, 1017.
 — Walther A. 467, 667.
 Rothstock, Walther 945.
 Rubner 169.
 Rudolph 986.
 Rudolphi, Hans 724.
 Rübel, E. 504.
 Rühl, Alfred 693.
 Ruff, O. 87, 375.
 Ruggli, P. 806.
 Rumpler, E. 827.
 Runnström, J. 323.
 Rupp, E. 399.
 Russell 52.
 — Bernhard 945.
 Russo, P. 903.
 Ruttner, F. 1237.
 Ruzicka, L. 395.
 Sachs, G. 1219, 1282.
 Salis, Gubert v. 936.
 Salomon-Calvi, Wilhelm 903.
 Sandberg, Marta 87.
 Sapper, Karl 460, 735.
 Satina, S. 279, 743, 904.
 Sauerbruch, F. 1081.
 Schaaf, G. 927.
 Schack, A. 377.
 Schaxel, Julius 916.
 Scheel, Karl 458, 791.
 Scheffer, J. 927.
 Schering, H. 208.
 Schilling, Victor 797, 829.
 Schleede, Arthur 586.
 Schlenk 172.
 Schlesinger, Eugen 390.
 Schlick, Moritz 931.
 Schlumbohm, Peter 97, 718.
 Schmauss, A. 124.
 Schmeil, O. 507.
 Schmid, E. 980.
 — Helene 685.
 Schmid, Jos. 777.
 Schmidkunz, Walter 119.
 Schmidt, A. 511.
 — E. A. W. 620.
 — Erich 1282.
 — G. 375.
 — Julius 668.
 — Hermann 823, 1214.
 — Martin 711.
 — W. J. 692, 765, 770.
 Schnakenbeck, W. 642.
 Schnauder †, G. 701, 725.
 Schneider, G. 691.
 — J. 846.
 — K. 848.
 Schöndorf 87.
 Schott, Gerhard 489, 818, 1284.
 Schrepfer, H. 759.
 Schriel, W. 713.
 Schrödinger, E. 171, 664.
 Schroetter, H. 188.
 Schubert, Joh. 32.
 Schürhoff, P. N. 899.
 Schultze, Karl 807.
 Schulz, O. E. 507.
 Schulze, P. 321, 643.
 Schumacher, G. 771.
 Schwertschlager, Joseph 947.
 Seares, F. H. 496.
 Seashore, C. E. 279.
 Seifert, O. 915.
 Selz, Otto 272.
 Shajn, G. 328.
 Siegel, Carl 739.
 Siegl, Ludwig 845.
 Simon, F. 880.
 Simpson, G. C. 121.
 Simson, Cl. v. 880.
 Singer, Leopold 133.
 Sioli, F. 1160.
 Skinner 145.
 Smekal, Adolf 847.
 Snow 763.
 Soergel, W. 120, 274, 771.
 Sommerfeld, A. 169.
 Sonnefeld, A. 375.
 Sonnenschein, A. Z. 846.
 Sosman, R. B. 514.
 Southall, James P. C. 594.
 Spandl, H. 643.
 Spangenberg, K. 768.
 Spengler, E. 713.
 Sponer, Hertha 275, 356.
 Staehler, A. 1001.
 Stahel, E. 935.
 Stahlberg, Walter 873.
 Standichenko, Taisia 347.
 Stark, P. 984.
 Staub, Walter 821.
 Staudinger, Paul 557.
 Stavenhagen, Alfred 667.
 Steam, A. E. 280.
 — E. W. 280.
 Steffen, H. 927.
 Steinach, E. 847.
 Stepp, Wilhelm 1124.
 Steuer, Ad. 57.
 Stieda, Wilhelm 171.
 Stille, H. 238.
 Stocker 764.
 Störmer, Carl 631.
 Stolze, K. V. 298.
 Storch, O. 643.
 Storer, Tracy J. 744.
 Straub, Walther 1091.
 Strömberg, Elis 141.
 Strohl, J. 841.
 Stromer, E. 353.
 Strong, L. C. 904.
 Struyk, A. P. 882.
 Sturdivant, B. F. 280.
 Stutzer, O. 712.
 Süring, R. 277, 778.
 Suranyi, Julius 757.
 Svedelius, N. 514.
 Swinne, R. 887.
 Tacke, Ida 170.
 Tanabe 143.
 Theodoresco 397.
 Thévenaz, L. 326.
 Thienemann, August 1233.
 Thirring, Hans 111.
 Thomson, E. 346.
 Thoulet, J. 903.
 Tiede, E. 741, 1001.
 Timoféeff-Ressovsky, N. 1188.
 Titius, Arthur 463.
 Titschak, E. 692.
 Tolksdorf, S. 488.
 Touton 397.
 Trautenberg, H. Rausch v. 936.
 Treitel, H. 607.
 Trendelenburg, W. 593.
 Trillat, J.-J. 280.
 Trinker, E. 626.
 Troll, K. 807.
 Trümpler, Robert J. 350.
 Tschuprow, A. A. 369.
 Turner, T. M. 143.
 Twells, R. 347.
 Ubisch, v. 302.
 Ulmer, G. 643.
 Vanino, Ludwig 806.
 Vegard, L. 888.
 Verschuier, von 744.
 Visser, Ph. C. 692.
 Vleck, J. H. van 56.
 Vögler, A. 1044.
 Vogt, C. 1190.
 — O. 1188, 1190.
 Vorländer, D. 806.
 Waetzmann, E. 162.
 Wagner, E. 641, 642, 916.
 Wagner, A. 123.
 Wagner-Jauregg, J. 1141.
 Waldschmidt-Leitz, Ernst 129.
 Walter, B. 670, 794.
 — Heinrich 118.
 Walther, Johannes 573.

- Wangerin, Walther 109, 927.
 Warburg, Otto 167, 439, 1181.
 Warén, H. 516.
 Wasmann, E. 504.
 Wassermann, G. 980.
 Weber 878.
 — A. 880.
 — C. A. 625.
 Wegener, A. 122, 623.
 Wegscheider, M. R. 847.
 Weiss, P. 700.
 Weisschedel, E. 717.
 Welo, Lars A. 1005.
 Wentzel, G. 622.
 Wenzl, Aloys 949.
 Wesenberg-Lund, C. 640, 900.
 Wetzel, K. 812.
 Wever, Franz 1217.
 Weygandt, W. 308.
 Whittaker, E. T. 163, 794.
 Wiechert, E. 623.
 Wien, W. 459.
 Wiesner, B. P. 847, 848.
 Williamson, E. D. 513.
 Williston †, S. W. 640.
 Willstätter, Richard 848, 937.
 Windaus, A. 963.
 Winkler, H. 199.
 Wirtz, C. 967.
 Wisselingh, C. van 900.
 Witmer, E. 966.
 Wohlwill, Emil 1284.
 Wolf, E. 699.
 Wolff 840.
 Wright, W. H. 16, 519.
 Würschmidt, Joseph 142.
 Wussow 601.
 Wynn-Williams, C. E. 71.
 Zahlbruckner, A. 900.
 Zattler, F. 812.
 Ziehen, Theodor 119, 671.
 Zimmermann 169.
 — Josef 846.
 Zocher, H. 171.
 Zsigmondy, R. 691, 767.
 Zweifel, P. 717.

Atomtheorie und Mechanik¹⁾.

Von NIELS BOHR, Kopenhagen.

Die klassischen Theorien.

Die Analyse des Gleichgewichtes und der Bewegung von Körpern bildet nicht nur die Grundlage der Physik, sondern sie hat auch ein reiches Anwendungsgebiet für das mathematische Denken dargeboten, das sich als äußerst fruchtbar erwiesen hat für die Entwicklung der Methoden der reinen Mathematik. Diese Verbindung zwischen Mechanik und Mathematik sehen wir schon in frühester Zeit in den Arbeiten von ARCHIMEDES, GALILEI und NEWTON, in deren Hand die Bildung der zur Analyse der mechanischen Erscheinungen geeigneten Begriffe einen vorläufigen Abschluß erhielt. In der Zeit nach NEWTON geht die Entwicklung der Behandlungsmethoden mechanischer Probleme Hand in Hand mit der Entwicklung der mathematischen Analysis, wobei wir nur an Namen wie EULER, LAGRANGE und LAPLACE zu denken brauchen. Auch die spätere Entwicklung der Mechanik, die auf HAMILTON zurückgeht, geschah in enger Wechselwirkung mit der Ausbildung der mathematischen Methoden, nämlich Variationsrechnung und Invariantentheorie, wie wir es noch in neuester Zeit in den Arbeiten POINCARÉ'S deutlich erkennen.

Die größten Erfolge hat die Mechanik wohl auf dem Gebiet der Astronomie errungen; aber ein äußerst interessantes Anwendungsgebiet ist ihr im Laufe des letzten Jahrhunderts auch in der mechanischen Wärmetheorie entstanden. Nach der von CLAUDIUS und MAXWELL begründeten kinetischen Gastheorie werden die Eigenschaften der Gase in großem Umfang beschrieben als Folge der mechanischen Wechselwirkung der durcheinander fliegenden Atome oder Moleküle. Besonders wollen wir an die von dieser Theorie gelieferte Erklärung der beiden Hauptsätze der Wärmetheorie erinnern. Dabei ergibt sich der erste Hauptsatz als eine unmittelbare Folge des mechanischen Prinzips von der Erhaltung der Energie, während der zweite Hauptsatz, das Entropiegesetz, nach dem Vorgang von BOLZMANN auf das statistische Verhalten einer großen Anzahl mechanischer Systeme zurückgeführt wird. Interessant dabei ist, daß statistische Betrachtungen nicht nur erlaubt haben, das mittlere Verhalten der Atome zu beschreiben, sondern auch die Schwankungserscheinungen, die bei der

Erforschung der Brownschen Bewegung eine unerwartete Möglichkeit ergeben haben, die Atome zu zählen. Für den systematischen Aufbau der statistischen Mechanik, zu dem besonders GIBBS beigetragen hat, lieferte eben die mathematische Theorie der kanonischen Form von Systemen von Differentialgleichungen das geeignete Mittel.

Eine durchgreifende Erweiterung der mechanischen Vorstellungen brachte die Entwicklung der elektromagnetischen Theorien in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts, die den Entdeckungen von ØRSTED und FARADAY folgte. Im Anfang war wohl die MAXWELLSche Elektrodynamik in Anlehnung an Betrachtungen über mechanische Modelle aufgebaut, aber man sah bald die Vorteile ein, die es mit sich bringt, wenn man umgekehrt die mechanischen Vorstellungen auf die elektromagnetische Feldtheorie zurückzuführen versucht. In dieser Theorie werden die Erhaltungssätze dadurch begründet, daß Energie und Impuls in dem die Körper umgebenden Raum lokalisiert gedacht werden. Vor allem aber wird dadurch eine ungezwungene Deutung der Strahlungserscheinungen erreicht. Die Feldtheorie war der direkte Anlaß zur Entdeckung der elektromagnetischen Wellen, die heute in der Technik eine so große Rolle spielen. Ferner bot die von MAXWELL begründete elektromagnetische Lichttheorie eine sinngemäße Grundlage für die Wellentheorie des Lichtes dar, die auf HUYGENS zurückgeht, und erlaubte in Anlehnung an die Atomtheorie eine allgemeine Beschreibung der Entstehung des Lichtes und der beim Durchgang des Lichtes durch Materie sich abspielenden Erscheinungen. Dabei wird angenommen, daß die Atome aus elektrischen Partikeln aufgebaut sind, die Schwingungen um Gleichgewichtslagen ausführen können. Einerseits sind die freien Schwingungen der Partikeln Ursache der Strahlung, deren Konstitution wir in den charakteristischen Spektren der Elemente erkennen. Andererseits sollen die Partikeln vermöge der elektrischen Kräfte in den Lichtwellen in erzwungene Schwingungen geraten, was wieder mit sich bringt, daß das Atom zum Ausgangspunkt sekundärer Wellen wird. Durch die Interferenz der von den einzelnen Atomen kommenden Kugelwellen mit den ursprünglichen Lichtwellen entstehen die wohlbekannten Phänomene der Spiegelung und Brechung des Lichtes. Wenn die Schwingungszahl der auffallenden Wellen nahe mit der Schwingungszahl einer der freien Schwingungen des Atoms übereinstimmt, tritt eine Resonanzwirkung auf, bei welcher die Partikeln in besonders kräftige Mitschwingung geraten. Dadurch erhielt man eine ungezwungene Deutung der Phänomene der Resonanzstrahlung

¹⁾ Dieser Aufsatz gibt im wesentlichen den Inhalt eines Vortrags wieder, der am 30. August 1925 in Kopenhagen bei Gelegenheit des 6. skandinavischen Mathematikerkongresses gehalten wurde. Es ist jedoch zu bemerken, daß die vorliegende Ausarbeitung von der Kenntnisnahme der nach dem Vortrag erschienenen und am Schluß des Aufsatzes erwähnten, inzwischen veröffentlichten wichtigen Arbeit von HEISENBERG nicht unwesentlich beeinflusst worden ist.

und der anomalen Dispersion einer Substanz für Licht, das in der Nähe einer ihrer Spektrallinien liegt. Ebenso wie bei der kinetischen Gasttheorie kommt bei der elektromagnetischen Deutung der optischen Phänomene nicht nur die mittlere Wirkung einer großen Zahl von Atomen in Betracht, sondern bei der Streuung des Lichtes kommt wegen der unregelmäßigen Verteilung der Atome die Wirksamkeit des einzelnen Atoms in einer Weise zum Vorschein, die eine direkte Zählung der Atome zuläßt. So schätzte RAYLEIGH aus der Stärke des gestreuten blauen Himmelslichtes die Anzahl der Atome in der atmosphärischen Luft in befriedigender Übereinstimmung mit der durch PERRIN beim Studium der Brownschen Bewegung ausgeführten Atomzählung.

Die sinngemäße mathematische Darstellung der elektromagnetischen Feldtheorie beruht auf einer Anwendung der Vektoranalysis oder allgemeiner der Tensoranalysis von mehrdimensionalen Mannigfaltigkeiten. Dieses von RIEMANN begründete Wissensgebiet lieferte die geeigneten Mittel zur Formulierung von EINSTEINS Relativitätstheorie, welche Begriffe einführt, die über die GALILEISCHE Kinematik hinausgehen, und welche wohl als der natürliche Abschluß der klassischen Theorien angesehen werden darf.

Die Quantentheorie.

Trotz aller genannten Erfolge der Anwendung mechanischer und elektrodynamischer Vorstellungen auf die Atomtheorie sollte doch die folgende Entwicklung tiefe innere Schwierigkeiten offenbaren. Wenn man in diesen Theorien zutreffende Kenntnisse über die Wärmebewegung sowie über die an Bewegung geknüpfte Strahlung besaß, so müßten die allgemeinen Gesetze der Wärmestrahlung einer direkten Deutung zugänglich sein. Gegen alles Erwarten zeigte sich jedoch, daß eine auf einer solchen Grundlage angestellte Berechnung keineswegs imstande war, die Beobachtungen über diese Gesetze zu erklären. Darüber hinausgehend zeigte PLANCK, unter Wahrung der BOLZMANNschen Deutung des zweiten Hauptsatzes der Wärmetheorie, daß die Gesetze der Wärmestrahlung ein der klassischen Theorie fremdartiges Element von Diskontinuität bei der Beschreibung atomarer Prozesse verlangten. PLANCKS Entdeckung bestand darin, daß beim statistischen Verhalten von Teilchen, die um Gleichgewichtslagen harmonische Schwingungen ausführen, nur solche Schwingungszustände heranzuziehen waren, deren Energie ein Vielfaches eines „Quantums“ ωh beträgt, wo ω die Schwingungszahl der Teilchen und h eine universelle Konstante, das sog. PLANCKsche Wirkungsquantum bedeutet. Die genauere Formulierung des Inhaltes der Quantentheorie scheint aber eine äußerst schwierige Aufgabe, wenn man bedenkt, daß alle Begriffe der bisherigen Theorien auf Vorstellungen zurückgehen, die die Möglichkeit von kontinuierlichen Änderungen verlangen. Diese Schwierigkeit wurde besonders unterstrichen

durch die bedeutungsvollen Untersuchungen von EINSTEIN, nach denen wesentliche Züge der Wechselwirkung zwischen Licht und Materie scheinbar verlangen, daß die Fortpflanzung des Lichtes nicht durch Ausbreitung von Wellen geschieht, sondern durch „Lichtquanten“, die innerhalb eines kleinen Raumgebietes konzentriert, die Energie $h\nu$ enthalten, wo ν die Schwingungszahl des Lichtes ist. Der formelle Charakter dieser Aussage leuchtet schon deswegen ein, weil die Definition und Messung dieser Schwingungszahl ausschließlich auf der Wellenvorstellung beruht.

Die Bausteine der Atome.

Die besprochene Unzulänglichkeit der klassischen Theorien wurde durch die Entwicklung unserer Vorstellungen vom Atombau in ein helles Licht gerückt. Es bestand früher die Hoffnung, daß diese Vorstellungen sich allmählich ausbilden ließen durch die Analyse der Eigenschaften der Elemente in Anlehnung an die klassischen Theorien, die sich in so weitem Umfang bewährt hatten. Diese Hoffnung war kurz vor der Geburt der Quantentheorie besonders gestützt worden durch ZEEMANS Entdeckung der Wirkung magnetischer Felder auf Spektrallinien. Wie LORENTZ zeigen konnte, entspricht in vielen Fällen diese Wirkung gerade demjenigen Einfluss magnetischer Kräfte auf die Bewegung schwingender elektrischer Teilchen, die nach der klassischen Elektrodynamik zu erwarten wäre. Zumal erlaubte diese Deutung des Zeemaneffektes Schlüsse über die Natur der schwingenden Teilchen zu ziehen, die in schönster Übereinstimmung waren mit den experimentellen Entdeckungen von LENARD und THOMSON auf dem Gebiet der Gasentladungen, bei welchen leichte negative Partikel, die Elektronen, als gemeinsame Bausteine aller Atome erkannt wurden. Allerdings bereitete der sog. „anomale“ Zeemaneffekt mancher Spektrallinien den klassischen Theorien tiefliegende Schwierigkeiten, ähnlich denen, die auftraten bei den Versuchen, mit Hilfe von elektrodynamischen Modellen die einfachen empirischen Gesetzmäßigkeiten der Schwingungszahlen der Spektren zu deuten, die durch die Arbeiten von BALMER, RYDBERG und RITZ ans Licht gebracht waren. Besonders mußte eine Deutung der Spektralgesetze schwerlich vereinbar erscheinen mit der Schätzung der Anzahl der Elektronen im Atom, wie sie THOMSON aus Beobachtungen über Zerstreuung von Röntgenstrahlen in einfacher Anlehnung an die klassische Theorie erzielen konnte.

Während diese Schwierigkeiten eine Zeitlang auf unsern Mangel von Kenntnis des Ursprungs der Kräfte, die die Elektronen im Atom festhalten, geschoben werden konnten, wurde die Sachlage völlig geändert durch die experimentellen Entdeckungen auf dem Gebiete der Radioaktivität, welche neue Mittel zur Erforschung der Atomstruktur in die Hand gab. So konnte RUTHERFORD aus den Versuchen über den Durchgang der von radioaktiven Substanzen ausgeschleuderten Teil-

chen durch Materie eine überzeugende Begründung für die Vorstellung des Kernatoms erzielen. Nach dieser Vorstellung ist der Träger des größten Teiles der Masse des Atoms ein positiv geladener Kern, dessen Dimensionen außerordentlich klein gegenüber den Dimensionen des ganzen Atoms sind. Um den Kern bewegen sich eine Anzahl von leichteren negativ geladenen Elektronen. Das Problem des Atombaus erhielt in dieser Weise eine weitgehende Ähnlichkeit mit den Problemen der Himmelsmechanik. Eine nähere Untersuchung zeigt aber bald, daß nichtsdestoweniger zwischen einem Atom und einem Planetensystem eine grundsätzliche Verschiedenheit besteht. Vom Atom müssen wir nämlich eine Stabilität fordern, die einen der mechanischen Theorie gänzlich fremdartigen Zug darstellt. So lassen die mechanischen Gesetze eine kontinuierliche Variation der möglichen Bewegungen zu, die mit der Bestimmtheit der Eigenschaften der Elemente durchaus unverträglich ist. Die Verschiedenheit eines Atoms von einem elektrodynamischen Modell tritt auch deutlich hervor, wenn man nach der Konstitution der ausgesandten Strahlung fragt; denn für Modelle der betrachteten Art, wo die charakteristischen Frequenzen der Bewegung kontinuierlich mit der Energie variieren, wird die Schwingungszahl der Strahlung nach der klassischen Theorie sich während der Ausstrahlung kontinuierlich ändern und also gar keine Ähnlichkeit besitzen mit den Linienspektren der Elemente.

Quantentheorie des Atombaus.

Das Suchen nach einer Präzisierung der Begriffe der Quantentheorie, welche imstande wäre, über die genannten Schwierigkeiten hinwegzukommen, führte nun zur Aufstellung folgender Postulate:

1. Ein Atomsystem besitzt eine gewisse Mannigfaltigkeit von Zuständen, die „stationären Zustände“, welchen im allgemeinen eine diskrete Reihe von Energiewerten entspricht, und welche eine eigentümliche Stabilität besitzen, die darin zum Ausdruck kommt, daß jede Änderung der Energie des Atoms in einer Überführung des Atoms von einem stationären Zustand zu einem anderen bestehen muß.

2. Die Möglichkeit von Emission oder Absorption von Strahlung seitens des Atoms ist gebunden an die Möglichkeit von Energieänderungen des Atoms, derart, daß die Frequenz der Strahlung mit der Energiedifferenz zwischen Anfangs- und Endzustand durch die formale Beziehung $h\nu = E_1 - E_2$ verbunden ist.

Diese Postulate, die sich einer Deutung mittels der klassischen Vorstellungen entziehen, scheinen eine geeignete Grundlage für die allgemeine Beschreibung der physikalischen und chemischen Eigenschaften der Elemente darzubieten. Im besonderen findet durch sie ein grundsätzlicher Zug der empirischen Gesetzmäßigkeit der Spektren eine unmittelbare Deutung. Dieser Zug, das RITZsche „Kombinationsprinzip der Spektrallinien“,

besagt, daß die Schwingungszahl jeder Linie in einem Spektrum dargestellt werden kann durch die Differenz zweier Terme aus einer Mannigfaltigkeit von Spektraltermen, die für das betreffende Element charakteristisch ist. Wir sehen nämlich, daß diese Terme identifiziert werden können mit den durch h dividierten Energiewerten der stationären Zustände des Atoms. Außerdem liefert diese Deutung des Ursprungs der Spektren eine unmittelbare Erklärung für den charakteristischen Unterschied zwischen Absorptions- und Emissionsspektren. Denn nach den Postulaten ist die Bedingung für selektive Absorption von Strahlung einer Schwingungszahl, die der Kombination zweier Terme entspricht, die, daß das Atom sich im Zustande kleinerer Energie befindet, während es sich bei Emission solcher Strahlung im Zustand größerer Energie befinden muß. Überhaupt ist die geschilderte Auffassung in engster Übereinstimmung mit den experimentellen Ergebnissen über die Anregung von Spektren. Besonders tritt dies hervor bei der Entdeckung von FRANCK und HERTZ, wonach bei Stößen zwischen freien Elektronen und Atomen eine Energieübertragung von Elektron auf Atom nur in Beträgen stattfinden kann, die eben gleich sind den aus den Spektraltermen berechneten Energiedifferenzen der stationären Zustände. Dabei wird im allgemeinen das Atom zugleich zum Ausstrahlen angeregt. Ebenso kann nach den Ausführungen von KLEIN und ROSSELAND das angeregte Atom durch Stoß seine Strahlungsfähigkeit verlieren, wobei das stoßende Elektron einen entsprechenden Energiezuwachs bekommt.

Quantentheorie der Strahlung.

Wie EINSTEIN gezeigt hat, bieten ferner die Postulate eine geeignete Grundlage dar für eine konsequente Behandlung statistischer Probleme, besonders für eine äußerst durchsichtige Herleitung der PLANCKschen Wärmestrahlungsformel. Bei dieser Theorie wird angenommen, daß ein Atom, das einen Übergangsprozeß zwischen 2 stationären Zuständen ausführen kann und sich im oberen Zustand befindet, eine gewisse nur vom Atom abhängige „Wahrscheinlichkeit“ besitzt, innerhalb eines gegebenen Zeitintervalls spontan in den unteren Zustand überzugehen. Weiter wird angenommen, daß eine äußere Bestrahlung mit der dem Übergang entsprechenden Schwingungszahl im Atom eine der Intensität der Strahlung proportionale Wahrscheinlichkeit hervorruft, vom unteren Zustand zum oberen zu gehen. Auch ist ein wesentlicher Zug der Theorie, daß die Bestrahlung mit dieser Frequenz dem Atom im oberen Zustand außer der spontanen noch eine induzierte Wahrscheinlichkeit erteilt, nach unten zu gehen. Gleichzeitig damit, daß die EINSTEINSche Wärmestrahlungstheorie eine Stütze für die Postulate bietet, wird durch sie der formale Charakter der Frequenzbedingung besonders unterstrichen. Aus den Forderungen des vollständigen Wärmegleichgewichts

folgt EINSTEIN nämlich, daß jeder Absorptions- und Emissionsprozeß einen Umsatz von Bewegungsgröße mit sich führt vom Betrag $h\nu/c$, wo c die Lichtgeschwindigkeit ist; genau so, wie es der Vorstellung von Lichtquanten entsprechen würde. Die Bedeutung dieses Schlusses ist in überaus interessanter Weise betont worden durch die Entdeckung von COMPTON, daß die Streuung homogener Röntgenstrahlen mit einer von der Beobachtungsrichtung abhängigen Änderung der Schwingungszahlen in der gestreuten Strahlung begleitet ist. Eine solche Frequenzänderung folgt einfach aus der Lichtquantentheorie, wenn man bei der Änderung der Fortpflanzungsrichtung des Quants sowohl die Erhaltung von Impuls wie Energie in Rechnung setzt.

Um den sich immer verschärfenden Gegensatz zwischen der Wellentheorie des Lichtes, die für die Beschreibung der optischen Phänomene scheinbar unentbehrlich ist, und der Lichtquantentheorie, die so viele wesentliche Züge der Wechselwirkung zwischen Licht und Stoff zwanglos wiedergibt, zu beheben, konnte man zu der Vermutung geneigt sein, daß das Versagen der klassischen Theorien sich sogar auf die Gültigkeit der Erhaltungssätze der Bewegungsgröße und der Energie erstreckte. Diesen Gesetzen, welche in der klassischen Theorie eine so zentrale Stelle einnehmen, dürfte so bei der Beschreibung atomarer Prozesse nur eine statistische Gültigkeit zukommen. Daß diese Vermutung keinen befriedigenden Ausweg darstellt, folgt aber aus Versuchen über die Streuung von Röntgenstrahlen, die neuerdings angestellt worden sind, mittels der schönen Methoden, die eine direkte Beobachtung der Einzelprozesse erlauben. So haben GEIGER und BOTHE zeigen können, daß die Rückstoß- und Photoelektronen, die die Entstehung und Absorption der Streustrahlung begleiten, in Paaren zusammengekoppelt sind, in einer Weise, die durchaus dem Bild der Lichtquantentheorie entspricht. Mittels der Methode der WILSONschen Nebelkammer ist es ferner COMPTON und SIMON gelungen, außer dieser Paarung auch den von der Lichtquantentheorie verlangten Zusammenhang der Richtung, in welcher die Wirkung der Streustrahlung beobachtet wird und der Geschwindigkeitsrichtung der die Streuung begleitenden Rückstoßelektronen nachzuweisen. Aus diesen Ergebnissen darf man wohl entnehmen, daß es bei dem allgemeinen Problem der Quantentheorie sich nicht um eine auf Grundlage der gewöhnlichen physikalischen Begriffe beschreibbare Abänderung der mechanischen und elektrodynamischen Theorien handelt, sondern um ein tiefgehendes Versagen der raumzeitlichen Bilder, mittels welcher man bisher die Naturerscheinungen zu beschreiben versuchte. Dieses Versagen kommt auch deutlich zutage bei näherer Betrachtung der Stoßerscheinungen. Besonders für Stöße, bei denen die Stoßdauer kurz ist gegenüber den Perioden der Eigenschwingungen der Atome, und für die nach den gewöhnlichen mechanischen Vorstellungen besonders einfache Resultate zu er-

warten wären, sieht man ein, daß das Postulat der stationären Zustände unvereinbar ist mit jeglicher raumzeitlicher Beschreibung des Stoßvorganges, die sich auf unsere Vorstellungen des Atombaus stützt¹⁾.

Das Korrespondenzprinzip.

Ungeachtet dieses Sachverhaltes hat es sich jedoch als möglich erwiesen, mechanische Bilder der stationären Zustände zu konstruieren, die auf der Vorstellung des Kernatoms beruhen, und die bei der Deutung der spezifischen Eigenschaften der Elemente von erheblichem Nutzen gewesen sind. Im einfachsten Fall von einem Atom mit nur einem Elektron wie das neutrale Wasserstoffatom würde nach der klassischen Mechanik die Bahn des Elektrons den KEPLERSchen Gesetzen entsprechend eine geschlossene Ellipse sein, deren große Achse und Umlaufzahl in einfacher Weise mit der zur völligen Trennung der Atomteilchen notwendigen Arbeit zusammenhängen. Indem nun die Spektraltermen des Wasserstoffspektrums als eben für diese Arbeit maßgebend angesehen werden, erblicken wir in diesem Spektrum Zeugnis von einem stufenweisen Prozeß, bei dem das Elektron unter Ausstrahlung allmählich fester gebunden wird, in Zuständen die durch Bahnen mit immer kleineren Dimensionen veranschaulicht sind. Wenn das Elektron möglichst fest gebunden ist und das Atom daher keine weitere Strahlung aussenden kann, ist der Normalzustand des Atoms erreicht. Die Bahndimensionen, die aus den Spektraltermen geschätzt werden, nehmen für diesen Zustand Werte an, die von derselben Größenordnung sind wie die aus den mechanischen Eigenschaften der Elemente ermittelten Atomdimensionen. Dem Wesen der Postulate nach sind jedoch die Merkmale der mechanischen Bilder wie Umlaufzahl und Gestalt der Elektronenbahn der direkten Beobachtung nicht zugänglich. Besonders der Umstand, daß vom Normalzustand keine Strahlung stattfindet, obwohl dem Elektron auch in diesem Zustand eine Bewegung zugeschrieben wird, steht in so schroffem Gegensatz zu den Forderungen der elektromagnetischen Theorie, daß der symbolische Charakter jener Bilder wohl nicht stärker unterstrichen werden könnte.

Nichtsdestoweniger ist die betreffende Veranschaulichung der stationären Zustände durch mechanische Bilder dazu geeignet gewesen, eine tiefliegende Analogie zwischen der Quantentheorie und der klassischen Theorie zutage zu bringen. Dieser Analogie kam man auf die Spur durch eine Untersuchung der Verhältnisse im Anfang des beschriebenen Bindungsprozesses, wo die den aufeinanderfolgenden stationären Zuständen zugeordneten Bewegungen verhältnismäßig wenig voneinander abweichen. Hier zeigte es sich nämlich

¹⁾ Für eine nähere Diskussion dieser Probleme wird auf eine kürzlich erschienene Abhandlung des Verfassers (Zeitschr. f. Phys. 34, 142. 1925) verwiesen; vgl. besonders die Nachschrift.

möglich, eine asymptotische Übereinstimmung zwischen Spektrum und Bewegung nachzuweisen. Diese Übereinstimmung stellt eine quantitative Beziehung her, durch welche die Konstante der Balmerformel des Wasserstoffspektrums mittels der PLANCKSchen Konstante und den Werten der Ladung und Masse des Elektrons ausgedrückt wird. Die weitgehende Gültigkeit jener Beziehung wurde durch die nachfolgende Prüfung der Voraussetzungen der Theorie betreffs der Abhängigkeit des Spektrums von der Kernladung bestätigt. Das letztere Resultat kann als der erste Schritt zur Erfüllung eines Programmes angesehen werden, das durch den Begriff des Kernatoms veranlaßt ist, nämlich die Beziehungen zwischen den Eigenschaften der Elemente allein mit Hilfe der ganzen Zahl zu erklären, die die Anzahl der Elementarladungen des Kerns angibt, der sogenannten „Ordnungszahl“.

Die Feststellung der asymptotischen Übereinstimmung zwischen Spektrum und Bewegung gab Anlaß zur Aufstellung des „Korrespondenzprinzips“, nach welchem die Möglichkeit jedes durch Ausstrahlung veranlaßten Überförungsprozesses durch das Vorhandensein einer entsprechenden harmonischen Komponente in der Bewegung des Atoms bedingt wird. Nicht nur stimmt dabei die Schwingungszahl der korrespondierenden harmonischen Komponente mit der nach der Frequenzbedingung ermittelten Schwingungszahl asymptotisch überein in der Grenze, wo die Energiewerte der stationären Zustände sich zusammenhäufen, sondern die Amplituden der mechanischen Schwingungskomponenten geben in dieser Grenze auch ein asymptotisches Maß für die Wahrscheinlichkeit der Überförungsprozesse, von der die Intensität der beobachtbaren Spektrallinien abhängt. Das Korrespondenzprinzip ist ein Ausdruck für die Bestrebung, ungeachtet des grundsätzlichen Gegensatzes zwischen den Postulaten der Quantentheorie und den klassischen Theorien, jeden Zug dieser Theorien bei dem Ausbau der Quantentheorie in sinngemäßer Umdeutung zu verwerten.

Die Quantisierungsregeln.

Die Entwicklung wurde wesentlich dadurch gefördert, daß es möglich schien, gewisse allgemeine Gesetze, die „Quantisierungsregeln“ anzugeben, mittels derer die den stationären Zuständen eines Atoms zugeordneten mechanischen Bewegungen aus der kontinuierlichen Mannigfaltigkeit solcher Bewegungen auszuwählen wären. Diese Regeln beziehen sich auf Atomsysteme, für welche die Lösung der mechanischen Bewegungsgleichungen einfach- oder mehrfach-periodischen Charakter besitzen, d. h. für die die Bewegung jedes Teilchens sich als eine Überlagerung diskreter harmonischer Schwingungen darstellen läßt. Die Quantisierungsregeln, die als sinngemäße Verallgemeinerungen des ursprünglichen PLANCKSchen Ansatzes für die möglichen Energiewerte eines har-

monischen Oszillators angesehen wurden, besagen, daß gewisse Wirkungskomponenten, die die Lösung der mechanischen Bewegungsgleichungen kennzeichnen, ganzzahligen Multiplen der PLANCKSchen Konstante gleichgesetzt werden sollen. Mittels dieser Regeln wird eine Klassifikation der Mannigfaltigkeit von stationären Zuständen erreicht, in welcher jedem Zustand eine Anzahl ganzer Zahlen, die „Quantenzahlen“, zugeordnet ist. Diese Anzahl ist dem Periodizitätsgrad der mechanischen Bewegung gleich. Bei der Formulierung der Quantisierungsregeln ist die moderne Entwicklung der mathematischen Behandlung mechanischer Probleme von ausschlaggebender Bedeutung gewesen. Wir erinnern nur an die besonders von SOMMERFELD herangezogene Theorie der Phasenintegrale, sowie die von EHRENFEST betonte Eigenschaft der adiabatischen Invarianz dieser Integrale. Die Theorie fand eine allgemeine und überaus elegante Darstellung durch Einführung der auf STÄCKEL zurückgehenden Uniformisierungsvariablen. In dieser Darstellung treten die für die Periodizitätseigenschaften der mechanischen Lösung maßgebenden Grundfrequenzen auf als die partiellen Differentialquotienten der Energie in bezug auf die zu quantisierenden Wirkungskomponenten, woraus unmittelbar folgt, daß die von dem Korrespondenzprinzip geforderte asymptotische Verbindung zwischen der Bewegung und dem nach der Frequenzbedingung berechneten Spektrum erfüllt ist.

Mittels der Quantisierungsregeln bekamen viele feinere Einzelheiten der Spektren scheinbar eine sinngemäße Deutung. Von besonderem Interesse war SOMMERFELDS Nachweis, daß die Rücksichtnahme auf die kleinen Abweichungen von einer Keplerbewegung, welche der von der Relativitätstheorie geforderten Modifikation der NEWTONschen Mechanik entsprechen würden, eine Erklärung der Feinstruktur der Wasserstofflinien darbot. Weiter möchten wir hier an die von EPSTEIN und von SCHWARZSCHILD gegebene Erklärung der von STARK entdeckten Aufspaltung der Wasserstofflinien unter Einfluß eines äußeren elektrischen Feldes erinnern. Es handelt sich hier um ein mechanisches Problem, das in den Händen von Mathematikern wie EULER und LEGENDRE eine immer verfeinerte Behandlung erhielt, bis JACOBI seine berühmte elegante Lösung mittels der HAMILTONSchen partiellen Differentialgleichung angab. Besonders nach der Heranziehung des Korrespondenzprinzips — wodurch nicht nur die Polarisierung, sondern, wie KRAMERS zeigen konnte, auch die eigentümliche Intensitätsverteilung der Komponenten des Starkeffektes eine Deutung erhielt — können wir sagen, daß in diesem Effekte jeder Zug der JACOBISchen Lösung wiederzuerkennen ist, obwohl in quantentheoretischer Verkleidung. In dieser Verbindung ist es auch von Interesse zu erwähnen, daß mit Hilfe des Korrespondenzprinzips eine Behandlung des Problems der Wirkung eines magnetischen Feldes auf das Wasser-

stoffatom erzielt werden konnte, die eine weitgehende Ähnlichkeit aufweist mit der auf LORENTZ zurückgehenden Deutung des Zeemaneffektes mit Hilfe der klassischen Elektrodynamik, besonders in der von LARMOR gegebenen Form.

Stabilität des Atombaus.

Während die zuletzt genannten Probleme direkte Anwendungen der Quantisierungsregeln für Periodizitätssysteme darbieten, treffen wir beim Problem des Baus von Atomen mit mehreren Elektronen Fälle, wo die allgemeine Lösung des mechanischen Problems nicht die Periodizitätseigenschaften besitzt, die für eine Veranschaulichung der stationären Zustände mittels mechanischer Bilder erforderlich scheinen. Es liegt aber nahe, die noch engere Begrenzung der Anwendbarkeit mechanischer Bilder bei dem Studium der Eigenschaften von Atomen mit mehreren Elektronen, verglichen mit Atomen, die nur ein Elektron enthalten, in direkte Verbindung mit dem Postulat der Stabilität der stationären Zustände zu bringen. Denn das Wechselspiel der Elektronen im Atom führt uns ein Problem vor Augen, das durchaus dem Problem des Zusammenstoßes eines Atoms mit einem freien Elektron analog ist. Ebenso, wie für die Stabilität des Atoms beim Stoß keine mechanische Begründung gegeben werden kann, müssen wir annehmen, daß schon bei der Frage der Beschreibung der stationären Zustände des Atoms die besondere Rolle, die jedes Elektron im Wechselspiel mit den anderen Elektronen spielt, in durchaus unmechanischer Weise gesichert ist.

Diese Auffassung ist in allgemeiner Übereinstimmung mit den spektroskopischen Beobachtungen. Ein wichtiger Zug derselben ist der RYDBERGSche Befund, daß trotz des mehr verwickelten Baus der Spektren anderer Elemente verglichen mit dem des Wasserstoffs, dieselbe Konstante wie in der BALMERSchen Formel in den empirischen Formeln der Serienspektren aller Elemente auftritt. Dieser Befund wird einfach dadurch gedeutet, daß wir in den Serienspektren stufenweise Prozesse erblicken, bei denen ein Elektron an das Atom angelagert und unter Ausstrahlung fester und fester gebunden wird. Während die Bindungsart der übrigen Elektronen unverändert bleibt, wird die Bindung dieses Elektrons durch Bahnen veranschaulicht, welche zuerst, verglichen mit gewöhnlichen Atomdimensionen, groß sind, und die kleiner und kleiner werden, bis der Normalzustand des Atoms erreicht ist. In dem Falle, wo das Atomion, von dem das Elektron eingefangen wird, eine einfache Ladung trägt, sehen wir ein, daß nach diesem Bilde die Anziehung, der das Elektron im Anfang des Prozesses ausgesetzt ist, nahe mit den Anziehungskräften der Teilchen im Wasserstoffatom zusammenfällt. Wir verstehen daher, daß die Spektraltermine, die für die Bindungsstärke maßgebend sind, eine asymptotische Übereinstimmung mit den Wasserstofftermen zeigen. Durch eine entsprechende Überlegung bekommt

man ein unmittelbares Verständnis der besonders durch die Arbeiten FOWLERS und PASCHENS klargelegten allgemeinen Abhängigkeit eines Serienspektrums von dem Ladungszustand des emittierenden Atoms. Ein charakteristischer Beleg für die Art, in welcher die Elektronen im Atom gebunden sind, wird auch durch das Studium der Röntgenspektren geliefert. Einerseits ist die grundlegende Entdeckung MOSELEYS der auffallenden Ähnlichkeit der Röntgenspektren der Elemente mit dem Spektrum, das der Bindung eines einzelnen Elektrons an den Kern entspricht, einfach zu deuten, wenn man beachtet, daß im Innern der Atome der Einfluß des Kerns auf die Bindungsart jedes einzelnen Elektrons im Vergleich zu der gegenseitigen Beeinflussung der Elektronen überwiegend ist. Andererseits zeigen die Röntgenspektren gewisse charakteristische Unterschiede gegenüber den Serienspektren. Diese rühren davon her, daß wir in den ersteren nicht die Hinzufügung eines weiteren Elektrons zum Atom vor uns haben, sondern die Reorganisierung der Bindungsweise der übrigen Elektronen bei Entfernung eines von ihnen. Diesen Umstand, der besonders von KOSSEL hervorgehoben wurde, war geeignet, eine Reihe neuer Züge der Stabilität der Atome ans Licht zu bringen.

Feinere Analyse der Spektren.

Für eine Deutung der feineren Einzelheiten der Spektra ist natürlich ein näheres Studium der Wechselwirkung der Elektronen erforderlich. Ein Angriff auf dies Problem wurde gemacht, indem man, von einer strengen Anwendung der Mechanik absehend, jedem Elektron eine Bewegung von solchen Periodizitätseigenschaften zuschrieb, daß eine Klassifizierung der Spektraltermine mittels Quantenzahlen möglich wurde. Besonders in den Händen von SOMMERFELD fand eine Anzahl von Gesetzmäßigkeiten auf diese Weise eine einfache Deutung. Derartige Betrachtungen boten auch ein fruchtbares Anwendungsgebiet für das Korrespondenzprinzip. In der Tat gab dieses Verständnis für die merkwürdigen Beschränkungen der Kombinationsmöglichkeiten der Spektraltermine die „Auswahlregeln“ der Spektrallinien. Neuerdings ist es dann auch möglich geworden, aus dem Beobachtungsmaterial der Serien- sowie der Röntgenspektren Schlüsse über die Anordnung der Elektronen im Normalzustand des Atoms zu ziehen, welche eine Deutung der allgemeinen Gesetzmäßigkeiten des periodischen Systems der Elemente zulassen, die den Vorstellungen von der chemischen Wirksamkeit der Atome entspricht, so wie sie besonders von J. J. THOMSON, KOSSEL und G. N. LEWIS entwickelt worden sind. Der Fortschritt auf diesem Gebiet ging Hand in Hand mit der großen Bereicherung des spektroskopischen Materials während der letzten Jahre. Durch die Untersuchungen von LYMAN und MILLIKAN ist die Lücke beinahe überbrückt worden zwischen den optischen Spektren und dem Gebiet der Röntgenstrahlen, wo eben in diesen Jahren durch SIEGBAHN

und seine Mitarbeiter so große Fortschritte erzielt worden sind. In dieser Verbindung sollten die Arbeiten von COSIER über die Röntgenspektren schwerer Elemente erwähnt werden, durch die eine schöne Stütze für die Deutung wesentlicher Züge des periodischen Systems geliefert wurde.

Die Analyse des feineren Baus der Spektren sollte jedoch eine Anzahl von Einzelheiten zutage bringen, die sich mit Hilfe mechanischer Bilder auf Grund der Quantisierungsregeln für Periodizitätssysteme nicht deuten ließen. Wir denken hier besonders an die Multiplettstruktur der Spektrallinien und die Wirkungen magnetischer Felder auf diese Strukturen. Diese letzteren Wirkungen, die man allgemein als anomale Zeemaneffekte bezeichnet, und die, wie früher erwähnt, schon der klassischen Theorie Schwierigkeiten bereiteten, fügten sich zwar ungezwungen in das Schema der Grundpostulate der Quantentheorie ein, indem, wie LANDÉ zeigte, die Aufspaltungskomponenten der Linien als Kombinationen der vom Magnetfelde zerlegten Spektraltermen dargestellt werden können. Die schönen Versuche von STERN und GERLACH, wodurch eine unmittelbare Verbindung nachgewiesen wurde zwischen der Kraft, die an einem Atom im inhomogenen magnetischen Felde angreift, und den aus den zerlegten Spektraltermen berechneten Energiewerten der stationären Zustände im Felde, durften sogar als eine Hauptstütze der Grundvorstellungen der Quantentheorie anzusehen sein. LANDÉs Analyse der Aufspaltungsterme sollte aber zugleich eine grundsätzliche Verschiedenheit zwischen dem Wechselspiel der Elektronen im Atom und der Koppelung von mechanischen Systemen offenbaren. Diese Sachlage konnte so ausgedrückt werden, daß das Wechselspiel der Elektronen einen mechanisch unbeschreibbaren „Zwang“ enthielt, der eine eindeutige Zuordnung von Quantenzahlen in Anlehnung an die Quantisierungsregeln für Periodizitätssysteme ausschließt¹⁾. Für die Diskussion war eine von EHRENFEST hergeleitete allgemeine Bedingung der thermodynamischen Stabilität wesentlich, die, auf die Postulate der Quantentheorie angewandt, besagt, daß das einem stationären Zustand zugeteilte statistische Gewicht eine Größe ist, die durch eine kontinuierliche Transformation des Atomsystems nicht geändert wird. Übrigens führte diese Bedingung, wie unlängst erkannt wurde, schon bei Atomen mit nur einem Elektron zu Schwierigkeiten, die auf eine Begrenzung der Gültigkeit der Theorie der Periodizitätssysteme hinwiesen. Das Problem der Bewegung von Punktladungen enthält nämlich unter

seinen Lösungen auch singuläre, die aus der Mannigfaltigkeit der stationären Zustände ausgeschlossen werden mußten. Dieser Ausschluß begrenzte die Quantisierungsregeln künstlich, aber diese Begrenzung war zunächst nicht im offenen Widerspruch mit dem experimentellen Material. Schwierigkeiten von besonders ernster Natur wurden jedoch ans Licht gebracht durch die interessante Analyse von KLEIN¹⁾ und LENZ²⁾ über das Problem des Wasserstoffatoms in gekreuzten elektrischen und magnetischen Feldern. Hier war es unmöglich, EHRENFESTs Bedingung zu befriedigen, da eine geeignete Veränderung der äußeren Kräfte Bahnen, die nicht immer aus der Mannigfaltigkeit der stationären Zustände ausgeschlossen werden konnten, in Bahnen transformierte, bei denen das Elektron in den Kern fällt.

Ungeachtet der oben erwähnten Schwierigkeiten sollte die Analyse der feineren Einzelheiten der Spektren die quantentheoretische Deutung der Gesetze der Verwandtschaft der Elemente wesentlich fördern. So haben DAUVILLIER³⁾, MAIN SMITH⁴⁾ und STONER⁵⁾ eine nähere Ausführung der Ideen betreffend die Anordnung der Elektronen in Untergruppen, zu welcher die Quantentheorie geführt hat, vorgeschlagen auf Grund einer Reihe von Tatsachen verschiedener Art. Trotz ihrer formalen Natur zeigen diese Betrachtungen eine enge Verbindung mit den spektralen Gesetzmäßigkeiten, die durch die LANDÉsche Analyse aufgedeckt wurden. Auf diesem Weg sind neuerdings besonders von PAULI⁶⁾ vielversprechende Resultate gewonnen worden. Obwohl die so erhaltenen Resultate einen wichtigen Schritt zur Erfüllung des erwähnten Programmes darstellen, die Eigenschaften der Elemente allein auf Grund der Ordnungszahl zu erklären, muß man jedoch bedenken, daß sie keine eindeutige Zuordnung zu mechanischen Bildern zulassen.

Quantentheorie der optischen Phänomene.

Ein neues Stadium in der Entwicklung der Quantentheorie ist in den letzten Jahren durch das nähere Studium der optischen Phänomene eingeleitet worden. Während, wie genannt, die klassische Theorie auf diesem Gebiete so große Erfolge aufweisen konnte, gaben die Postulate zunächst keinen direkten Anhaltspunkt. Aus der Erfahrung konnte man zwar schließen, daß ein Atom bei Bestrahlung eine Streuung des Lichtes verur-

¹⁾ Vgl. einen Artikel des Verfassers, Ann. d. Phys. 71, 228. 1923, wo man einen allgemeinen Überblick über die Resultate findet, die durch die Versuche, die Spektrallinien der Elemente auf Grund mechanischer Bilder der stationären Zustände zu deuten, gewonnen worden sind. Da in diesem Artikel nähere Hinweise auf die frühere Literatur zu finden sind, beschränken wir uns hier darauf, Arbeiten zu zitieren, die seitdem erschienen sind.

¹⁾ O. KLEIN, Zeitschr. f. Phys. 22, 109. 1924.

²⁾ W. LENZ, Zeitschr. f. Phys. 24, 147. 1924.

³⁾ A. DAUVILLIER, C. R. 177, 476. 1924.

⁴⁾ J. D. MAIN SMITH, Journ. of chem. ind. 43, 323. 1924.

⁵⁾ E. C. STONER, Philosoph. mag. 48, 719. 1924.

⁶⁾ W. PAULI jr., Zeitschr. f. Phys. 31, 765. 1925. Siehe auch H. N. RUSSELL und F. A. SAUNDERS, Astrophys. Journ. 61, 38. 1925; S. GOUDSMIT, Zeitschr. f. Phys. 32, 794. 1925; W. HEISENBERG, Zeitschr. f. Phys. 32, 841. 1925; F. HUND, Zeitschr. f. Phys. 33, 345; 34, 290. 1925.

sacht, die wesentlich analog ist zu der klassisch berechneten Streuung von elastisch gebundenen elektrischen Teilchen, deren Eigenfrequenzen mit den Frequenzen übereinstimmen, die den Übergangsmöglichkeiten des Atoms bei Bestrahlung entsprechen. Solche harmonische Oszillatoren würden ja, wenn angeregt, nach der klassischen Theorie auch Strahlung von ebenderselben Beschaffenheit emittieren wie die auf höhere stationäre Zustände überführten Atome. Die Möglichkeit, mittels dieser Vorstellung von Oszillatoren, die den Übergängen zugeordnet sind, eine einheitliche Beschreibung der optischen Phänomene zu gewinnen, wurde wesentlich gefördert durch einen Gedanken von SLATER¹⁾, nach welchem die Ausstrahlung eines angeregten Atoms ebenso sehr als der Grund der spontanen Übergänge angesehen werden kann, wie die Ursache der induzierten Übergänge in der auffallenden Strahlung zu suchen ist. Ein erster wichtiger Schritt zu einer quantitativen Beschreibung war schon früher von LADENBURG getan, der eine bestimmte Verbindung zwischen den Streuvermögen der Oszillatoren und den in der EINSTEINSCHEN Theorie vorkommenden Übergangswahrscheinlichkeiten vorschlug. Einen entscheidenden Fortschritt erzielte hier KRAMERS²⁾ durch eine geistvolle korrespondenzmäßige Umdeutung der Wirkungen, die nach der klassischen Theorie Bestrahlung mit Lichtwellen in einem elektrodynamischen System hervorbringt. Analog zu der Weise, wie die Strahlungsfrequenzen nach der klassischen Theorie einerseits und nach den Postulaten der Quantentheorie andererseits berechnet werden, ist es für diese Umdeutung charakteristisch, daß Differentialquotienten in den klassischen Formeln durch Differenzen ersetzt werden, und zwar so, daß die Endformeln als Relationen zwischen prinzipiell beobachtbaren Größen erscheinen. So wird in KRAMERS' Theorie die Streuwirkung eines Atoms in einem gegebenen stationären Zustand in quantitativen Zusammenhang gebracht mit den Frequenzen, die den möglichen Überführungsprozessen nach anderen stationären Zuständen entsprechen, sowie mit den Wahrscheinlichkeiten, die für das Auftreten dieser Übergänge durch Bestrahlung charakteristisch sind. Es ist ein wesentlicher Zug der Theorie, daß bei der Berechnung der anomalen Dispersion in der Nähe einer Spektrallinie mit zweierlei entgegengesetzten Resonanzwirkungen zu rechnen ist, je nachdem diese Spektrallinie einem Übergang des Atoms zu einem Zustand größerer oder kleinerer Energie zugehört. Nur die erste von diesen entspricht den Resonanzwirkungen, die bisher in Anlehnung an die klassische Theorie für die Deutung der Dispersion herangezogen waren. Es ist auch besonders interessant, daß die weitere Ausbildung der Theorie

durch KRAMERS und HEISENBERG³⁾ eine sinn-gemäße quantitative Beschreibung von hinzukommenden Streuwirkungen mit abgeänderter Frequenz ergibt, deren Existenz von SMEKAL²⁾ vorhergesagt war durch Betrachtungen, anschließend an die Lichtquantentheorie, deren Fruchtbarkeit sich auch hier bewährt hat.

Während diese Beschreibung der optischen Phänomene dem Sinn der Quantentheorie durchaus entsprach, zeigte sich aber bald, daß sie in einem eigentümlichen Widerspruch stand zu dem Gebrauch von mechanischen Bildern, der bisher bei der Analyse der stationären Zustände gemacht wurde. Einerseits ließ sich nach der von der Dispersionstheorie verlangten Streuwirkung der Atome bei Bestrahlung keine asymptotische Verbindung herstellen zwischen der Reaktion eines Atoms in Wechselfeldern immer kleinerer Schwingungszahlen und der Reaktion gegenüber konstanten Feldern, so wie sie aus den Quantisierungsregeln der Theorie der Periodizitätssysteme berechnet werden konnte. Diese Schwierigkeit war geeignet, den Zweifel an der strengen Gültigkeit dieser Theorie zu bestärken, zu dem, wie schon erwähnt, das Problem des Wasserstoffatoms in gekreuzten elektrischen und magnetischen Feldern geführt hatte. Andererseits mußte es als besonders unbefriedigend angesehen werden, daß die Theorie der Periodizitätssysteme dem Problem der quantitativen Bestimmung der Übergangswahrscheinlichkeiten auf Grundlage der mechanischen Bilder der stationären Zustände scheinbar hilflos gegenüberstand. Dies mußte um so mehr gefühlt werden, als es mit Hilfe von Gesichtspunkten, die durch die Analyse des optischen Verhaltens elektrodynamischer Modelle nahegelegt war, in mehreren Fällen gelang, quantitative Verschärfungen der allgemeinen Aussagen des Korrespondenzprinzips bezüglich dieser Übergangswahrscheinlichkeiten zu erreichen³⁾. Einerseits wurde dadurch eine Deutung der wichtigen Gesetzmäßigkeiten über die Intensitätsverteilung in Multiplettstrukturen erzielt, die sich in den letzten Jahren aus den besonders in Utrecht ausgeführten Messungen ergeben hatten. Andererseits konnte die erwähnte Verschärfung des Korrespondenzprinzips sich nur gezwungen in ein Schema einfügen lassen, das die Quantisierungsregeln für Periodizitätssysteme mit umfassen sollte.

¹⁾ H. A. KRAMERS und W. HEISENBERG, Zeitschr. f. Phys. **31**, 681. 1925.

²⁾ A. SMEKAL, Naturwissenschaften **11**, 873. 1923.

³⁾ H. C. BURGER und H. B. DORGELO, Zeitschr. f. Phys. **23**, 258. 1924; L. S. ORNSTEIN und H. C. BURGER, Zeitschr. f. Phys. **24**, 41; **28**, 135; **29**, 241. 1924; W. HEISENBERG, Zeitschr. f. Phys. **31**, 617. 1925; S. GOUDSMIT und R. DE L. KRONIG, Naturwissenschaften **13**, 90. 1925; H. HÖNL, Zeitschr. f. Phys. **31**, 340. 1925; R. DE L. KRONIG, Zeitschr. f. Phys. **31**, 885; **33**, 261. 1925; A. SOMMERFELD und H. HÖNL, Ber. d. Berlin. Akad. **141**. 1925; H. N. RUSSELL, Nature **115**, 835. 1925.

¹⁾ J. C. SLATER, Nature **113**, 397. 1924; siehe auch N. BOHR, H. A. KRAMERS und J. C. SLATER, Zeitschr. f. Phys. **24**, 69. 1924.

²⁾ H. A. KRAMERS, Nature **113**, 673; **114**, 310. 1924.

Versuch einer rationalen Quantenmechanik.

In allerletzter Zeit hat nun HEISENBERG¹⁾, der die eben genannten Schwierigkeiten besonders betont hat, einen Schritt von voraussichtlich außerordentlicher Tragweite gemacht, indem er den Problemen der Quantentheorie eine neuartige Formulierung gegeben hat, wodurch die der Benutzung mechanischer Bilder anhaftenden Schwierigkeiten hoffentlich umgangen werden können. In dieser Theorie wird der Versuch gemacht, jedem Gebrauch der mechanischen Begriffe eine dem Sinn der Quantentheorie angemessene Umdeutung zu geben, und zwar in solcher Weise, daß auf jeder Stufe der Berechnung nur beobachtbare Größen eingehen. Im Gegensatz zur gewöhnlichen Mechanik handelt es sich nicht um eine raumzeitliche Beschreibung von Bewegungen der Atomteilchen, sondern die neue „Quantenmechanik“ operiert mit Mannigfaltigkeiten von Größen, welche die harmonischen Komponenten der Bewegung ersetzen, und welche, dem Korrespondenzprinzip entsprechend, die Übergangsmöglichkeiten zwischen den stationären Zuständen symbolisieren. Diese Größen genügen gewissen Relationen, die die mechanischen Bewegungsgleichungen sowie die Quantisierungsregeln ersetzen. Daß ein solches Verfahren wirklich eine der klassischen Mechanik genügend analoge in sich zusammenhängende Theorie gibt, beruht wesentlich darauf, daß, wie BORN und JORDAN²⁾ nachweisen konnten, in der HEISENBERGSchen Quantenmechanik ein dem Energiesatz der klassischen Theorie analoger Erhaltungssatz existiert. Die Theorie ist so aufgebaut, daß sie den Postulaten der Quantentheorie automatisch gerecht wird. Im besonderen ist die Frequenzbedingung durch die Energie- und Frequenzwerte erfüllt, die aus den mechanischen Bewegungsgleichungen erhalten werden. Obgleich die fundamentalen Beziehungen, die an Stelle der Quantenregeln treten, PLANCKS Konstante enthalten, erscheinen Quantenzahlen nicht explizit in diesen Beziehungen. Die Klassifikation der stationären Zustände ist einzig und allein auf eine Betrachtung der Übergangsmöglichkeiten begründet, die es erlaubt, die Mannigfaltigkeit der stationären Zustände Schritt für Schritt aufzubauen. Zusammenfassend dürfte die ganze Formulierung der Quantenmechanik als eine Präzisierung des Inhalts des Korrespondenzprinzips bezeichnet werden. In dieser Verbindung ist zu erwähnen, daß die Theorie den Ansätzen der KRAMERSschen Dispersionstheorie genügt.

Wegen der mathematischen Schwierigkeiten ist es noch nicht möglich gewesen, HEISENBERGS Theorie auf die offenen Fragen der Atomstruktur anzuwenden. Aus der obigen kurzen Beschreibung wird man jedoch einsehen, daß eine Anzahl von

Resultaten, die, wie die Deutung der RYDBERGSchen Konstante, früher mittels Korrespondenzbetrachtungen in Anlehnung an mechanische Bilder errungen waren, ihre Gültigkeit behalten¹⁾. Es ist aber von größtem Interesse, daß schon in den einfachen Fällen, wo auf Grund der HEISENBERGSchen Theorie bisher eine Behandlung durchgeführt werden konnte, die neue Theorie außer einer quantitativen Berechnung der Übergangswahrscheinlichkeiten zu Energiewerten für die stationären Zustände führt, die systematisch abweichen von denen, welche nach den Quantisierungsregeln der älteren Theorie folgen würden. Man darf daher hoffen, daß HEISENBERGS Theorie dazu geeignet sein wird, die Schwierigkeiten zu überwinden, auf die man, wie erwähnt, bei der Deutung der feineren Einzelheiten der Spektren gestoßen war.

An früherer Stelle wurde auf die fundamentalen Schwierigkeiten hingewiesen, die der Benutzung von Bildern für die Wechselwirkung zwischen Atomen durch Strahlung oder Stöße innezuwohnen scheinen. Diese Schwierigkeiten scheinen gerade jenes Absehen von mechanischen Modellen in Raum und Zeit zu verlangen, das so charakteristisch für die neue Quantenmechanik ist. Bis jetzt jedoch gibt die Formulierung dieser Quantenmechanik noch nicht die Kopplung der Übergangsprozesse in Paaren wieder, die sich in jenen Wechselwirkungen zeigt. Vielmehr gehen nur solche Größen, die auf der Existenz der stationären Zustände und der Möglichkeit der Übergänge zwischen ihnen beruhen, in die Theorie ein, welche ausdrücklich jede Erwähnung der Zeiten, zu denen Übergänge stattfinden, vermeidet. Diese Beschränkung, die typisch für den Angriff auf das Problem des Atombaus ist, welcher sich auf die Postulate der Quantentheorie gründet, läßt allerdings nur einige Seiten der Analogie zwischen Quantentheorie und klassischer Theorie ans Licht kommen. Diese Seiten umfassen besonders die Strahlungseigenschaften der Atome, und gerade hier bringt HEISENBERGS Theorie einen entscheidenden Fortschritt. Insbesondere erlaubt sie uns in den Streuungserscheinungen die Anwesenheit der Elektronen zu erkennen auf eine Weise, die den klassischen Theorien ganz analog ist²⁾, welche, wie oben erwähnt, in den Händen von THOMSON eine Zählung der Elektronen im Atom auf Grund von Messungen über die Streuung von Röntgenstrahlen gestatteten. Die Probleme, die aus der Gültigkeit der Erhaltungssätze entspringen, hängen

¹⁾ Anmerkung bei der Korrektur. Herr PAULI teilt mir freundlichst mit, daß es ihm gelungen ist, die BALMER-Formel des Wasserstoffspektrums sowie den Einfluß von elektrischen und magnetischen Feldern auf dieses Spektrum aus der neuen Theorie abzuleiten. Dies ist ein sehr wichtiges Resultat, da PAULIS Analyse zeigt, wie die neue Theorie die Schwierigkeiten vermeidet, die in der älteren Beschreibung infolge des notwendigen Ausschlusses von stationären Zuständen, entsprechend singulären Lösungen der Elektronenbewegung, auftraten.

²⁾ H. A. KRAMERS, Physica, Decz. 1925.

¹⁾ W. HEISENBERG, Zeitschr. f. Phys. 33, 879. 1925.

²⁾ M. BORN und P. JORDAN, Zeitschr. f. Phys. Im Erscheinen. Für die Kenntnis dieser Arbeit bin ich den Verfassern zu Dank verpflichtet.

jedoch mit ganz anderen Seiten der Korrespondenz zwischen der Quantentheorie und der klassischen Theorie zusammen. Diese sind ebenfalls wichtig in einer allgemeinen Formulierung der Quantentheorie, und es ist unmöglich, ihnen aus dem Wege zu gehen, wenn es sich um die Reaktion von Atomen auf schnellbewegte Teilchen handelt. Es ist ja gerade hier, daß die klassischen Theorien so wesentlich zu unserer Kenntnis vom Atombau beigetragen haben.

Es dürfte die Kreise der Mathematiker interessieren, daß die sinngemäße Formulierung der neuen Quantenmechanik wesentlich gefördert wird durch die mathematischen Hilfsmittel, die die höhere Algebra geschaffen hat. So beruhen die von BORN und JORDAN ausgeführten allgemeinen Beweise

der Erhaltungssätze in der HEISENBERGSchen Theorie auf einer Benützung der auf CAYLEY zurückgehenden und besonders von HERMITE entwickelten Theorie von quadratischen Formen mit unendlich vielen Elementen. Es hat den Anschein, daß ein neues Stadium in der am Anfang genannten gegenseitigen Befruchtung zwischen Mechanik und Mathematik eingeleitet ist. Für das Gefühl der Physiker wird es wohl zunächst bedauerlich vorkommen, daß wir bei den Atomfragen auf eine derartige Begrenzung unserer üblichen Anschauungsmittel gestoßen sind. Dieses Bedauern wird aber vor der Dankbarkeit weichen müssen, daß die Mathematik auch auf diesem Gebiet uns die Werkzeuge schenkt, um Wege zu weiteren Fortschritten zu bahnen.

Über die Entwicklung der Farbstoffchemie im letzten Jahrzehnt.

Von F. MAYER, Frankfurt a. M.

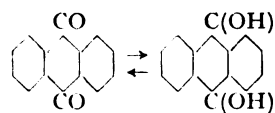
Der Zeitpunkt, an welchem sich eine der größten Industrien Deutschlands, die Interessengemeinschaft deutscher Farbenfabriken, zu einer einzigen Gesellschaft zusammenschließt, bietet willkommenen Anlaß, um die in dem letzten Jahrzehnt vollzogene wissenschaftliche Entwicklung der Farbstoffchemie einer Würdigung zu unterziehen.

Auf der anderen Seite hat die Geschichte der deutschen Farbstoffindustrie einen eigenen kulturhistorischen Reiz, weil sie eng verknüpft ist mit der Entwicklung der organischen Chemie, und es wird einer späteren Zeit vorbehalten sein, aus den zerstreuten Quellen eine lebendige Darstellung entstehen zu lassen. Gerade in den letzten Jahren sind hier wieder höchst wertvolle Beiträge erschienen, welche auch weiteren Kreisen empfohlen werden können, so C. DUISBERG, Vorträge, Abhandlungen und Reden, B. LEPSIUS, Festschrift zur Feier des fünfzigjährigen Bestehens der deutschen chemischen Gesellschaft, eine gleiche zur Feier des fünfzigjährigen Bestehens der Firma L. Cassella und Co. in Frankfurt a. M., A. BERNTHSEN, Lebenserinnerungen und endlich A. v. WEINBERGS Nachruf auf PAUL FRIEDLÄNDER.

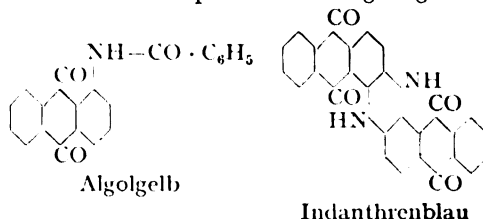
Die Bedeutung der Farbstoffchemie und Industrie ist allen Völkern am Ausgang eines kriegerischen Zeitabschnittes der Weltgeschichte klar geworden. Rückwirkend hat sich das Interesse an der Chemie in allen Ländern stark gesteigert, aus den Anlagen der Sprengstofffabriken sind Zwischenprodukts- und Farbstofffabriken geworden und der Wettbewerb, das Ringen um Erfolge hat sich vervielfältigt. Betrachtet man den Stand der Farbstoffchemie vor dem Kriege, wie er durch die oben angeführten Quellen begrenzt ist, und versucht die im letzten Jahrzehnt erzielten Fortschritte auszuwerten, so ergibt sich allgemein das Bild, daß diese mehr ausbauender und verbessernder Art gewesen sind und daß ganz große und umwälzende Entdeckungen ausgeblieben sind.

Wir kennen in der Farbstoffchemie nach dem Aufkommen künstlicher Farbstoffe überhaupt (Triphenylmethanfarbstoffe — Fuchsin usf. — und Azinfarbstoffe — Safranin usf. —) eine Anzahl

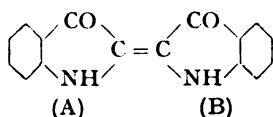
großer Entwicklungsabschnitte, so die Ende der 60er Jahre sich vollziehende Umwälzung durch die Synthese des Alizarins (GRAEBE und LIEBERMANN), ferner die Entwicklung der Chemie der Azofarbstoffe, welche in der Auffindung auf Baumwolle ohne Vorbeize unmittelbar ziehender Farbstoffe (BÖTTIGER) gipfelt, die Weiterbildung der Anthrachinonchemie, welche zu wertvollen Beizen- und sauren Wollfarbstoffen (R. E. SCHMIDT, R. BOHN) führte, die Auffindung der Schwefelfarbstoffe (VIDAL) und die Synthese des Indigo (v. BAEYER), deren technischer Erfolg erst um die Jahrhundertwende zu reifen begann. Die Beschäftigung mit dem uralten Farbstoff Indigo als Küpenfarbstoff, d. h. als Farbstoff, der erst durch einen Reduktionsvorgang in eine lösliche auf der Faser haftende Verbindung übergeführt wird und sich auf der Faser durch Luftoxydation zurückbildet, hat die beiden letzten großen Erfindungen nach sich gezogen: die Darstellung von Anthrachinonverbindungen einfacherer und komplizierter Art, welche als Küpenfarbstoffe angewandt werden können, und die Verallgemeinerung des Indigos zu den indigoiden Farbstoffen. Im ersteren Falle sind es die Ketongruppen des Anthrachinonkernes, deren Reduktion zu Produkten mit Affinität zur Faser führen und die wie Indigo auf der Faser durch den Luftsauerstoff der Oxydation nach dem Schema verfallen:



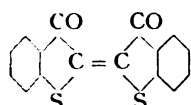
Farbstoffe solcher Art seien an je einem Beispiel einfacher und komplizierter Art gezeigt:



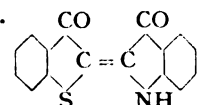
Im zweiten Falle war es die Erkenntnis, daß der Indigo:



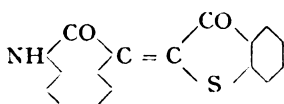
nur ein Paradigma sei, dessen beide symmetrischen Hälften *A* und *B* variierbar auch verschiedenartig verknüpfbar seien, wie wiederum an drei Beispielen gezeigt sei:



Thioindigorot

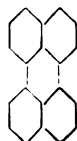


Cibaviolett
(Thioindigoviolett)

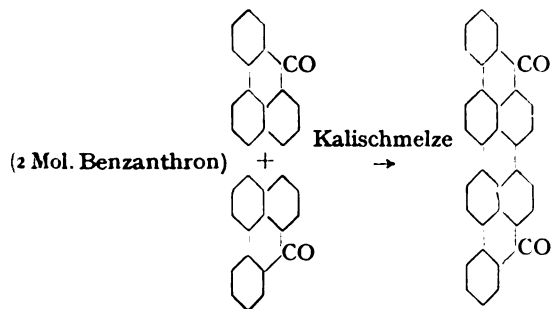


Thioindigoscharlach

Damit ist in aller Kürze der Stand der Farbstoffchemie vor dem Weltkriege gekennzeichnet. Die Forschung des letzten Jahrzehnts hat sich bei den Küpenfarbstoffen im wesentlichen darauf beschränkt, Farbtonlücken mehr oder weniger geschickt und erfolgreich auszufüllen und minder wertvollen Farbstoffe durch bessere zu ersetzen. In der Indigoreihe sind so durch Verwendung auf bestimmte Weise substituierter Naphthole als eine Hälfte des Moleküls Erfolge erzielt worden, welche zur Darstellung von schwarzen Küpenfarbstoffen führten. Bei den Anthrachinonfarbstoffen ist nach wie vor Interesse für Abkömmlinge des Perylens vorhanden, welche nicht etwa aus diesem



interessanten Kohlenwasserstoff aufgebaut werden, sondern welche man durch die Kalischmelze der Benzanthronderivate erhält:

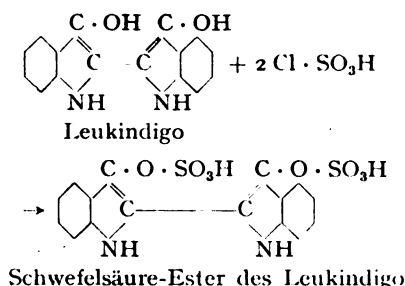


Hier hat sich gezeigt, daß auch Naphthalinderivate dieser Reaktion zugänglich sind.

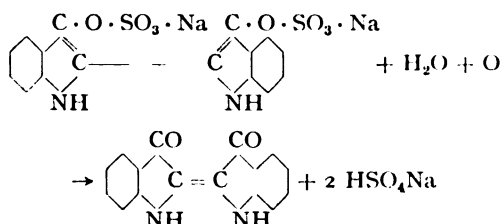
Als ein weiterer Gesichtspunkt hat sich ergeben, daß häufig schon die weitgehende Reinigung bekannter Farbstoffe von Beimengungen aus der Darstellung Erfolg bringt, Beimengungen, welche oft bei gleichem Farbton in der Echtheit gegenüber dem Hauptbestandteil minderwertig sind. Unter Echtheit versteht man bekanntlich die Widerstandsfähigkeit eines Farbstoffes auf der Faser gegen die beim Gebrauch auftretenden Einflüsse als Licht, Luft, Regen, Walke, Säure Alkalien, Bügeln, Reiben usw. Wir wissen, daß die Echtheit einmal von der Faser abhängig ist, also ein Farbstoff z. B. auf Wolle (tierische Faser) sich anders verhalten kann als auf Baumwolle (pflanzliche Faser). Die Erforschung der Vorgänge, welche bei der Zerstörung eines Farbstoffes auf der Faser eintreten, sind in vielen Fällen ungeklärt, so daß wir keine allgemeinen Regeln für die Beziehungen zwischen Echtheit und Konstitution des Farbstoffes aufstellen können. Wir können nicht einmal mit Bestimmtheit bei der Lichtechtheit sagen, ob das Verschleßen oder Nachdunkeln der Färbungen Oxydations- oder Reduktionswirkungen des Lichtes entspricht. Ein entscheidender Fortschritt dürfte hier erst erfolgen, wenn systematische Untersuchungen angestellt werden, das durch die Beanspruchung entstehende Umwandlungsprodukt von der Faser abzuziehen und die Veränderung der Konstitution zu bestimmen. Die Schwierigkeit dieser Aufgabe läßt sich in Vergleich bringen mit der Erforschung der Veränderung chemischer Verbindungen im Organismus.

So sind wir heute darauf angewiesen, durch experimentelle Prüfung — Echtheitsprüfung — die Tatsachen sprechen zu lassen, wertvolle Farbstoffe dadurch zu erkennen und unechte zu verwerfen. Der Mangel an Textilfasern und die Preislage in den verarmten Ländern hat dazu geführt, auf echte Färbungen heute einen entscheidenden Wert zu legen. So sind die besten aus der Klasse der Anthrachinon- und indigoiden Farbstoffe — also Küpenfarbstoffe in einer Sondergruppe vereinigt worden, welche nach dem für den echten Küpenfarbstoff Indanthren (siehe oben „Indanthrenblau“) gewählten Namen unter dem Sammelnamen Indanthrenfarbstoffe-licht-, wasch- und tragecht — im Handel sind.

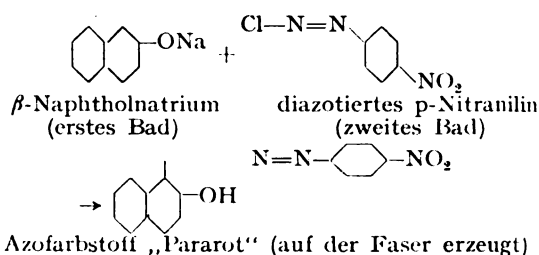
Bisher geschah die Befestigung solcher Farbstoffe auf der Faser derart, daß sie durch Behandeln mit Hydrosulfit in alkalischer Lösung reduziert wurden; die Faser wurde mit dieser Lösung — der Küpe — getränkt und der Farbstoff beim Verhängen an der Luft durch Oxydation entwickelt. Es ist nun überraschend, daß es nach neueren Forschungen (BADER und SUNDER) auch auf andere Weise gelingt, Küpenfarbstoffe echt zu färben. Durch Behandeln von z. B. Indigoweiß (das ist das in Substanz hergestellte Reduktionsprodukt des Indigo) mit Chlorsulfonsäure bei Gegenwart tertiärer Basen konnte ein Ester des Leukindigos erhalten werden:



Mit diesem Ester lassen sich — in Form des Natriumsalzes — Wolle wie Baumwolle behandeln. Durch Oxydation wird dann auf der Faser unter Abspaltung des Säurerestes Indigo erzeugt:



Die Vorteile des neuen Verfahrens (Indigosol D. R. P. 418 487) sind einmal eine Vereinfachung des Färbeverfahrens für den Färber. Für die gegen Alkalien empfindliche Wolle kommt hinzu, daß die alkalische Küpe durch ein saures Auf färbe- wie ebensolches Entwicklungsbad ersetzt ist. Ebenso bietet auch das Verfahren für Baumwolle Vorteile, weil die Durchfärbung dicker Gewebe erleichtert ist. Endlich ist in Betracht zu ziehen, daß die Kombination von Indigofärbungen mit anderen Färbungen durchführbar ist, eine Methode, deren Betrachtung hier zu weit führen würde. Es liegt nun auf der Hand, das Grundsätzliche des Indigosolverfahrens auf andere Küpenfarbstoffe zur Anwendung zu bringen, Ansätze hierzu sind schon geschehen. Ein weiterer Fortschritt, welcher in den letzten 10 Jahren erzielt wurde, liegt in der Erzeugung echter billiger Färbungen auf ungebeizter Baumwolle. Seit Ende der 80er Jahre ist bekannt, daß Azofarbstoffe (das sind solche, welche die Gruppe $-\text{N}=\text{N}-$ enthalten) auf der Baumwollfaser entstehen, wenn man den Azofarbstoff aus seinen Komponenten erst auf der Faser bildet. Man hat dann den Vorteil, daß solche Farbstoffe so zusammengesetzt sein können, daß sie in Substanz wasserunlöslich sind, weil man sie ja nicht aus einer Lösung auffärben muß. Dies beeinflusst die Echtheit wesentlich in günstigem Sinne. Diese Färbeweise, welche zu einem billigen Ersatz des für den Orient bestimmten Türkischrot aus Alizarin führte, geschah so, daß man die Faser mit β -Naphtholnatrium tränkte und in einem zweiten Bade durch diazotiertes p-Nitranilin die Kupplung zum Farbstoff auf der Faser vollzog:



Diese Methode hat nun auch wieder Übelstände, so kann Garn nicht auf diese Weise behandelt werden, weil man nach dem ersten Bade einen Trocknungsvorgang einschieben muß, was bei Garnen technisch nicht möglich ist. Des weiteren hat das β -Naphtholnatrium eine so geringe Verwandtschaft zur Baumwollfaser, daß sich hieraus Übelstände herleiten. Endlich besitzen solche Färbungen nicht den am Alizarin gerühmten Blau-stich im Farbton.

Als wesentlicher Fortschritt darf daher die Einführung des sog. Naphthol AS (2-Oxynaphthalin-3-carbonsäureanilid): $\text{C}_{10}\text{H}_6\text{CO} \cdot \text{NH} \cdot \text{C}_6\text{H}_5$ an Stelle der Naphtholkomponente bezeichnet werden, die in steigendem Maße Verwendung findet. Chemisch ist der Fortschritt so zu deuten, daß die Gruppe $\text{CO}-\text{NH}$ die Verwandtschaft zur Baumwollfaser offenbar stark steigert, die sich in besserer Echtheit und technischer Vereinfachung des Verfahrens, nunmehr auch brauchbar für Garne äußert. Auch ist es gelungen, blaustichige Färbungen zu erzielen und die Naphthol AS-Färbungen reichen heute schon an die erstrebten Alizarinfärbungen heran.

Eine dritte Gruppe betrifft ebenfalls Azofarbstoffe. Färbt man solche auf Wolle, so läßt sich vielfach die Echtheit wesentlich verbessern, wenn man die Färbungen einer Behandlung mit Metallsalzen, meist Chromsalzen unterzieht. Voraussetzung ist dabei, daß die verwandten Farbstoffe solcher Konstitution sind, daß sie mit dem Metall eine Komplexverbindung eingehen können, welche eben durch ihre schwerere Löslichkeit widerstandsfähiger ist. Es ist nun in den letzten Jahren gelungen, solche komplexe Chromverbindungen aus den Farbstoffen mittels Chromsalzen in Substanz herzustellen, und es hat sich gezeigt, daß solche, auffärbbar sind und an die mit der sog. Nachchromierung erzielten echten Färbungen in ihrer Echtheit heranreichen (Neolanfarbstoffe). Es fällt dadurch beim Färben ein Arbeitsvorgang fort und die Wollfaser wird geschont.

Auch sonst sind mancherlei Aufgaben der Farbstoffchemie erwachsen, es sei nur an die Celluloseacetatseide erinnert, welche die Auf-findung neuer Färbeverfahren und das Aufsuchen passender Farbstoffe für diese Faser nötig machte. Sind auch die Zeiten stürmiger Entwicklung vorüber, so ist doch wohl mit den gegebenen Beispielen gezeigt, daß die Forschung auf diesem Gebiete nicht stillsteht.

Besprechungen.

KLEIN, F., Elementarmathematik vom höheren Standpunkt aus. (Grundlehren der mathematischen Wissenschaften in Einzeldarstellungen. I. Band. Dritte Auflage.) Berlin: Julius Springer 1924. XII, 321 S. und 125 Abbildungen. 16 × 24 cm. Preis geb. 15, geb. 16,50 Goldmark.

Aus dem Inhalt. I. Teil: *Arithmetik*. 1. Das Rechnen mit natürlichen Zahlen. Didaktisches. Rechenmaschinen. 2. Die ersten Erweiterungen des Zahlbegriffes: negative, gebrochene, irrationale Zahlen. Prazisions- und Approximationsmathematik. 3. Zahlentheorie. Didaktisches. Fermatscher Satz. Kreisteilung. „Nichtkonstruierbarkeit“ des regulären Siebenecks. 4. Komplexe Zahlen. Gaußsche Ebene. Quaternionen; Vektorenrechnung, Didaktisches, Historisches.

II. Teil: *Algebra*. 1. Reelle Gleichungen mit reellen Unbekannten. 2. Gleichungen im komplexen Gebiet. Fundamentalsatz d. Algebra. Deutung der Gleichung mit komplexem Parameter durch konforme Abbildung zweier Kugeln. Beispiele: die reine Gleichung; Irreduzibilität; Unmöglichkeit der Winkeldreiteilung; Niedere und höhere Gleichungen; Normalgleichungen usw.

III. Teil: *Analysis*. 1. Logarithmus und Exponentialfunktion: Systematisches; Historische Entwicklung, Schulbetrieb; Funktionentheoretischer Standpunkt. 2. Goniometrische Funktionen: Zusammenhang mit Logarithmus; Tafelwerke; sphärische Trigonometrie; kleine Schwingungen und ihre Darstellung auf der Schule; Trigonometrische Reihen; Exkurs über den Funktionsbegriff. 3. Eigentliche Infinitesimalrechnung: Entstehung und logische Begründung der Infinitesimalrechnung; Form und Bedeutung für den Schulbetrieb; der Taylorsche Lehrsatz und die Art der Annäherung, Konvergenz, Restabschätzung; Historische und pädagogische Betrachtung über die Darstellung in Lehrbüchern sowie die eigene Tendenz.

IV. Teil: *Anhang*. A. Transzendenz von e und π ; B. Mengenlehre.

V. Teil: *Zusätze*: 1. Zur Entwicklung der mathematischen Unterrichtsreform in Deutschland; 2. Ergänzungen zur mathematischen und didaktischen Literatur.

Der vorstehende Auszug aus dem Inhaltsverzeichnis orientiert über Inhalt und Aufbau dieses Werkes, in dem der große Göttinger Mathematiker die volle Wucht seiner wissenschaftlichen Persönlichkeit für didaktische Zwecke eingesetzt hat. Die Vorlesungen über Elementarmathematik, die in Göttingen als erster deutscher Universität — und in dieser Weise wohl hier überhaupt zum erstenmal in der Welt — als regelmäßig wiederkehrender Teil des Unterrichtsprogramms eingerichtet wurden, bilden ein Glied in der von KLEIN betriebenen allgemeinen Unterrichtsreform der Mathematik. Das ausgesprochene Ziel dieser Reform war und ist, der Mathematik den ihr zukommenden Platz in der geistigen Ausbildung der Menschheit zu verschaffen. Früheren Zeiten konnte das Latein mit seinen angehäuften Schätzen wissenschaftlicher und belletristischer Literatur den geistigen Inhalt geben — heute, wo die Entwicklung des Lebens nach einer anderen Seite einmal gegangen ist, ist dieser Inhalt unwiederbringlich zurückgedrängt, zum mindesten aus seiner Monopolstellung. Es ist deshalb zu verlangen, daß die Schule in erhöhtem Maße um Ersatz besorgt ist, der je nach der Persönlichkeit in einer Einstellung mehr nach der historischen oder mehr nach der mathematisch-naturwissenschaftlichen Seite liegen wird. Es ist mit einem gewissen Anschein von Recht bezweifelt worden, ob der Schulunterricht in Mathematik befähigt sei, den Schüler in dem gleichen

Maße „geistig“ zu beeinflussen, wie dies etwa der alte lateinische Aufsatz getan hat. Man verwies darauf, daß meist nur ein verschwindend kleiner Teil der Schülerschaft vom Mathematikunterricht wirklich ergriffen würde. Die Reformer antworten darauf: die Schulmathematik alten Stils hängt viel zu sehr an den *Buchstaben* EUKLIDS; sie ist veraltet und hat keine Weiterentwicklung erlebt, wie die wissenschaftliche Mathematik. Will man die Mathematik von einem Wissensstoff zu einem Kulturfach erheben, so muß ihre *Entwicklung* auch in der Schule spürbar sein. Es muß abweichend von EUKLID eine *Durchdringung von Geometrie und Algebra* stattfinden, wie sie in der Entwicklung der Mathematik erst seit DESCARTES möglich war (analytische Geometrie, aber auch geometrische Analyse der algebraischen Gleichungen); es muß weiter der *Funktionsbegriff* eingeführt werden, der heute jedem naturwissenschaftlich Denkenden derart in Fleisch und Blut übergegangen ist, daß es ihn mit Staunen ergreift, wie die Schulmathematik, der die Einführung dieses Begriffs an erster Stelle obgelegen hätte, so völlig daran vorbeigehen konnte. Mit dem Funktionsbegriff, anschaulich-geometrisch gefaßt, wird zugleich dasjenige Gebiet der Schule eröffnet, dessen Ausbau erst die Entwicklung der modernen Naturwissenschaften ermöglicht hat: die Analysis, d. h. Differential- und Integralrechnung. Hiermit ergibt sich eine Fülle von Fragen, Aufgaben und Erkenntnissen, die von ganz anderer Größenordnung ist, als die in ihrem weiteren Ausbau doch recht künstliche Geometrie nach EUKLIDischer Art und die Betrachtung der Gleichungen ersten, zweiten und allenfalls dritten Grades, zu der man in der Schulalgebra vordrang. Hand in Hand mit dieser Erweiterung und Belebung geht eine *Verbesserung der moralischen Qualität des Unterrichts*: KLEIN weist wiederholt auf Stellen in Schullehrbüchern hin, wo heimlich und versteckt von den Methoden der Infinitesimalrechnung Gebrauch gemacht wird, ohne daß die notwendigen, ganz fundamentalen Schwierigkeiten und ihre Beherrschung in einer dem Schüler irgendwie erkennbaren Weise auseinandergesetzt würden: die Beweise werden „erschlichen“. (CAVALIERISCHES Prinzip, Fallgesetze.) Hiergegen wenden sich die Unterrichtsreformer mit allen Kräften, als einer Methodik, die gerade den kulturellen Wert der Mathematik aufs schwerste schädigt. Aus dem Zusatz 1. entnimmt man mit Erstaunen, wie spät die ganze Frage der mathematischen Unterrichtsreform überhaupt in Angriff genommen worden ist und wieviel noch gegen die „Trägheit“, die in den behördlichen Lehrplänen steckt, durchzusetzen ist. Zum Teil freilich ist die Langsamkeit einer Reform durch die Notwendigkeit vorgeschrieben, erst für eine geeignete Lehrerausbildung zu sorgen, und an diesem Punkt ist es, wo die KLEINSCHEN Vorlesungen beschleunigend eingreifen wollen.

Die Tendenz des KLEINSCHEN Vortrags war stets, *anregend* zu wirken. Daher kommt es, daß dies Buch auch für den, der den eigentlichen Stoff beherrscht, eine besonders schöne Lektüre ist. Vielleicht wird sogar erst derjenige, der sich früher durch andere Darstellungen durchgearbeitet hat, den vollen Genuß an der KLEINSCHEN Darstellungskunst haben. Die Durchflechtung von Algebraischem und Geometrischem, die Vertiefung, die in den Stoff der Schulmathematik durch die übergeordneten Gesichtspunkte der Funktionentheorie kommt, andererseits der nahe Zusammenhang zahlreicher Methoden der reinen Mathematik mit denen der numerischen Auswertung — das alles ist nicht nur

für den Schulmann eine Freude und ein Gewinn zu lesen. Das Spezielle wird prinzipiell benutzt, um die allgemeinen Fragen daran anzuknüpfen: über den Funktionsbegriff, über Mengenlehre, über Präzisions- und Approximationsmathematik usw. das sind Exkurse, die wesentlich zu dem Werk und zu der Art des KLEINSchen Vortrages gehören. Großer Wert wird jeweils auf eine kurze historische Einführung gelegt: lehrt sie doch am besten die eigentümlichen Schwierigkeiten der einzuführenden Begriffe und vor allem die Notwendigkeit ihrer Entwicklung kennen. Mit Recht wird in der Unterrichtsreform eine Bekanntschaft der Schüler mit der Geschichte der Mathematik, soweit sie ihnen verständlich sein kann, gefordert. Es ist dies ein Punkt, der auch im Hochschulunterricht zu kurz kommt. Welche Hochschule hat neben den üblichen Lehraufträgen für Geschichte der Philosophie solche für Geschichte der Mathematik und der Naturwissenschaften aufzuweisen?

Wenn KLEIN selbst an diese Vorlesungen, die in zwei früheren Auflagen als autographierte Vorlesungsausarbeitungen bei Teubner erschienen waren, zum dritten Male die glättende Hand angelegt hat, so kann man sicher sein, daß das Ergebnis seiner Kritik in jeder Hinsicht standgehalten hat. In sachlicher und pädagogischer Hinsicht ist durch diese Vorlesungen ein Vorbild aufgestellt, das nicht bald zu übertreffen sein dürfte.

P. P. EWALD, Stuttgart.

ADICKES, E., *Kant als Naturforscher*. Bd. 1. Berlin: W. de Gruyter 1924. XX, 378 S. Preis geh. 13,50, geb. 15 Goldmark.

Die Leistungen KANTS als Naturforscher und Naturphilosoph haben eine sehr verschiedenartige Einschätzung erfahren. Während nicht nur Philosophen wie ZÖLLNER und STADLER, sondern auch Naturforscher wie HELMHOLTZ ihn als großen Naturforscher preisen, haben andere Naturforscher, E. HOLTZMÜLLER, GERLAND, und vor allen Dingen, DÜHRING äußerst abfällige Urteile über ihn als Naturforscher geäußert. ADICKES zeigt, woher die verschiedenartige Beurteilung rührt. Er untersucht auf Grund jahrelanger gründlicher Studien die naturwissenschaftlichen Leistungen KANTS in dem vorliegenden Werke und gibt eine zusammenfassende erschöpfende Darstellung derselben. Zugleich sucht er die Grundlage für eine objektive Beurteilung der Ansichten KANTS dadurch zu gewinnen, daß er sie an dem Problemstand seiner Zeit maß. Nur wenn man seine Theorien und Hypothesen gegen diesen Hintergrund hält, läßt sich ein wirklich gerechtes Urteil geben. Weiterhin zeigt er aber auch, daß zur richtigen Beurteilung noch ein zweites nötig ist, „daß man nämlich KANTS Geistesanlage nicht als die eines Naturwissenschaftlers im eigentlichen Sinne betrachtet und von dieser Auffassung aus dann falsche Anforderungen an ihn stellt“. Aus dieser von Grund aus falschen Einschätzung erklären sich die gegensätzlichen Urteile, die über seine Bedeutung als Naturforscher geäußert worden sind. ADICKES weist nun in seiner Einleitung in ausführlicher und überzeugender Weise nach, „daß KANT seiner Geistesart nach zum Typus der abstrakten philosophischen Denker, nicht zum naturwissenschaftlichen Typus gehört“. Der Verf. zeigt an eingehenden Beispielen, daß KANT weder Neigung noch Begabung zu experimentell naturforschender Arbeit gehabt habe, und daß er auch für die mathematische Behandlung naturwissenschaftlicher Probleme wenig Sinn und nur eine geringe Vorbildung besaß. Seine unbestreitbaren großen Leistungen auf naturwissenschaftlichem Gebiet beruhen vielmehr auf glücklichen Intuitionen und genialen Aperçus. Bei all seinen naturwissenschaftlichen Arbeiten überwiegt immer das allgemeinere

philosophische Interesse. Er geht immer aus auf große Synthesen, und er bleibt dabei immer noch halb teils Philosoph, teils Methodologe. „KANTS Stärke ist die Konzeption großer, umfassender Ideen, nicht ihre Durchführung im einzelnen. Die bildet im Gegenteil immer seine schwache Seite.“ Seine große Bedeutung für die Geschichte der Naturwissenschaften hat er vor allen durch seine Arbeiten auf den Grenzgebieten zwischen Naturwissenschaft und Philosophie erworben, in welchen er als Erkenntnistheoretiker und Metaphysiker redet, so vor allem durch seine wichtige dynamische Theorie der Materie, durch seine Untersuchungen über das Wesen des Raumes und über die Grundlagen der Mathematik. „In eigentlich naturwissenschaftlichen Dingen dagegen hat er das Wort ergriffen als Ausnahmegeist, als wissenschaftliches Genie mit der stark ausgeprägten Fähigkeit zur Synthese, zur vereinheitlichten Zusammenfassung des weit Getrennten.“

Man kann dem Verf. in dieser Beurteilung der Bedeutung KANTS als Naturforscher und Naturphilosoph völlig zustimmen und muß ihm dankbar sein für die außerordentliche große Mühe, mit der er die naturwissenschaftlichen Arbeiten KANTS auf Grund der Geistesverfassung KANTS und unter richtiger Gegenüberstellung der naturwissenschaftlichen Kenntnisse der damaligen Zeit in ihrer richtigen Bedeutung herausgearbeitet hat, seine Fehler rückhaltlos nachweist, aber auf der anderen Seite auch seine genialen Synthesen und ihre große naturwissenschaftliche Bedeutung hervorhebt. Dieser erste Band enthält außer der ausführlichen Einleitung die Darstellung von KANTS Erstlingswerk über die Schätzung der lebendigen Kräfte, seine dynamische Theorie der Materie und die Lehre von der Bewegung. Man kann dem Erscheinen des zweiten Bandes, in dem fraglos auch die den Biologen interessierende Teleologie KANTS zur Darstellung kommt, mit Spannung entgegensehen.

M. HARTMANN, Berlin-Dahlem.

AUERBACH, FELIX, *Das Zeisswerk und die Carl-Zeiss-Stiftung in Jena*. 5. Auflage. Jena: Gustav Fischer 1925. 258 S., 282 Abbild. und 1 Bildnis von ABBE. 17 x 24 cm. Preis geh. 6, geb. 8 Goldmark.

Vom Mikroskop zum Planetarium... Die Entwicklung der Optischen Werkstätte auf diesem Wege im Verlaufe von 75 Jahren umfaßt ein Stück Kulturgeschichte, zu deren erschöpfender Darstellung eine ganze Geschichtskommission nötig wäre. Auch diese würde der Aufgabe nicht gerecht werden können, weil die Zeiss-„Regesten“ mehr als lückenhaft sind und diejenigen, die allein sie ausfüllen könnten, tot sind. AUERBACH hat die Entwicklung der Werkstätte, wenn auch als Außenstehender, viele Jahre aus nächster Nähe kennengelernt und ist durch seine persönlichen Beziehungen zu ABBE, CZAPSKI und SCHOTT besser in der Lage als irgendein anderer, wenigstens eine Einführung in die Entwicklungsgeschichte der Optischen Werkstätte zu geben. Wenn die „breitere Öffentlichkeit“ heute von Zeiss etwas mehr weiß, als daß dort Mikroskope gebaut werden, so ist das zum guten Teil auf sein Buch zurückzuführen. Es ist immerhin ein erfreuliches Zeichen, daß es die 5. Auflage erlebt. Die Beschäftigung mit technischen Dingen gehört ja in Deutschland — leider — nicht zur sog. allgemeinen Bildung. Aber zum Glück gehört der Name Zeiss zu denen, die man als populär bezeichnen darf. Er verdankt ursprünglich die Popularität den Mikroskopen, dann dem „Zeissglaß“, und die Popularität wird auf das höchste steigen durch das Zeiss-Planetarium, das bald zu den Dingen gehören wird, die man gesehen haben muß.

ARN. BERLINER, Berlin.

Astronomische Mitteilungen.

Ether-Drift Experiments at Mount Wilson. DAYTON C. MILLER (Proc. of the nat. acad. of sciences U. S. A. 11, 306). Bekanntlich versucht man den Ätherwind aus der relativen Bewegung der Erde gegen das durch die im Durchschnitt ruhend gedachte Gesamtmasse des Universums definierte Inertialsystem¹⁾ zu bestimmen. Betrachten wir unter diesem Gesichtspunkt die genannte Abhandlung, so werden wir von ihr einen einwandfreien Nachweis einer Abhängigkeit des Azimuts des Ätherwindes von der Ortssternzeit verlangen müssen.

Die einzelnen Beobachtungsergebnisse werden nicht mitgeteilt, sondern nur die aus einer großen Anzahl von Einzelmessungen abgeleiteten Resultate. Diese werden in Form von Diagrammen wiedergegeben. Fig. 1, S. 309 stellt nun das Ergebnis der Messungen vom 0. bis 21. April 1921 vor. Man hat die einzelnen Messungen stundenweise in Gruppen, „sets“ genannt, zusammengefaßt. Unter diesen Gruppen wurden die einer gleichen Sternzeitstunde entsprechenden wiederum vereinigt, so daß das Gesamtergebn zu 6 Endwerten führt. Die Fig. 1, in der diese zusammengestellt sind, läßt aber keine Änderung des Azimuts mit der Sternzeit erkennen. Ich lese folgende Azimute im Sinne Nord gegen West ab: $0^h55^m = 51^\circ$; $5^h21^m = 29^\circ$; $12^h17^m = 26^\circ$; $15^h45^m = 29^\circ$; $18^h47^m = 27^\circ$; $22^h50^m = 35^\circ$. Diese Werte sind praktisch zu einem Mittelwert vereinbar, können also für einen Ätherwind infolge der Bewegung der Erde in ihrer Bahn oder überhaupt im Raume nicht in Betracht kommen. Die bei den Versuchen erhaltene Streifenverschiebung in dem Interferometer muß daher eine andere Ursache haben.

In Fig. 4 werden die Beobachtungsergebnisse vom 4., 5. und 6. September 1924 dargestellt. Die Anordnung dieser Figur läßt allerdings die im Text bemerkte Tatsache, daß diese Messungen bei einer deutlichen Verschiebung der Streifen Größe und Richtung des Ätherwindes wie auf dem Mt. Wilson ergeben haben, nicht erkennen. Die Resultate sind bloß nach Himmelsrichtungen eingetragen und besagen daher gar nichts. Sie stellen vermutlich in jeder Kurve die in einer bestimmten Stunde gefundenen Streifenverschiebungen dar. Ich habe von oben aus gerechnet Kurve 6 bis einschließlich 10 gemittelt, da sie ihrem Verlauf nach nahezu derselben Stunde angehören dürften. Aus dieser Untersuchung erhalte ich für die neuen auf einer Horizontalen gelegenen Punkte folgende Verschiebungen in Bruchteilen der Streifenbreite mit den darunterstehenden m. F. von links nach rechts:

$$\begin{array}{ccccccccc} -0,017 & +0,043 & +0,070 & +0,093 & +0,020 & -0,063 & & & \\ \pm 18 & \pm 17 & \pm 37 & \pm 25 & \pm 18 & \pm 29 & & & \\ & -0,087 & -0,083 & -0,010 & & & & & \\ & \pm 29 & \pm 18 & \pm 18 & & & & & \end{array}$$

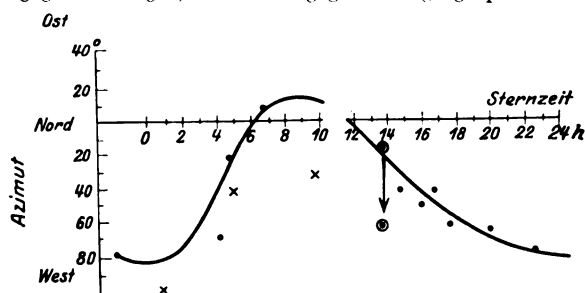
Aus diesen Zahlen ergibt sich nach der Formel $l \cdot \frac{\beta^2}{\lambda}$

mit der beobachteten Höchstverschiebung ($l = 68,6$ m; $\lambda = 4,57 \cdot 10^{-5}$ cm) von 0,093 eine Geschwindigkeit von $7,5 \pm 1$ km, d. i. ein Viertel des erwarteten Effektes. Da aber die Messungen gar nicht nach Sternzeitstunden angegeben werden, kann, wie oben ausgeführt, von einem Nachweis des Ätherwindes durch diese Art der Mitteilung keine Rede sein.

Dagegen lassen sich die Beobachtungen vom 27. März bis 6. April 1925 besser diskutieren. Sie werden zweimal

¹⁾ Vgl. hierzu: J. BAUSCHINGER, Die astronomische Festlegung des Trägheitssystems. Naturwissenschaften 47, 1005.

in verschiedener Form graphisch dargestellt. Fig. 2 bringt die gesamte Anzahl der Beobachtungen in 13 Werte vereinigt, während Fig. 5 dieselben zu 10¹⁾ Werten vereinigt. Liest man aus Fig. 2 die einzelnen Werte ab, so erhält man eine doch etwas von der so schön ausgefallenen Kurve in Fig. 5 abweichende Verteilung der Werte. Durch diese läßt sich, wie aus der beigegebenen Zeichnung zu ersehen ist, kaum eine Kurve in dem gewünschten Sinne legen. MILLER hat für die Fig. 5 manche Werte anders behandelt, wobei besonders auffällt, daß der Wert bei 13^h27^m nach Fig. 2 rund 65° Nord gegen West in Fig. 5 bei 18° eingezeichnet ist. Es ist also eine von den beiden Zahlen entweder bei der graphischen Darstellung versehentlich entstellt worden, oder es sind mit den Werten hier nicht mitgeteilte Maßnahmen vorgenommen worden. Wird die Fig. 5 im Sinne der Fig. 2 berichtigt, so wird es sehr wenig wahrscheinlich, daß eine mit der Sternzeitstunde gleichlaufende Veränderung des Azimutes vorliegt (s. die beigegebene Figur). Da bei gegebener geographischer



Obige Figur stellt im wesentlichen die Fig. 5 der besprochenen Arbeit vor, nur sind die aus Fig. 2 von MILLER nicht übertragenen Werte hier durch Kreuze gekennzeichnet, und ferner ist der eine in einen Kreis eingeschlossene Punkt nach den Angaben der Fig. 2 in die durch den Pfeil angedeutete Lage zu versetzen.

Breite Sternzeit, Stundenwinkel und Azimut zur Bestimmung der Deklination des Zielpunktes der Bewegung führen, so kann man die Fig. 5 für sich allein unter der Annahme ihrer Korrektheit in der gegebenen Form nach dieser Richtung hin auswerten. Es ergeben sich stark voneinander verschiedene Werte der Deklination des Apex, und damit die Schlußfolgerung, daß die Kurve mit der Bewegung der Erde in ihrer Bahn und der der Sonne nach dem allgemein angenommenen oder auch einem anderen Apex dieser Bewegung nicht vereinbar ist.

Es ist zu verlangen, daß solche Beobachtungen, über einen großen Teil des Jahres fortgesetzt, die Bahnbewegung der Erde genau wiedergeben. Außerdem dürfen sie nicht nur an einem Ort gemacht werden. Auch ist die Höhe zum Nachweis einer Änderung des Ätherwindes mit derselben stark zu variieren. Hier sei die Jungfrau in der Schweiz zur Einrichtung mehrerer Beobachtungsstationen in verschiedener Höhe als sehr geeignet vorgeschlagen oder auch die Hochgipfelstation der Harvardsternwarte in Peru, die ebenfalls mit

¹⁾ Es handelt sich hier tatsächlich nur um zehn verschiedene Werte, da von den elf Punkten der erste und letzte in dieselbe Stunde fallen, also offenbar auf denselben Beobachtungsmaterial beruhen. Da MILLER ausdrücklich von „eleven“ schreibt, müßte ein Punkt bei der Reproduktion der Figur 5 verloren gegangen sein.

einer Bahn bequem zu erreichen ist, worauf mich Geheimrat DES COUDRES gesprächsweise aufmerksam machte.

Zusammenfassend ist also zu sagen, daß die Ergebnisse von MILLER zum mindesten in der mitgeteilten Form für das Vorhandensein eines Ätherwindes durchaus nicht beweisend sind, ganz abgesehen davon, daß MILLER im Juli 1924 in Cleveland mit demselben Interferometer keine Streifenverschiebung beobachten konnte. Man kann nur mit Spannung einer ausführlichen Abhandlung über die Versuche auf dem Mt. Wilson entgegensehen und hoffen, daß die Experimente im Falle einer notwendigen Klärung auch bei uns in Angriff genommen werden können.

J. WEBER.

Marsaufnahmen in verschiedenfarbigem Lichte.
Für die Marsforschung ergeben sich interessante Anregungen aus einer Beobachtungsreihe, die W. H. WRIGHT¹⁾ 1924 mit dem Crossleyreflektor der Lick-

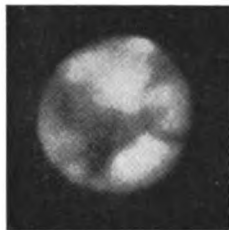
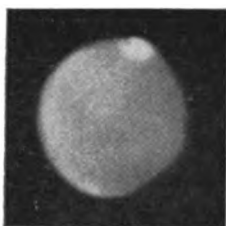


Fig. 1. Nahezu gleichzeitige Aufnahmen des Mars im violetten (Fig. 1) und im ultraroten (Fig. 2) Lichte.

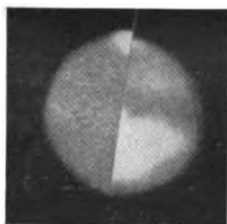


Fig. 3. Zwei durchschnitten und in der Mitte aneinandergelegte Bilder. Linke Hälfte: im violetten Lichte. Rechte Hälfte: im ultraroten Lichte.

Sternwarte ausgeführt hat. Daß bei photographischen Aufnahmen der Marsoberfläche ein Gelbfilter verwendet werden muß, damit die Bilder dem Eindruck bei der direkten Fernrohrbeobachtung entsprechen, ist bekannt. Die Abweichungen, die bei Aufnahmen in anderem Lichte auftreten, sind die Grundlage des WRIGHTschen Verfahrens. In der einen Reihe von Aufnahmen werden die üblichen photographischen Platten ohne Farbfilter verwendet; wirksam ist hierbei also blaues und violettes Licht mit der mittleren Wellenlänge 4400 Å. Für die andere Reihe kommen mit Kryptocyanin sensibilisierte Platten, die einen engen Empfindlichkeitsbereich im ultraroten Spektralgebiet bei 7600 Å haben, und ein entsprechendes Filter zur Anwendung.

¹⁾ Photographs of Mars made with light of different colors. Lick Observatory Bulletin Nr. 306.

Die Bilder der beiden Reihen sind grundsätzlich verschieden. Die ultraroten Bilder zeigen die bekannten Merkmale der Marsoberfläche, die hellen und dunklen Gebiete mit ihren großenteils wenig veränderlichen Umrissen. Sie zeigen sie schärfer als Aufnahmen in gelbem Lichte, die auch in geringerer Zahl gemacht worden sind und dem direkten Anblick entsprechen. Auf den violetten Bildern ist nichts von diesen Oberflächenmerkmalen zu sehen; sie zeigen eine fast gleichmäßig erleuchtete Scheibe, aus der nur die Polkappe heller hervortritt. Was wir im violetten Lichte sehen, ist also offenbar nicht die Oberfläche des Planeten.

Die roten und die violetten Aufnahmen zeigen noch andere charakteristische Unterschiede. Bei den roten Bildern nimmt die Helligkeit nach dem Rande hin ab, die Planetenscheibe hat auf ihnen keine scharfe Begrenzung. Das ist eine Erscheinung, die auch bei der Sonne und bei Jupiter auftritt und durch die Absorption des Lichtes in deren Atmosphären erklärt werden kann. Wir müssen also auch auf dem Mars eine Atmosphäre annehmen, die rote und ultrarote Strahlen absorbiert, aber doch nur in dem Maße, daß das Sonnenlicht auf dem Hinein- und Herauswege (außer am Rande) nicht vollständig verschluckt wird. Für violettes Licht scheint diese Atmosphäre aber gänzlich undurchsichtig zu sein. Nach dem Muster unserer Luft könnte man annehmen, daß die kurzwellige Strahlung zum größten Teile zerstreut würde. Dem widerspricht aber die Tatsache, daß die Gesamthelligkeit des Mars im violetten Lichte nur etwa 10% des Betrages erreicht, der bei vollständiger Streuung zu erwarten wäre. Eine Klärung dieser Frage ist mit den bis jetzt vorliegenden Beobachtungen noch nicht möglich.

Die roten Bilder sind kleiner als die violetten, während bei entsprechenden Aufnahmen der Venus eine solche Verschiedenheit nicht auftritt. Wenn man die gemessene Größendifferenz als reell hinnimmt, ergibt sich für die bei diesen Aufnahmen wirksame Atmosphäre eine Höhe von 100 km. Der Durchmesser läßt sich auf den violetten Bildern mit weit größerer Genauigkeit messen als am Fernrohr. Den Einfluß der Plattensorte muß man durch Eichungen mit bekannten Distanzen (Doppelsterne) zu beseitigen suchen.

Sehr merkwürdig sind die Erfahrungen mit der weißen Polkappe, die bei der visuellen Beobachtung ein auffälliges Gebilde ist und meist als eine Schneekappe auf der Oberfläche des Planeten angesehen wird. Sie tritt sonderbarer Weise auf den ultraroten Bildern nur wenig hervor; sie ist sichtbar, aber doch nicht stärker als andere helle Oberflächengebiete. Auf den violetten Bildern, auf denen sonst nichts zu sehen ist, ist gerade die Polkappe die augenfälligste Erscheinung. Ob sie deswegen als ein atmosphärisches Gebilde angesehen werden muß, läßt sich bei der Unsicherheit der theoretischen Spekulationen noch nicht entscheiden. Wolkenähnliche Bildungen treten in der Marsatmosphäre auf. An einigen Tagen fand sich auf den violetten Aufnahmen auch eine schwach leuchtende Kappe über dem anderen Pol, und häufig erschienen (auch nur im violetten Lichte) hellere Streifen, die in einer der Rotation entsprechenden Zeit über die Planetenscheibe wanderten.

Naturngemäß sind durch diese Versuche mehr Fragen aufgerollt als gelöst worden. Bei der Marsopposition 1926, bei der Mars nicht so nah sein wird wie 1924, aber in bedeutend nördlicherer Deklination, wird sich vermutlich mehr erreichen lassen.

KRUSE.

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Vierzehnter Jahrgang

8. Januar 1926

Heft 2

Die Konstitutionsserologie und ihre Anwendung in der Biologie und Medizin.

Von L. HIRSZFELD, Warschau.

Die moderne Konstitutionslehre zeichnet sich dadurch aus, daß sie nicht die Arteigenschaften, sondern in erster Linie die individuellen Merkmale innerhalb der Art ins Auge faßt. Wenn ich daher schon im Titel den Begriff der Konstitutionsserologie aufstelle, so muß ich den Beweis erbringen, daß durch serologische Methoden innerhalb der Art individuelle Eigenschaften festgestellt werden können, die nicht den Zufälligkeiten der Umwelt, wie die Immunkörper, ihre Entstehung verdanken, sondern konstitutionell bedingt sind. Es scheint in der Tat, daß sich ein eigenartiger Bau der Konstitutionsserologie erhebt, dessen Grundsteine bereits vor etwa 15 Jahren v. DUNGERN und seine Mitarbeiter gelegt haben, und der ungeahnte Zusammenhänge mit der Vererbungsforschung, Anthropologie und Pathologie der Infektionskrankheiten gewinnt. Ich folge gerne der Aufforderung der Redaktion, über diese Arbeiten zu berichten, werde aber nicht umhin können, nicht nur das bis jetzt Festgestellte, sondern auch die Richtlinien und neu auftauchende Entwicklungsmöglichkeiten dieses jüngsten Zweiges der Immunitätsforschung zu entwerfen.

Injiziert man einem Tier Zellen einer entfernten Tier- oder Pflanzenart, so erscheinen bekanntlich im Blutserum Antikörper, die in erster Linie die Arteigenschaften der injizierten Substanzen charakterisieren. Wir nennen solche Substanzen, die imstande sind, Antikörper hervorzurufen, bekanntlich *Antigene*. Die Charakterisierung der Arteigenschaften war das Gebiet der klassischen Immunitätsforschung, da die unter dieser Versuchsanordnung gewonnenen Antikörper mit allen Zellen der Art, deren Gewebe zur Injektion benutzt wurde, mehr oder weniger gleichmäßig reagierten. Die Artspezifität der Antikörper beruhte darauf, daß die Fremdheit der injizierten Substanzen den Reiz zur Antikörperentstehung abgab; das „Fremde“ bezog sich aber hier zunächst auf die Art.

Anders liegt die Sache, wenn wir die Immunisierungen *innerhalb* der Art vornehmen; in diesem Falle werden die Arteigenschaften nicht als fremd empfunden und lösen daher keine Antikörperbildung aus; hier können lediglich Differenzen *innerhalb* der Art zur Grundlage der Antigenwirkung dienen. Solche Immunisierungen haben zuerst EHRLICH und MORGENROTH bei Ziegen vorgenommen und zeigen können, daß die entstandenen Antikörper das Blut verschiedener Individuen ungleichmäßig hämolysierten. Diese gegen die Zellen der gleichen Art gerichteten Antikörper (Hämolysine, Agglutinine usw.) wurden die *Isoantikörper* genannt.

v. DUNGERN und HIRSZFELD haben dann ähnliche Versuche bei Hunden vorgenommen, wobei sie hauptsächlich 2 „isoagglutinable“ Eigenschaften feststellten. Diese Eigenschaften fehlten bei manchen Hunden, bei anderen kamen sie zusammen vor, so daß man Hundegruppen A, B, AB unterscheiden konnte, wenn man mit Buchstaben diese chemisch unbekannten Eigenschaften benennen will. Manche Hundblutsorten ließen sich durch Isoantikörper nicht beeinflussen, sie besaßen keine isoagglutinablen Substanzen, wir können sie als die Gruppe O bezeichnen. Es stellte sich nun heraus, daß bei gegenseitiger Immunisierung die Antikörper nicht immer entstehen, sondern nur dann, wenn *das injizierte Blut einer anderen Blutgruppe gehörte als das Blut des injizierten Tieres*. Die Isoantikörper sind dann nur gegen diese gruppenfremden Substanzen gerichtet. So z. B. bewirken die Blutkörperchen AB bei einem Hund A die Entstehung von Anti-B, bei dem Hund B ein Anti-A, bei dem Hund O ein Anti-AB, während der Hund AB überhaupt keine Isoantikörper liefert. Diese Feststellung, der sich eine Reihe ähnlicher Beobachtungen auf anderen Gebieten der Serologie zur Seite stellte, kann nun verallgemeinert und so gefaßt werden, daß *chemische und physikalische Eigenschaften einer Substanz nicht genügen, um über deren antigene Eigenschaften zu entscheiden. Erst die Differenz zu den Substanzen des immunisierten Tieres stempelt einen Körper zum Antigen und entscheidet über dessen serologische Spezifität. Die serologischen individuellen Eigenschaften des immunisierten Tieres sind demnach für die Entstehung und die Spezifität der Antikörper von derselben Bedeutung wie die serologischen Eigenschaften des Antigens*. Ich werde später zeigen, daß die Konstitutionsserologie sich auf diesem Gesetz teilweise aufbauen kann.

Die Untersuchungen über die Vererbung dieser Eigenschaften bei Menschen wurden außerordentlich erleichtert dadurch, daß bereits ohne Immunisierung sog. normale Isoantikörper vorhanden sind, die eine individuelle Differenzierung des Menschenblutes ermöglichen.

Diese Feststellung verdanken wir LANDSTEINER, der als erster in grundlegenden Untersuchungen zeigte, daß man bei Menschen, unabhängig von irgendwelchem pathologischen Geschehen, je nach dem Gehalt dieser sog. isoagglutinablen Substanzen mehrere Gruppen unterscheiden kann, wobei die *Angehörigen einer Gruppe im Serum nie Antikörper gegen das eigene Blut, stets aber gegen die ihnen fehlenden Substanzen enthalten*. Bezeichnet man die eine isoagglutinable Substanz mit dem Buchstaben A, die andere mit dem Buchstaben B,

so läßt sich die LANDSTEINERSche Regel durch folgendes Schema anschaulich machen.

	Gruppe I	II	III	IV
Serum enthält	Anti-A Anti-B	Anti-B	Anti-A	O
Blutkörperchen enthalten	O	A	B	AB

Wenn man ein Serum Anti-A und Anti-B besitzt, kann man in kurzer Zeit die Gruppenbestimmung des Blutes vornehmen.

Die LANDSTEINERSche Entdeckung hat uns das Instrument in die Hand gegeben, indem sie durch äußerst leichte Feststellung individueller serologischer Eigenschaften die weitere Arbeit auf diesem Gebiete ermöglichte. Das Problem der individuellen Differenzierung des Menschenblutes wurde so angebahnt, wenn auch nicht gelöst. Warum legen verschiedene Menschen ein so differentes serologisches Verhalten an den Tag? Liegen hier konstitutionelle Momente und Rasseeigentümlichkeiten vor? Diese Frage wurde im Institut für Krebsforschung in Heidelberg 1910 von v. DUNGERN und HIRSZFELD beantwortet. Wir untersuchten 72 Familien, hauptsächlich aus den Professorenkreisen, und konnten die *Vererbbarkeit dieser Eigentümlichkeiten mit Sicherheit nachweisen*. Es stellte sich heraus, daß die Eltern mit bestimmten isoagglutinablen Eigenschaften dieselben meistens auf die Nachkommenschaft übertragen; manchmal verschwinden jedoch die Eigenschaften. So haben z. B. die Eltern der Gruppe A meistens Kinder A, seltener der Gruppe O, nie aber B oder AB. Eltern der Gruppe B haben umgekehrt Kinder der Gruppe B, manchmal O, nie aber A oder AB. Eltern der Gruppe O können nur Kinder O erzeugen, wogegen Kinder der Eltern AB alle Eigenschaften aufweisen können, also allen 4 Gruppen gehören. Wir sehen demnach, daß die serologischen Reaktionen geeignet sind, bei der Eruierung des Vaters forensisch angewandt zu werden, denn die Eigenschaften A und B des Kindes, falls sie bei der Mutter fehlen, müssen bei dem richtigen Vater vorgefunden werden. In der Tat wurden die Isoreaktionen in Deutschland bereits mehrere Male gerichtlich angewandt. (Über die rechtliche Seite des Problems siehe: Die forensisch-medizinische Verwertbarkeit der Blutgruppendiagnose nach deutschem Recht. Von FRITZ SCHIFF, in LATTES, Individualität des Blutes. Julius Springer Verlag.)

Da die isoagglutinablen Eigenschaften, die bei den Eltern vorhanden waren, bei den Kindern verschwinden können, so haben wir eine diskontinuierliche Vererbung vor uns, wie sie vor allem durch das bekannte MENDELSche Gesetz umschrieben wird. Da die isoagglutinablen Eigenschaften bei den Kindern nicht auftreten können, wenn sie bei den Eltern fehlen, so haben wir mit den sog. dominanten Merkmalen zu tun. Da Eltern AB $\times$ O Kinder mit den isolierten Eigenschaften A oder B zeugen können, so können sich offenbar die beiden isoagglutinablen Eigenschaften isoliert vererben. Wir haben daher angenommen,

daß die isoagglutinablen Eigenschaften A und B unabhängige dominante Eigenschaften sind, denen nach der üblichen Fassung das Fehlen dieser Eigenschaft, also a und b gegenüberstehen, und die also als 2 unabhängige Allelomorphenpaare nach dem MENDELSchen Gesetz vererbt werden.

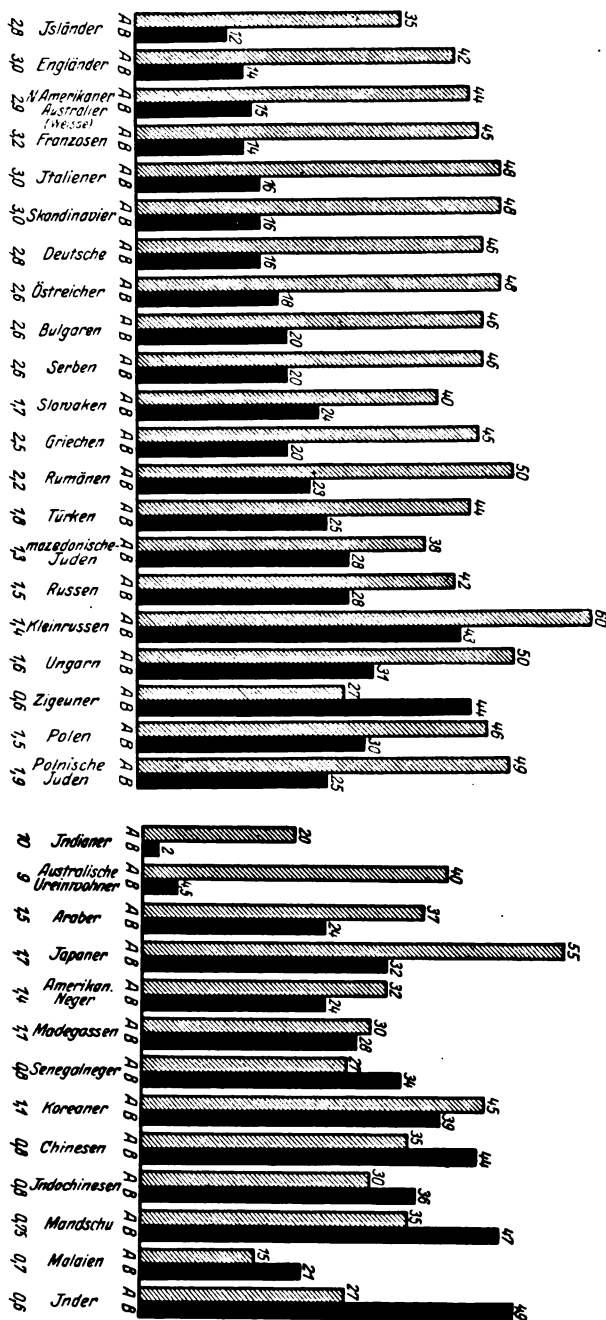
Unsere Untersuchungen wurden von LEARMONTH, OTTENBERG, MINO, JERWEL, KIRIHARA, PLÖSS u. a. bestätigt, so daß gegenwärtig genetisches Material von über 2000 Kinder vorliegt, wobei nur einige wenige Ausnahmen von der von uns gefundenen Regel der Dominanz der Eigenschaften A und B beschrieben wurden. (Illegitimität?) (Auf die interessante Arbeit von BERNSTEIN, der unter Anerkennung der Dominanz von A und B eine andere Erbformel vorschlägt, will ich hier nicht eingehen.)

Diese Untersuchungen haben demnach die konstitutionelle Bedingtheit der isoagglutinablen Eigenschaften sichergestellt. Populationen, die sich in bezug auf bestimmte vererbare Merkmale unterscheiden, nennen wir Rassen. Es entstand daher die zweite Frage, auf welche Weise die in Europa beobachtete serologische Rassenmischung entstanden ist. Zur Prüfung dieser Frage war es zunächst notwendig, Vertreter verschiedener Völker bzw. anthropologischer Rassen unter den gleichen klimatischen und epidemiologischen Bedingungen vergleichsweise zu untersuchen. Durch einen Zufall des Krieges konnte ich gemeinsam mit meiner Frau Dr. HANNA HIRSZFELD an der mazedonischen Front das dort gesammelte Völker- und Rassengemisch genau serologisch untersuchen. Es stellte sich nun heraus, daß bei *sämtlichen untersuchten Völkern alle Gruppen vorkommen, daß aber die Verteilung der Gruppen je nach der geographischen Lage des Vaterlandes des betreffenden Volkes verschieden war. Die Gruppe A ist bei mittel- und nordeuropäischen Völkern mehr verbreitet und beträgt über 40%.* Sowohl nach dem Osten wie nach dem Süden *nimmt der Prozentsatz der A-Fälle ab*, so daß die Völker um das Mittelmeer, die Grenzvölker zwischen Asien und Europa (Russen, Türken usw.) nur 30–40% A besitzen. Schließlich die Indier, Anamiten und Neger haben weniger als 30% A. *Bei der Gruppe B finden wir die entgegengesetzte Tendenz:* bei den am meisten westlich liegenden Völkern am wenigsten ausgesprochen (z. B. bei den Engländern nur 10%), finden wir die Gruppe B bis zu den Indiern kontinuierlich ansteigend, wo einzelne Stämme bis 60% B aufweisen. *Wir sehen also einen steten Abfall von A von Westen nach Osten und Süden, verbunden mit einer Zunahme von B.* Dabei ist die Häufigkeit der Gruppe von den klimatischen Einflüssen anscheinend unabhängig, so daß eine auch vor Jahrhunderten ausgewanderte Bevölkerung noch deutlich das Gepräge des Ausgangsvolkes trägt. So z. B. hatten die griechischen Flüchtlinge in Saloniki, die aus Kleinasien stammten, dieselbe prozentuelle Häufigkeit der Gruppen wie die sonstige balkanische Bevölkerung, während die dort

wohnenden Mohammedaner mehr B aufwiesen, entsprechend ihrer türkischen Herkunft. Die deutsche Bevölkerung in Ungarn hatte, nach den interessanten Feststellungen von VERCAR und WESECKY, durchaus die Gruppenhäufigkeit der westeuropäischen Bevölkerung, während z. B. die Zigeuner, die bekanntlich nach ihrem Idiom von den Indiern stammen, mehr B als A enthalten und daher serologisch ihren Jahrhunderte zurückliegenden Ursprungsort noch verraten. Die Verteilung der Gruppenhäufigkeit deckt sich nicht genau mit den gegenwärtigen ethnischen oder staatlichen Grenzen. So enthält z. B. die norddeutsche Bevölkerung an manchen Orten bis zu 60% A und 12% B, während z. B. die sächsische Bevölkerung in Leipzig mit dem starken slawischen Einschlag nur 40% A, dagegen 24% B enthält. Ähnlich zeigt z. B. Oberitalien mit der stärkeren Mischung nord-europäischen Blutes 45% A und 13% B, während die Südtaliener 39% A und 17% B aufweisen. In China scheint das Verhältnis umgekehrt zu liegen, indem in manchen nördlichen Provinzen das B prävaliert. Bei den Japanern steht der Stamm Madschus den Indiern nahe, andere Stämme haben eine größere Beimischung des A-Blutes, überall beträgt die B-Menge über 30%. Nach manchen Autoren lassen sich historische Wanderzüge der Völker an der prozentuellen Häufigkeit der Gruppen noch deutlich ablesen. So nach den Arbeiten von POPOVICU an über 20000 Individuen in Rumänien überwiegt der Bestandteil B in den Landstrichen, die den Einwanderungen besonders ausgesetzt waren, wie im Süden in der Donauebene, im Osten in der Moldau und im Norden und Osten in Transylvanien. In abseits gelegenen, isolierten Gebirgsdörfern tritt hingegen B an Häufigkeit zurück, einerlei, ob es sich um rumänische, ungarische oder deutsche Dörfer handelt. In Polen¹⁾ decken sich die Provinzen, bei welchen A dominiert, bis zu einem gewissen Grade mit der nordeuropäischen, alpinen und dinarischen Rasse, wobei die Berechnungen der Korrelation in verschiedenen Bezirken ebenfalls auf diese Zusammenhänge hinweisen. Von besonderem Interesse ist nun der Befund, daß bei manchen Rassen gewisse isoagglutinablen Eigenschaften zu fehlen scheinen. So z. B. weisen die amerikanischen Indianer nach COCA-DEIBERT nur 2,1% B (und 20% A) auf, die Uraustralier nach TEBUTT und CONNEL nur 3% B. Ich kann hier nicht die ganze Literatur mitteilen und möchte zur Erläuterung die folgenden 2 Tabellen aus dem Buch von LATTES an- geben, der in dem von uns seinerzeit entworfenem Schema die bisherige Literatur zusammenstellte.

Es ist gegenwärtig nicht möglich, eine sichere Theorie über diese eigentümliche Verteilung zu geben. Der kontinuierliche Abfall und Zunahme der Gruppen legen natürlich den Gedanken an Völkerwanderungen ganz besonders nahe. Wir haben daher die Vermutung ausgesprochen, daß die

¹⁾ FRIL. HALBER und MYDLARSKI.



LATTES, Individualität des Blutes, Abbildung 31 und 32. Seite 101 und 102. Verlag von Julius Springer.

dominanten, isoagglutinablen Eigenschaften A und B verschiedene Entstehungsorte haben, und zwar A in Zentral- oder Nordeuropa, B in Asien vielleicht speziell Indien. Die eigentümliche Verteilung wäre dann der Ausdruck von Wanderungen verschiedener biochemischer Rassen, wobei der große nordeuropäische Strom einer Urrasse A sich

anscheinend nach dem Osten und Süden übergroß, immer ständiger abnehmend, aber schließlich die entferntesten Winkel Ost- und Südasiens erreichte. In umgekehrter Richtung ging die Wanderung der Gruppe B. Eine sichere Deutung der vorliegenden Befunde ist aber besonders schwierig, da wir über die Entstehungsart dieser Eigenschaften noch nichts wissen¹⁾. Es wäre möglich, daß die prähistorischen Menschen den reinen Urrassen A und B gehörten. Falls Menschen A die rezessive Eigenschaft b (Erbformel AA^{bb}) und Menschen B die rezessive Eigenschaft a (Erbformel BB^{aa}) enthielten, so müßte bei der Kreuzung dieser 2 Rassen allein nach dem MENDELSchen Gesetz in $\frac{1}{16}$ der Fälle die Gruppe ab, also O auftreten. Falls dieser Gruppe ein Selektionswert zukommen würde, so könnte sie schließlich die gegenwärtige Häufigkeit erlangen (s. später S. 21). Es wäre anderseits möglich, daß die Eigenschaften A oder B in einer serologisch undifferenzierten Bevölkerung durch Mutation entstanden sind (BERNSTEIN, SCHIFF), aber auch umgekehrt, daß die Gruppe O eine Verlustmutante darstellt. BERNSTEIN nimmt z. B. an, daß eine Urrasse A oder B nach dem Westen bzw. Osten sich über eine unmutierte O-Bevölkerung übergroß, wobei er die stillschweigende Voraussetzung macht, daß diese Urrassen A und B rein waren. In diesem Zusammenhange ist von besonderem Interesse, welche gruppenspezifischen Eigenschaften die Tiere, speziell anthropoide Affen besitzen. Die Untersuchungen von v. DUNGERN und HIRSZFELD und BROKMAN, sowie die letzten Arbeiten aus meinem Laboratorium²⁾ zeigten, daß die Eigenschaften A und B, die wir bei Menschen feststellen, auch schon bei Tieren nachweisbar sind. Bereits v. DUNGERN und HIRSZFELD fanden bei 2 untersuchten Schimpansen die menschliche Eigenschaft A. LANDSTEINER und MILLER stellten nun die interessante Tatsache fest, daß von 12 untersuchten Schimpansen 9 die Eigenschaft A enthielten und kein einziger B, während von 5 Orang-Utangs nur 2 der Gruppe A angehörten, dagegen 3 die Eigenschaft B aufwiesen. Der eine untersuchte Gibbon war B. Von niederen Affen wiesen sämtliche Platyrrhinae die Eigenschaft B auf, während 27 Blutsorten (von 7 geprüften Rassen) von Catarrhinae keine Eigenschaften A bzw. B aufwiesen.

Es ist wohl nicht zu verlangen, solche Fragen, wie den Werdegang der Menschheit oder die phylogenetische Stellung von Homo sapiens, mit Hilfe einer Methodik zu lösen, die zu diesen Problemen erst seit wenigen Jahren herangezogen wurde. Die Immunitätsforschung kann aber das stolze Bewußtsein haben, daß ihre Methodik nicht nur der

Pathologie und Therapie, sondern auch den Grundproblemen der Biologie von Nutzen sein kann.

In den vorigen Ausführungen habe ich die Entwicklung skizziert, die die Blutgruppenforschung seit den ersten Arbeiten von v. DUNGERN und HIRSZFELD angeschlagen hat, wobei ich mich bereits auf ansehnliche bestätigende Literatur berufen konnte. Wenn ich nun jetzt versuche, auf die weiteren Zusammenhänge hinzuweisen, so werde ich mich hauptsächlich auf die neuesten Arbeiten aus meinem Institut beziehen müssen, die in den letzten 2 Jahren entstanden sind. In der Medizin ist die Gruppenforschung hauptsächlich durch die Transfusionen bekannt, da man nur das Blut der eigenen Gruppe bzw. das nicht isoagglutinable Blut der Gruppe O zur Transfusion verwenden darf. Es scheint auch, daß die Hauttransplantationen nur innerhalb der eigenen Gruppe gelingen, was namentlich bei Organtransplantationen beherzigt werden sollte, da, wie erwähnt, gruppenspezifische Differenzierung auch bei Tieren vorkommt. Auf diese bekannten mehr praktisch-technischen Fragen will ich hier nicht näher eingehen, sondern die tieferen Zusammenhänge zwischen der Gruppenforschung und allgemeinen Biologie zu beleuchten versuchen. Zunächst möchte ich eine Frage vorwegnehmen, die bei genetischen Berechnungen berücksichtigt werden müßte. Die isoagglutinablen Eigenschaften vererben sich nach der MENDELSchen Regel. Falls Eltern verschiedenen Gruppen angehören, kann das Kind sowohl die Gruppe der Mutter wie diejenige des Vaters aufweisen. In diesem letzten Falle trägt die Frau eine Frucht, deren Blutkörperchen sie agglutinieren kann; die Blutkörperchen der Frucht könnten die Mutter gefährden, ähnlich wie bei einer ungeeigneten Transfusion. Wie wehrt sich die Frucht gegen das Eindringen mütterlicher Isoantikörper? Welcher Mechanismus schützt die Mutter gegen die Invasion kindlicher gruppenspezifisch fremder Isoantigene? Unsere gemeinsam mit Dr. ZBOROWSKI unternommenen Versuche ergaben, daß hier 2 Mechanismen eingreifen. Es stellte sich heraus, daß die *Durchlässigkeit der Placenta für Isoantikörper eine beschränkte, und zwar mit der Blutgruppe korrelierte ist*. Falls Mutter und Frucht der Gruppe O gehören, gehen die Isoantikörper in ca. 90% auf die Frucht über. Bei Mutter und Frucht A dagegen nur in ca. 9%, bei Mutter und Kind B in ca. 30%. Es dürfte wohl von theoretischem Interesse sein, daß die Durchlässigkeit der Placenta für Isoantikörper eine konstitutionelle Eigenschaft ist, die mit der Blutgruppe in Korrelation steht, denn dies zeigt, in welcher intimen, ungeantanten Zusammenhänge die konstitutionellen Grundlagen des Organismus hineinspielen. Wo die Frucht sich in einer gruppenfremden Mutter entwickelt, sprechen wir von einer heterospezifischen Entwicklung, im Gegensatz zu der homospezifischen, wenn die Mutter und das Kind derselben Gruppe angehören. Nun fanden wir, daß aus dem Serum der Mutter

¹⁾ Ich verweise diesbezüglich auf die Arbeiten von OTTENBERG, Journ. of the Americ. med. assoc. 384, Nr. 19, 1925, und BERNSTEIN, Zeitschr. f. induktive Abstammungs- u. Vererbungslehre 37, H. 3, die in ihren Überlegungen auch die Häufigkeit der Gruppe O berücksichtigen.

²⁾ AMZEL, HALBER, HIRSZFELD, BIALOSUKNIA und KACZKOWSKI.

sehr häufig diejenigen Isoantikörper verschwinden, die mit dem Blut des Kindes reagieren können. Wir sehen demnach, daß besondere Mechanismen eingreifen müssen, um die Frucht in ihrer Entwicklung in einer gruppenspezifisch fremden Mutter zu schützen. Es ist uns a priori wahrscheinlich, daß diese Schutzmechanismen manchmal versagen können. In diesem Falle müßten die Früchte der Gruppe AB sowie auch die Mütter, die diese Früchte tragen, am meisten gefährdet sein, da in der Frucht die beiden Isoantigene A und B zusammen enthalten sind, während z. B. die Früchte der Gruppe O, deren Blutkörperchen sich nicht agglutinieren lassen, die größten Entwicklungsaussichten haben müßten. Es verlangt zahlreicher und eingehender Beobachtungen, bis man mit Sicherheit feststellen kann, ob diese vermutete geringere Befruchtungs- und Entwicklungsmöglichkeit bestimmter Gruppen in einer *serologisch gemischten Bevölkerung* in der Tat existiert. Wenn ich diese hypothetischen Überlegungen in diesem Artikel trotzdem hervorhebe, so tue ich es, um den bis jetzt nicht beachteten Gesichtspunkt zu betonen, daß die Lebensaussichten verschiedener serologischer Typen verschieden sein können. Bei Vermischung serologischer Rassen könnte demnach durch die Tatsache der Heterospezifität allein der Selektionswert serologischer Gruppen geändert werden. Falls anthropologische Eigenschaften mit den serologischen korreliert sind, würde sich dieselbe Überlegung auch auf anthropologische Rassen beziehen. Wenn wir nun Individuen AAbb mit BBaa zu gleichen Teilen kreuzen, so erhalten wir nach dem MENDELSchen Gesetz 9 AB, 3 A, 3 B und 1 a b (Gruppe O). In unseren Populationen ist aber die Gruppe O die häufigste, die Gruppe AB die seltenste. Inwieweit man hier eine andere Erbformel anwenden und auf überlagerte O-Rassen zurückgreifen will, wie dies BERNSTEIN tut, oder eine geringere Entwicklungsfähigkeit der Gruppe AB in Vergleich mit der Gruppe O annehmen muß, kann noch nicht beantwortet werden.

Wir haben bis jetzt als das einzige Merkmal, welches die serologische Differenzierung innerhalb der Art ermöglicht, die isoagglutinablen Substanzen dargestellt und die Bedeutung dieser Erscheinung für die Vererbungsforschung und Anthropologie beleuchtet. Es fragt sich aber, ob wirklich die Isoantigene das einzige individualspezifische Merkmal sind und ob die Erfahrung nicht andere individuelle, serologisch faßbare Merkmale zeigt, die ebenfalls konstitutionell bedingt sind. Die Erfahrung der letzten Jahre zeigte in der Tat eine große individuelle Verschiedenheit, die man sowohl bei Injektion entsprechend kleiner Giftdosen bei Menschen und Tieren, wie auch bei Infektion beobachten konnte. So z. B. können wir die Empfänglichkeit des Individuums für Diphtherie, Dysenterie und Scharlach durch intracutane Injektion der Toxine der betreffenden Erreger mit großer Wahrscheinlichkeit feststellen. Manche

Individuen enthalten normale Antitoxine, die das intracutan injizierte Toxin neutralisieren, während beim Fehlen dieser „normalen“ Antikörper das injizierte Toxin gewisse lokale leicht feststellbare Entzündungserscheinungen bewirkt. Namentlich hat die Reaktion bei Diphtherie, von SCHICK zuerst festgestellt, bereits eine große Verbreitung gefunden. Man wußte allerdings nicht, ob die Unempfindlichkeit für Diphtherie („negative SCHICKsche Reaktion“) einer früheren (evtl. unbemerkten) Infektion, also einer Immunisierung, ihren Ursprung verdanke, oder ob sie vererbt oder konstitutionell ist. Nur eine eigentümliche Erscheinung bei Menschen, nämlich die Idiosynkrasie, wurde von den Autoren mit großer Wahrscheinlichkeit auf konstitutionelle Ursachen zurückgeführt. Manche Tatsachen wiesen allerdings auf die Notwendigkeit der Übertragung konstitutioneller Gesichtspunkte auf die Serologie hin. Das Serum der meisten Meerschweinchen hat die Eigenschaft, mit Antikörper beladene Blutzellen zu lösen; wir sprechen hier vom Komplement. Nun stellten RICH und DOWNING sowie HYDE fest, daß manche Meerschweinchen kein Komplement besitzen. Bei der Kreuzung der komplementhaltigen mit komplementlosen wurde gefunden, daß *das Komplement nach dem MENDELSchen Gesetz vererbt wird*, wobei seine Anwesenheit dominant ist. Wir sehen demnach, daß die isoagglutinablen Substanzen (also auch die von ihnen abhängigen Isoagglutinine), das Komplement, sowie wahrscheinlich die idiosynkratischen Antikörper konstitutionell bedingt sind und sich nach dem MENDELSchen Gesetz vererben. Der Gedanke lag daher nahe, auch die Anwesenheit der normalen Antikörper gegen das Diphtherietoxin in gleicher Weise als konstitutionell zu betrachten. Der Beweis ist allerdings bei der Immunität für Krankheitserreger durch gewöhnliche stammesgeschichtliche Erhebungen nur schwer zu erbringen, da die Mitglieder einer Familie unter den gleichen epidemiologischen Bedingungen leben und daher eine gleiche Reaktion auf ähnliche Umwelteinflüsse (Infektion) zurückgeführt werden könnte. Bis jetzt weiß man z. B. nicht, ob das familiäre Vorkommen der Tuberkulose auf Masseninfektion der Kinder durch kranke Eltern, oder auf eine hereditäre Disposition zurückzuführen ist. Es schien daher nur ein Weg gangbar, die konstitutionelle Basis festzustellen, nämlich eine evtl. Korrelierung mit einer sicher konstitutionellen Eigenschaft. Die theoretische Möglichkeit einer solchen Korrelierung war auf Grund der bedeutenden Arbeiten von MORGAN denkbar.

MORGAN bemerkte, daß 2 Faktoren eine Neigung haben, so beisammen zu bleiben, wie sie bei den Elterntieren beisammen waren, daß sie gewissermaßen zusammengeköpelt sind. Diese Tatsache ist von der allergrößten theoretischen Wichtigkeit für die Mendelspaltung und Rassenunterschiede. Nach MORGAN bestehen die Chromosomen aus Teilstücken, die Chromomeren genannt werden. Schon vor der Reduktionsteilung findet nun wahrscheinlich zwischen beiden Chromosomen eines Paares eine Art Austausch von

mehr oder weniger langen Stücken der Chromomerenkette statt. Man stellt sich das am besten als ein Zerreiß der beiden Chromosomen an irgendeiner beliebigen Stelle und eine Auswechslung der dadurch entstandenen Teilstücke vor. Während aber die einzelnen Chromosomen eines Satzes untereinander nicht zusammenhängen, bei der Reduktionsteilung frei und unabhängig voneinander auf die Tochterzelle verteilt werden, hängen die einzelnen Chromomeren eines Chromosoms mehr oder weniger fest zusammen. Das hat zur Folge, daß zwei mendelnde Erbfaktoren, die in 2 verschiedenen Chromosomen liegen, frei und unabhängig voneinander mendeln, daß aber zwei mendelnde Erbfaktoren, die auf Verschiedenheiten im Bau zweier Chromomerenpaare des gleichen Chromosoms beruhen, nicht frei mendeln, sondern diejenigen Geschlechtszellen in größerer Zahl vorkommen, in denen die beiden Erbfaktoren in der Kombination zusammenliegen, in welcher sie in die Kreuzung zusammengekommen sind. Die Folgerung ist, daß bei jedem Organismus so viele Gruppen von untereinander mehr oder weniger stark gekoppelten Erbfaktoren vorkommen müssen, als dieser Organismus haploid Chromosomen hat. Dabei sind einzelne Faktoren stark, andere schwach gekoppelt, und zwar beruht das auf verschiedener Entfernung der Chromomeren: je näher 2 Chromomeren innerhalb eines Chromosoms zusammenliegen, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit, daß der Riß zwischen ihnen durchgeht. Die Häufigkeit der gemeinsamen Vererbung hängt somit von der Entfernung der betreffenden Chromomeren ab und ist demnach für verschiedene Merkmale verschieden.

Wir haben daher zusammen mit meiner Frau und Dr. BROKMAN untersucht, in welcher Weise die Diphtherieempfindlichkeit mit der Blutgruppe korreliert ist, indem wir bei Familien die Empfänglichkeit für Diphtherie (gemessen an der positiven SCHICKSchen Reaktion) und Blutgruppenzugehörigkeit bestimmten. Es stellte sich nun heraus, daß die Vertreter aller Gruppen sowohl positive wie negative SCHICKSche Reaktion aufweisen. Wenn beide Eltern SCHICK-positiv (diphtherieempfindlich) waren, so waren die Kinder immer positiv. Waren beide Eltern SCHICK-negativ, so waren die meisten Kinder zwar negativ, manchmal aber, namentlich jüngere, positiv. Der sichere Beweis der konstitutionellen Bedingtheit, der die Deutung von der Ähnlichkeit epidemiologischer Einflüsse unabhängig machte, konnte bei Familien erbracht werden, wo die Eltern verschiedenen Gruppen angehörten und auch eine verschiedene Empfindlichkeit für das Toxin an den Tag legten; denn in diesen Familien waren Kinder mit der Blutgruppe des positiven Elters immer positiv, diejenigen mit der Blutgruppe des negativen Elters meistens negativ, manchmal auch positiv. Wir sehen demnach, daß die Isoantikörper, das Komplement, die idiosynkratischen Antikörper und Diphtherieantitoxine konstitutionell bedingt und vererbbar sind. Es ist doch äußerst unwahrscheinlich, daß diese 4 Körper eine Ausnahme bilden sollen und daß, während sie vererbbar sind, andere normale Antikörper nur konditionell bedingte, durch Immunkörper¹⁾ s. z. s.

¹⁾ Daß eine solche Überlagerung an der konstitutionellen Auffassung nichts zu ändern braucht, dürfte

überlagerte Serumstrukturen sein sollen. Der Gedanke drängt sich daher auf, daß das Blutserum eine bestimmte konstitutionell bedingte Form hat, eine spezifische Struktur, den morphologischen Zellstrukturen vergleichbar. Unsere Erfahrung bei Menschen und Tieren zeigte nun, daß die verschiedenen normalen Antikörper, und zwar auch für nicht infektiöse Antigene, relativ unabhängig vorkommen. Ich glaube daher, daß den verschiedenen normalen Antikörpern [bzw. ihrem spezifischen Mangel¹⁾] besondere und zwar verschiedene Erbfaktoren entsprechen. Unsere Erfahrung bei Diphtherie zeigt nun, daß diese spezifischen Serumeigenschaften sich auch gemeinsam vererben können, was im Sinne von MORGAN auf die Nähe der betreffenden Erbanlagen zurückgeführt werden kann. Da der Koppelungskoeffizient von der Entfernung der Gene abhängig ist, so braucht auch die gemeinsame Vererbung der Gruppe und der Diphtherieempfindlichkeit nicht absolut zu sein. Unsere Erfahrung zeigt demnach, daß eine konstitutionelle Minderwertigkeit irgendeiner Eigenschaft (z. B. der isoagglutinablen) in bezug auf einen spezifischen Reiz durch die territoriale Nähe der Erbfaktoren bedingt sein kann. Dieselben Überlegungen könnten ceteris paribus auch auf anthropologische Eigenschaften angewandt werden: der Selektionswert auch anthropologischer Rassen kann dadurch beeinflußt und manche anatomischen Merkmale durch solche Koppelungen dem Untergange geweiht sein.

Die Auffassung der normalen Antikörper als genotypisch bedingter Serumstrukturen bzw. Zellfunktionen hat sowohl für die Medizin wie für die allgemeine Biologie weitgehende Konsequenzen. Vor allem möchte ich die äußerst übersichtliche Art der Vererbung der isoagglutinablen Substanzen betonen. Die Vererbungsforschung hat ihr Augenmerk meistens auf anatomische Merkmale gerichtet, die natürlich eine kompliziertere Entstehungsart haben und deren Vererbung eher eine Multiplizität der Erbfaktoren zugrunde liegen muß als den individuellen biochemischen Eigenschaften. Die Feststellung weiterer konstitutioneller individueller chemischer Merkmale wird voraussichtlich sehr klare Versuchsbedingungen liefern und dadurch der Genetik zugute kommen.

Allgemeine Erfahrung bei Menschen, die man gegen Diphtherie oder Scharlach immunisierte, zeigte, daß die Immunisierungsfähigkeit der Menschen darauf beruhen, daß nach dem Abklingen des antigenen Reizes die Antikörpermenge allmählich zur Norm d. h. zur physiologisch vorhandenen Antikörperquantität zurücksinkt (s. auch Bem. auf Seite 23).

¹⁾ Es ist möglich, daß nicht die Antikörper, sondern ihr spezifischer Mangel, die Reaktionsunfähigkeit, das Vererbbare darstellt. Bei den isoagglutinablen Substanzen z. B. vererbt sich wahrscheinlich als das Primäre die isoagglutinable Eigenschaft, womit sekundär die Unfähigkeit verbunden ist, die betreffenden Autoantikörper zu bilden. Ich verweise auf meinen Artikel: „Krankheitsdisposition und Gruppenzugehörigkeit“ in der Klin. Wochenschr. 1924, Nr. 46.

schen ungleich ist. Wir konnten hier nun den Einfluß hereditärer Momente beobachten: denn Kinder, die trotz der überstandenen Krankheit immer noch SCHICK-positiv (diphtherieempfindlich) geblieben sind, stammten gewöhnlich von SCHICK-positiven (empfindlichen) Eltern bzw. erbten die Blutgruppe des empfindlichen Elters. *Der Mangel der normalen Antikörper im Elternblute zeigte somit eine vererbte Minderwertigkeit an, die Antitoxine auch auf den spezifischen Reiz der Krankheit hin zu produzieren.* Diese Erfahrung deckt sich mit den Beobachtungen der Serumfabriken, daß Tiere mit normalem Antitoxin bessere Antikörperbildner sind als Tiere, deren Sera kein Antitoxin enthalten. *Die Anwesenheit der normalen Antitoxine zeigt demnach eine spezifisch eingestellte Ansprechbarkeit des Organismus an.* Die normalen Antikörper sind allerdings noch nicht bei der Geburt vorhanden, sie treten erst während des Wachstums, und zwar auch für nicht infektionstüchtige Antigene auf. Wir haben dafür den Ausdruck „Serogenese“ vorgeschlagen¹⁾, um die Analogien zu der Morphogenese zu betonen. Ähnlich, wie die Zelldifferenzierung bei der Morphogenese durch innere Notwendigkeiten und einen den Zellen innewohnenden Gestaltungs- und Differenzierungsdrang bedingt ist, so benötigt auch das erste Auftreten normaler Antikörper keinen besonderen spezifischen, von außen kommenden Reiz. Nur die zum Stillstand gekommene Zelle des Erwachsenen braucht für weiteres Wachstum einen funktionellen Reiz; eine Analogie sehen wir bei der Serogenese, indem die weitere Vermehrung der Antikörper von spezifischen Reizen (Immunisierung) abhängig ist. *Der Immunisierungsreiz ist unserer Ansicht nach erst in der erwachsenen Periode der Serogenese notwendig.* Der Begriff der normalen Immunität (gemessen z. B. an der negativen SCHICKschen Reaktion) ist statisch und charakterisiert den Augenblickszustand des Organismus, durch das Vorhandensein der normalen Antikörper im Serum bereits bedingt. Er ist gleichsam die Summe der angeborenen *spezifischen* und *unspezifischen* Reaktionsfähigkeit, serologischer Reifungserscheinungen, evtl. auch der Umwelteinflüsse (Infektion und dgl.). Das vererbungstheoretisch Wichtigere und wenn auch nicht für Infektion, so doch wohl für die Überwindung der Krankheit Maßgebende ist der dynamische Zustand, die Fähigkeit, jederzeit die vererbten Kräfte der Antikörperproduktion spielen zu lassen. Ein Kind, welches von den SCHICK-negativen, antitoxinhaltigen, also in bezug auf diesen Reiz reaktionsfähigen Eltern stammt, enthält unter Umständen noch keine Antikörper — wir sprechen hier von serologischer Unreife²⁾ — ein solches noch nicht immunes Kind aber mit einer vererbten, guten, *spezifischen* Reaktionsfähigkeit hat daher höchstwahrscheinlich eher Aussicht, die Krankheit zu überwinden, als ein Kind mit minderwertiger Antikörperproduktion. Es liegt daher im Bereiche

der theoretischen Möglichkeit, durch die *Bestimmung der spezifischen Reaktionsfähigkeit der Eltern (evtl. durch Nachweis normaler Antikörper) Rückschlüsse auf den Krankheitsverlauf des Kindes ziehen zu können.* Die Vererbungsforschung kann vielleicht der praktischen Medizin auf diese Weise nutzbar gemacht werden¹⁾.

Nun gehen wir zu der biologischen Bedeutung dieser Auffassung über. Wie die normalen Antikörper entstanden sind, welchen Jahrhunderte zurückliegenden oder wirkenden Einflüssen der Umwelt sie ihre Entstehung verdanken, können wir nicht sagen, ebenso wenig wie wir für das Auftreten von neuen Arten und Artmerkmalen keine sichere Erklärung wissen. Diejenigen Kräfte, die wir heranziehen können, sind wie gewöhnlich a) der vererbte Einfluß eines auf Generationen wirkenden Infektionsreizes (LAMARKISTISCHE Erklärung), b) das Auftreten neuer Merkmale durch Mutation und c) schließlich die Selektion (Darwinismus). Leider besitzen wir ungenügende Kenntnisse über diese grundlegenden Probleme, in der letzten Zeit scheint sich der 3. Punkt durch die bedeutsamen Arbeiten von FLEXNER, WEBSTER und TOPLEY zu klären. Ich möchte daher nicht im einzelnen diese Probleme durchdiskutieren, sondern nur einige Gesichtspunkte herausgreifen, die mir für die theoretische Auffassung und die weitere Arbeit auf diesem Gebiete von Bedeutung erscheinen.

Die Isoantikörperforschung hat uns gelehrt, daß keine Antikörper gegen das eigene Blut sowie das Blut der eigenen Gruppe entstehen können. Die *konstitutionelle Unfähigkeit, Autoantikörper zu produzieren, könnte zur Erklärung der konstitutionellen Empfindlichkeit für Krankheiten herangezogen werden, falls der betreffende Krankheitserreger (oder seine Toxine) eine ähnliche serologische Struktur besäßen wie das Blut des betreffenden Individuums.* Die serologische Erklärung der konstitutionellen Empfindlichkeit für Krankheitserreger wird sich nach meiner Überzeugung teilweise auf diesem Gesichtspunkt aufbauen können²⁾. Wenn daher durch Mutation irgendeine isoagglutinable Eigenschaft „D“ im Blute erscheinen würde, die z. B. dem Diphtherietoxin serologisch ähnlich wäre, so wäre die betreffende Nachkommenschaft der Diphtherie relativ schutzlos preisgegeben (die Empfänglichkeit der Art vorausgesetzt). Daß diese Überlegung nicht aus der Luft gegriffen ist, zeigt uns das Beispiel der sog. heterogenetischen Antigene, die bei manchen Tier- und Bakterienarten (Dysenteriebacillen, Pneumokokken usw.) in gleicher Weise vorkommen. Falls nun eine derartige Mutation in der Nähe der Gene für die isoagglutinablen

¹⁾ Es handelt sich natürlich nicht um eine absolute Unmöglichkeit, sondern nur um eine relative Unfähigkeit der Antikörperbildung, die nur bei einer geeigneten Reizdosis in Erscheinung tritt.

²⁾ Diese Ähnlichkeit kann aber keine Identität bedeuten, daher kann eine solche Unfähigkeit ebenfalls nur relativ sein.

¹⁾ Mit Frl. SEYDEL und Dr. ZBOROWSKI.

²⁾ Mit Dr. BROKMAN und Dr. HANNA HIRSZFELD.

Eigenschaften A oder B stattfinden würde, so müßte sie den Selektionswert der Gruppen für den gegebenen epidemiologischen Reiz ungünstig beeinflussen. In einem Milieu, wo z. B. Diphtherie endemisch ist, würden die SCHICK-positiven Individuen häufiger zugrunde gehen und die betreffende Population wird schließlich aus meistens unempfindlichen oder wenigstens weniger empfindlichen Individuen bestehen. Der Selektionswert der Diphtherieimmunität wird dabei um so größer sein, in je schlechteren hygienischen Bedingungen die betreffende Population lebt. So wäre es durchaus denkbar, daß eine gewisse Variationsbreite der Empfindlichkeit für Diphtherie an verschiedenen Orten verschieden eingeengt wird. Da aber diese Eigenschaften konstitutionell sind und unter Umständen gemeinsam mit den isoagglutinablen Substanzen vererbt werden, so könnten Gruppen, die aus einer verseuchten in eine Gegend kommen, wo die Krankheit weniger wütet, den relativ immunen Typus darstellen. Mit anderen Worten: der Zusammenhang der Blutgruppe mit irgendeiner Krankheitsanlage kann zufällig, durch Koppelung der Anlagen und ungleichmäßige Selektion bedingt, und auf verschiedenen Territorien verschieden sein. Wir fanden mit Frl. HALBER und Frl. AMSEL, daß die WASSERMANNsche Reaktion bei der Blutgruppe O leichter verschwindet als bei den Gruppen mit den dominanten Eigenschaften A und B, lassen es aber zunächst dahingestellt, ob es sich um ein allgemeines oder nur um ein lokales Phänomen handelt.

Wir haben also vermutungsweise als Grundlage der konstitutionellen relativen Unfähigkeit, bestimmte Antikörper zu produzieren, den konstitutionellen Mangel derjenigen Antikörper hingestellt, die mit den zirkulationseigenen Zellen reagieren können. Die Isoantikörper, die gegen fremde Gruppen gerichtet sind, und die durch die zirkulationseigenen Zellen keine Hemmung erleiden, finden sich physiologisch bei den meisten Menschen, entsprechend der oben erwähnten LANDSTEINERSchen Regel. Nun finden wir bei manchen Menschen und Tieren manchmal Individuen, die entgegen der LANDSTEINERSchen Regel selbst für gruppenfremde Substanzen keine Isoantikörper besitzen, die erst durch Immunisierung erweckt werden können. Während also ein Tier A *nie* ein Anti-A produzieren kann, liegt hier ein anderer Mechanismus vor, indem die Unfähigkeit der normalen Antikörperbildung zwar nicht durch eigene Blutkörperchen gehemmt, aber durch andere noch unbekannte Momente bedingt ist. Ob diese Unfähigkeit, normale Isoantikörper zu produzieren, dort wo sie serologisch sozusagen das Recht hätten, zu sein, hereditär ist, wissen wir noch nicht, dies ist mir aber sehr wahrscheinlich. Ich möchte die Antikörperbildung etwa als einen biochemischen Reflex auffassen, fertig ausgebildet und geübt bei manchen, nicht vorhanden oder sogar spezifisch gehemmt bei anderen. Der Organismus ist jedenfalls keine serologische Tabula rasa, auf welcher der Immunisierungsreiz alles niederschreiben kann. Manche

Reaktionsarten sind höchstwahrscheinlich vorgebildet, andere sicher gehemmt, der Organismus reagiert daher auf gewisse Antigene besonders stark, wogegen andere unempfindlich bleiben oder niedergedrückt werden. Diese Eigenschaften, deren konstitutionelle Bedingtheit zum Teil sichergestellt ist, haben eine ganz besondere Bedeutung, da sie über den Selektionswert des Individuums, über die Lebensfähigkeit der Rasse im Kampfe mit Krankheitserregern entscheidend sind. Die Zusammenhänge, die wir zwischen der Blutgruppe und der Krankheitsdisposition aufgedeckt haben und die auf ein Wechselspiel zwischen Mutationen, Selektion und Migrationen als Ursache der ungleichmäßigen Verbreitung immunologischer Eigenschaften hinweisen, könnten auch für andere Merkmale Bedeutung haben. Nicht die phänotypische Ähnlichkeit der Merkmale, sondern die Topographie der Erbfaktoren entscheidet nach MORGAN über die Koppelung bei der Vererbung. Das Prinzip der Koppelung mit normalen, leicht feststellbaren, individuum-spezifischen Anlagen bedeutet wahrscheinlich einen großen methodologischen Fortschritt, der die konstitutionelle Analyse von der Aufstellung komplizierter Stammbäume und Sammlung großer Statistiken unabhängig machen kann. Falls sich irgendeine pathologische Eigenschaft (z. B. Zuckerintoleranz u. dgl.) in Korrelation mit einer sicherkonstitutionellen (z. B. Blutgruppe) vererbt, dürfte ihre konstitutionelle Bedingtheit sichergestellt sein. Man kann wohl sagen, daß eine Chromosomenkarte das höchste Ziel der Konstitutionsforschung bedeutet. Auch für die Frage des Selektionswertes anthropologischer Typen sind die hier aufgeworfenen Probleme und Methodik der Immunitätsforschung von größter Bedeutung. In welcher Weise anthropologische Merkmale mit Krankheitsanlagen korreliert sind, darüber wissen wir fast nichts¹⁾. Wenn Eltern verschiedene anatomische und immunologische Eigenschaften haben, welche immunologischen Eigenschaften hat das Kind, welches die anatomischen Merkmale des empfindlichen Elters erbt? Unterscheiden sich anthropologische Rassen in bezug auf den Gehalt und Titer der normalen Antikörper? Zeigen die normalen Antikörper, die gegen einen Krankheitserreger gerichtet sind, die epidemiologische Leidensgeschichte früherer Generationen an? Alle diese Probleme harren noch der Antwort. Jedenfalls gibt die Auffassung der genotypischen Bedingtheit normaler Antikörper (bzw. ihres spezifischen Mangels) eine Reihe neuer konstitutioneller Merkmale, deren Korrelierung mit anthropologischen Eigenschaften von großem Interesse sein dürfte. Welche Eigenschaften wir dann für die Einteilung des Menschengeschlechtes benutzen, ob eine be-

¹⁾ Ich möchte diesbezüglich auf einen interessanten Artikel von SCHIFF hinweisen, Med. Klinik 1924, Nr. 42, der die verschiedene Disposition der Geschlechter für Infektionskrankheiten auf geschlechtsgebundene Krankheitsanlagen bezog.

stimmte Schädelform, oder Pigment, oder die Drehungsrichtung des Haarwirbels (BERNSTEIN), oder die isoagglutinablen Substanzen, oder irgendeinen normalen Antikörper, welchen Eigenschaften wir also die Dignität eines anthropologischen Rassenmerkmals zuerkennen, dies hängt lediglich von ihrer Verwendbarkeit ab, ein harmonisches Bild des Weltgeschehens zu gewinnen. Und wer weiß, ob irgendeine gruppenspezifische, konstitutionell vorhandene chemische Substanz, oder ein gegen sie oder einen besonderen Krankheitserreger gerichteter normaler Antikörper uns nicht sicherer über die Wanderungen der Menschen und Tiere orientieren können als die für die Pathologie so gleichgültigen Eigenarten des Knochenbaues oder die Ähnlichkeit der sprachlichen Idiome, die die Anthropologie und Ethnologie bis jetzt verwerteten.

Ich habe versucht, nicht nur das Bestätigte und Anerkannte, sondern auch die weiteren Entwicklungsmöglichkeiten der Konstitutionsserologie zu schildern. Ich glaube aber, daß auch ein Naturforscher berechtigt ist, mit geistigem Auge das ganze wenn auch unvollendete Gebäude zu überschauen und den Plan für die Ornamentik bereits zu fassen suchen, trotzdem an den Fundamenten noch gearbeitet werden muß.

Um den Artikel nicht zu belasten, gebe ich keine Literatur an, sondern verweise auf folgende zusammenfassende Arbeiten: LATTES, „Die Individualität des Blutes“, übersetzt von E. SCHIFF. Berlin: Verlag von Julius Springer DÖLTER, Med. Klinik 1925, Nr. 36, und meine Abhandl. in der Klin. Wochenschr. 1924, Nr. 26 und 46. Ältere Literatur über Vererbungsprobleme bei BRAUN und MORGENROTH in KOLLE und WASSERMANN.

Über die Beziehungen zwischen Ovulationszyklus und Menstruationszyklus beim Weibe¹⁾.

Von FELIX v. MIKULICZ-RADECKI, Leipzig.

Die regelmäßige Ausscheidung von Blut aus dem Genitalsystem der geschlechtsreifen Frau, die wir als Menstruation bezeichnen, dürfte bereits so lange bekannt sein, als die Menschen auf Vorgänge ihres Körpers zu achten gelernt haben. Daß aber diese regelmäßige Genitalblutung nicht das Wesentliche eines sich im Genitalsystem abspielenden Vorganges darstellt, sondern nur den einzigen äußerlich sichtbaren Ausdruck höchst komplizierter verborgener Geschehnisse, ist erst durch die wissenschaftlichen Arbeiten der letzten 25 Jahre aufgedeckt worden. Diese Erkenntnis ist noch keineswegs allgemein verbreitet. Die breite Volksmasse hält auch heute noch die Menstruationsblutung lediglich für einen reinigenden Aderlaß, der alle schlechten Stoffe beseitigen soll. Inwieweit diese Vorstellung eine gewisse Berechtigung besitzt, kann ich heute nicht näher erörtern. Das Wesentliche trifft sie jedoch nicht. Interessant ist die, ich möchte sagen, weit wissenschaftlichere Auffassung der Hindus, die in der Menstruation einen Fehlschlag der Natur, ja sogar einen Kindsmord erblicken, was möglichst zu vermeiden sei, und die daher frühzeitig ihre jungen Mädchen verheiraten, so daß sie schwanger werden, bevor die erste Menstruation erfolgte.

Die Menstruation stellt nur eine Phase in einer Reihe periodisch stets wiederkehrender Vorgänge an der Gebärmutter-(Uterus)-Schleimhaut dar, die als *Menstruationszyklus* zusammengefaßt werden. Weiter wissen wir heute, daß neben den zyklischen Veränderungen an der Uterusschleimhaut auch zyklische Vorgänge im Eierstock (Ovarium) bestehen, die wir als *Ovulationszyklus* bezeichnen. Wir rechnen den Menstruationszyklus vom Beginn einer Periodenblutung bis zum Beginn der nächsten.

Dabei ist zu betonen, daß der Zyklus keineswegs bei allen Frauen 28 Tage dauert. Man hat den Satz geprägt: Das einzige Regelmäßige an der Regel ist ihre Unregelmäßigkeit. Der Intervall zwischen 2 Menstruationen schwankt zwischen 3 und 5 Wochen. Wesentlich für die normale Funktion der Genitalorgane ist lediglich das regelmäßige Einhalten der gegebenen Zyklusdauer.

Zum näheren Verständnis der Vorgänge an der Uterusschleimhaut und im Ovarium sei eine kurze Schilderung derselben gestattet

Nur eine kurze Zeitspanne hindurch erscheint die Gebärmutter Schleimhaut (Endometrium) während eines Menstruationszyklus als ruhendes Organ. Wir finden in diesem Stadium ein kernreiches, mäßig vaskularisiertes Stroma (bindegewebige Gerüst), durch das einfache tubulöse Drüsen von der Muskelgrenze bis zu der mit Zylinderepithel bedeckten Oberfläche gerade gestreckt verlaufen. Sehr bald entwickeln sich aber im Endometrium *proliferative Prozesse*, die sowohl das Stroma wie die Drüsen betreffen. Die Schleimhaut verdickt sich auf das Vier- bis Fünffache, die Drüsen beginnen sich zu schlängeln, zunächst in der Tiefe, später auch in der Mittellage. Diese Schlängelung beruht auf rein mechanischen Vorgängen; die Zylinderepithelien vermehren sich mitotisch, für ihre größere Anzahl wird durch die neue Drüsenform eine größere Fläche geschaffen. Im nächsten Stadium treten deutliche *Sekretionserscheinungen* an den Drüsenepithelien auf; sie verhalten sich ähnlich wie die Becherzellen des in Tätigkeit befindlichen Darmes. Der Zellkern rückt in die Tiefe, in dem oberflächlichen Teil der Zellen treten Sekretionsprodukte auf, darunter Glykogen, Fett und Schleim. Im weiteren Verlauf dieses Prozesses entleeren die Epithelien ihr Sekret in das Drüsenlumen, das sich schließlich bis zur Mündung damit anfüllt. Zur

¹⁾ Öffentliche Probevorlesung, gehalten am 17. Juli 1925 an der Universität Leipzig.

weiteren Vergrößerung der Drüsen nehmen diese schließlich eine sägeförmige Gestalt an. Gleichzeitig sind die Stromazellen durch Saftanreicherung größer geworden, ihre Grenzen treten deutlich in Erscheinung, so daß sie stellenweise bereits decidualen Charakter annehmen. Man kann nunmehr 2 Schichten in der Schleimhaut unterscheiden: Die oberflächliche, Compacta genannt, in der die enganeinanderliegenden Stromazellen das Übergewicht haben, und die tiefere Schicht, Spongiosa genannt, in der Drüse neben Drüse liegt, zwischen denen nur einzelne Bindegewebszellen Platz haben. Dieser Prozeß erreicht kurz vor der Menstruation seinen Höhepunkt. Und nunmehr erfolgt ziemlich plötzlich ein Abbau der gewucherten Schleimhaut. Er wird eingeleitet durch eine Leukocyteninfiltration und durch starke Füllung der Capillaren und Lymphgefäße. Jetzt reißen die Capillaren ein, das interstitielle Bindegewebe wird von Blutungen durchsetzt, gleichzeitig zerfällt es durch Wirkung der von den Leukocyten gelieferten Fermente (*Desquamation*). Der mechanisch zerstörende Einfluß der Blutung sowie der chemisch-fermentative löst fast die ganze Schleimhaut in mehr oder weniger kleine Stücke auf, die durch das nachsickernde Blut aus den inneren Genitalien herausgespült werden. Die Periodenblutung hat eingesetzt. Es bleibt nur ein kleiner Rest von Schleimhaut mit den Drüsensubstantien bestehen, SCHROEDERS Basalis, von der nun die *Regeneration* erfolgt. Durch Entgegenwachsen der Drüsenepithelien wird die Wundfläche wieder vollständig epithelialisiert. Aus den zurückgebliebenen Resten der Drüsen und des Stroma entwickelt sich eine neue Schleimhaut, womit wir das von uns zuerst betrachtete Stadium wieder erreicht haben.

Mit diesen zyklischen Vorgängen an der Uterusschleimhaut, deren Kenntnis wir vor allem HITSCHMANN und ADLER sowie R. SCHROEDER verdanken, gehen gleichfalls im Ovarium zyklisch sich wiederholende Vorgänge parallel.

Das markanteste, sich periodisch wiederholende Ereignis im Ovarium ist die *Ovulation*, der Vorgang, bei dem das Ei beherbergende Bläschen (GRAAFscher Follikel) springt, wodurch das Ei aus seiner bisherigen Brutstätte herausgeschleudert wird. Der Follikelsprung erfolgt auf einer gewissen Höhe der Reife des Eies und des Follikels; ihm geht also ein Reifeprozess des Eies und des Follikels voraus, ihm folgt eine Nachreife des Eies zum befruchtungsfähigen Ei durch die Reduktionsteilungen, ein weiterer Reifeprozess des Follikels zum gelben Körper. In diesen kurzen Umrissen ist bereits das Schicksal eines Eies und eines Follikels gekennzeichnet, dem es beschieden war, auszureifen. Nicht jedes Ei nebst seinem Follikel erlebt dies. Innerhalb eines Menstruationszyklus wird nur ein Ei, selten 2 oder gar 3 Eier aus dem Ovarium ausgestoßen. Da eine Ovulation nur während der Geschlechtsreife der Frau stattfindet, so kommen im Leben einer Frau nur etwa 500 Eier für Fortpflanzungszwecke in Betracht; der Rest

der etwa 100 000 dem neugeborenen Mädchen mitgegebenen Eier geht früher oder später, spätestens im Klimakterium ohne weitere Entwicklung zugrunde. An diesem Übermaß von ursprünglich vorhandenen Eiern erkennen wir die Fürsorge der Natur, die Fortpflanzung unserer Art möglichst sicherzustellen. Es muß ein eigenartiger, höchst sinnreicher Mechanismus in der weiblichen Keimdrüse bestehen, daß stets nur ein Ei, ganz selten einmal 2 oder 3 Eier gleichzeitig zur Reife gelangen können. Sicher ist, daß ein Ei, wenn es in seinem Reifegrad einmal einen gewissen Fortschritt gegenüber den übrigen Eiern erlangt hat, diese bei seinem weiteren Wachstum verhindert, sich gleichfalls zu entwickeln. Dieses Hemmnis fällt erst weg, wenn das Ei unbefruchtet stirbt oder, falls es befruchtet war, durch die Geburt als mehr oder weniger reife Frucht geboren wird.

Im einzelnen spielt sich der *Ovulationszyklus* folgendermaßen ab: Unter den GRAAFschen Bläschen, die wir in dem Ovarium der geschlechtsreifen Frau in mehr oder weniger großer Anzahl finden, beginnt eines an Größe zuzunehmen und aus seiner bisherigen Lage im Inneren des Ovarialstromas gegen die Oberfläche vorzurücken. Bei diesem Prozeß spielen wahrscheinlich rein mechanische Momente eine Rolle, wie STRASSMANN JUN. kürzlich nachgewiesen hat. Gleichzeitig erfolgt eine Differenzierung und ein Wachstum der Follikelhülle. An dieser ließen sich ja schon vor Bildung der Follikelhöhle 2 Schichten unterscheiden: Eine innere, epitheliale Ursprungs, die Granulosa-zellenschicht, und eine äußere, bindegewebigen Ursprungs, die Thecazellenschicht. Nunmehr treten die beiden Schichten besonders deutlich vor das Auge, an beiden entwickeln sich Proliferationsprozesse, die an der Granulosaschicht weniger in einer Vermehrung der Zellschichten als vielmehr daran zu erkennen sind, daß trotz Vergrößerung der Follikeloberfläche die Zellen gleichgroß bei gleicher Schichtzahl bleiben. In der innersten Schicht der Thecazellen, der sog. Theca interna, entwickelt sich gleichzeitig ein lockermaschiges Geflecht prallgefüllter Capillaren. Der reifende Follikel, der haselnußgroß geworden ist, erreicht nunmehr die Ovarialoberfläche und buckelt diese schließlich vor. Dadurch wird die Gewebsschicht zwischen Follikelhöhle und Ovarialoberfläche immer mehr verdünnt, schließlich kann sie dem durch immer weitere Sekretion von Follikelflüssigkeit bedingten Innendruck nicht mehr standhalten und platzt. Aus dem geschaffenen Loch strömt die Follikelflüssigkeit heraus und reißt das auf dem Eihügel (Discus oophorus) lagernde Ei mit sich heraus. Die *Ovulation* hat stattgefunden. Während wir über das weitere Schicksal des Eies beim Menschen zunächst nichts wissen, ist bereits seit langem bekannt, daß der Follikel nicht sofort einer Rückbildung anheimfällt, sondern sich vielmehr weiter entwickelt, und zwar zum gelben Körper (*Corpus luteum*). Durch die Untersuchungen von SOBOTTA wissen wir, daß die sich nunmehr entwickeln-

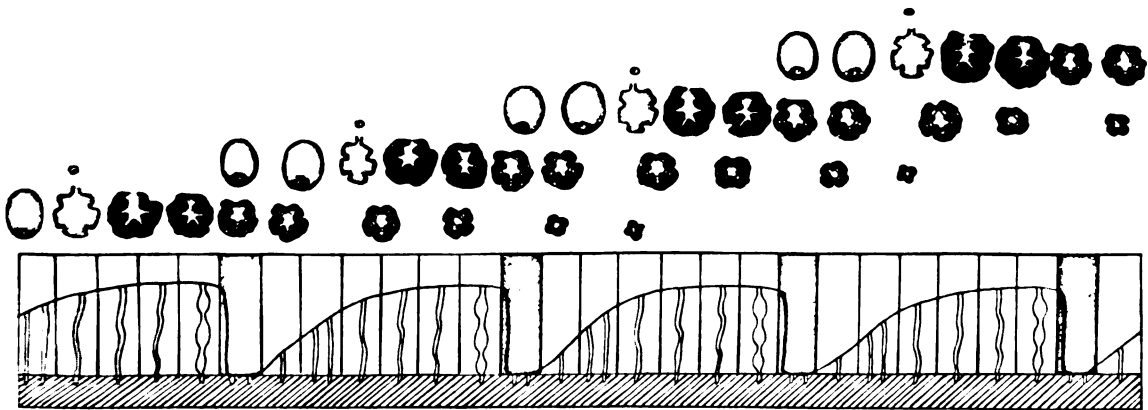
den Luteinzellen, die die Hauptmasse des Corpus luteum ausmachen, von der Granulosa abstammen, d. h. epithelialer Natur sind. R. MEYER hat diese an Tieren erhobenen Befunde für den Menschen bestätigen können und hat uns gleichzeitig durch seine grundlegenden Untersuchungen über die einzelnen Stadien der Corpus luteum-Entwicklung und -Rückbildung unterrichtet. Sie wurden unmittelbar darauf von R. SCHROEDER bestätigt. R. MEYER unterscheidet 4 Stadien, davon 2 Vorstadien, das *Proliferationsstadium* und das *Vascularisationsstadium*, bei denen die Granulosazellen sich vermehren und hypertrophieren, dabei zu den typischen Luteinzellen werden; gleichzeitig dringen die Gefäße der Thecaschicht zwischen die Luteinzellen. Dabei erreichen sie schließlich den innersten Rand der Luteinzellschicht, und nunmehr beginnt eine Organisation des mindestens in seinem peripheren Teil durchbluteten, koagulierten Follikel-inhaltes. Dadurch erhält die innerste Luteinzellschicht eine bindegewebige Decke. Mit diesem Zustand ist das 3. und zwar das wichtigste Stadium des Corpus luteum, seine *Blüte* erreicht. Ihr folgt dann nach einiger Zeit eine ziemlich plötzlich einsetzende *Degeneration*, in deren Folge die Luteinzellen verschwinden und schließlich einer bindegewebigen Narbe, dem *Corpus albicans*, Platz machen.

Vergegenwärtigen wir uns noch einmal die beiden, eben von mir kurz geschilderten Zyklen, den Menstruationszyklus und den Ovulationszyklus, so imponieren an ihnen als wichtigste Ereignisse die Menstruation und die Ovulation. Man hat sich schon seit langem danach gefragt, in welcher Beziehung diese beiden Ereignisse zueinander stehen. Durch BISCHOFF wissen wir, daß zu einer Menstruation nur eine Ovulation gehört, da er bei Sektionen Jünglicher, von denen bekannt war,

wie oft sie vor dem Tode menstruiert hatten, stets dieselbe Anzahl gelber Körper fand. Man nahm aber bis vor etwa 20 Jahren an, daß Ovulation und Menstruation gleichzeitig erfolgen; diese Lehre stützte sich vor allem auf die bekannte Theorie PFLÜGERS, von der noch die Rede sein wird. Andere Autoren, so LEOPOLD, RUGE u. a., glaubten, daß zwischen Ovulation und Menstruation kein bestimmtes zeitliches Verhältnis bestände. Erst die Untersuchungen L. FRAENKELS Anfang dieses Jahrhunderts brachten Klarheit in diese Frage. Dieser Forscher fand nämlich bei Laparatomien, die zur Zeit der Menstruation ausgeführt wurden, niemals einen geplatzten Follikel, sondern stets mehr oder weniger ausgebildete Corpora lutea, deren Stadien allerdings bei der makroskopischen Betrachtung nicht genauer zu definieren waren. Damit war der Beweis erbracht, daß Ovulation und Menstruation keinesfalls zeitlich zusammenfallen. Erst nachdem HITSCHMANN und ADLER die einzelnen Phasen der Uterusschleimhaut während des Menstruationszyklus aufgedeckt hatten, erst nachdem R. MEYER die einzelnen Entwicklungsstadien des Follikels und des sich daraus entwickelnden gelben Körpers beschrieben hatte, ließen sich diese beiden Zyklen bezüglich jeder einzelnen Phase in Beziehung zueinander setzen. Wiederum ist es R. MEYER, dem wir diese Arbeit zu danken haben.

Die rein zeitlichen Beziehungen kann ich am besten an Hand der von R. SCHROEDER entworfenen Tabelle erläutern.

Die Kurve jedes Menstruationszyklus ist in 7 Abschnitte von je 4 Tagen eingeteilt = 28 Tage. Der Beginn der schwarzen Kolumne bedeutet den 1. Tag der Menstruation. Wir beginnen unsere Betrachtungen mit dem 5. Tage post menstruationem, an dem die Uterusschleimhaut sich gerade



Schema des normalen mensuellen Zyklus.

Oberes Schema zeigt die Ovarialzyklen in regelmäßiger Folge; die Granulosa: grau, solange in Funktion (im Follikel und im Corpus luteum bis zum Blütestadium), schwarz, wenn in Rückbildung. Theca interna: schwarze Umrandung. Eichen: Im reifenden und neben dem geplatzten Follikel. Unteres Schema zeigt die Phasen des Endometriums. Die gestrichelte untere Schicht = Basalis, darüber die Zyklen der Funktionalis (Schleimhaut, die wächst und zerfällt, nebst den sich verändernden Drüsen). Die senkrechten Striche teilen einen Zeitraum von je 4 Tagen ab, die dunklen Räume bedeuten die Blutungszeit (Menstruation). — Aus

R. SCHRÖDER: Lehrbuch der Gynäkologie, 1922.

wieder als vollkommen epithelialisiertes Gewebe neu gebildet hat. Im Laufe der nächsten 12 Tage proliferiert die Schleimhaut nach anfänglich mehrtägigem Ruhestadium in der Weise, wie ich es bereits geschildert habe. Zur gleichen Zeit findet die Reifung des Follikels statt und am Ende dieser Zeit der Follikelsprung. Einen genauen Tag kann man für den Follikelsprung für jeden einzelnen Fall nicht angeben. Nach zahlreichen Untersuchungen schwankt die Ovulation zwischen 10. und 20. Tage post menstr. Nunmehr setzt die Sekretionsphase in der Uterusschleimhaut ein (17. bis 28. Tag des Zyklus). Zur gleichen Zeit entwickelt sich das Corpus luteum, es erreicht seine Blüte, was etwa 3–4 Tage beansprucht, und bewahrt sie bis zum Schluß dieses Zeitabschnittes. Mit dem ersten Tage der Menstruation erfolgt schlagartig der Untergang der Uterusschleimhaut und des Corpus luteum. Die Uterusschleimhaut wird in wenigen Tagen durch einen ziemlich radikalen Prozeß eliminiert, während der Untergang des Corpus luteum, bei dem die Verfettung eine große Rolle spielt, sich weit langsamer abspielt, so daß man die sich rückbildende Corpora lutea noch in den nächsten Menstruationsperioden finden kann.

Diese typische, immer wieder zu findende Koinzidenz einzelner Entwicklungsstadien des Ovulations- und Menstruationszyklus lassen es bereits als wahrscheinlich erscheinen, daß hier mehr als ein Zufall vorliegt, daß vielmehr eine ursächliche Beziehung zwischen diesen beiden Zyklen bestehen muß. Das ist nun tatsächlich auch der Fall, und zwar spielt dabei der Ovulationszyklus die übergeordnete Rolle.

Wir wissen, daß im Genitalsystem das Ovarium das übergeordnete Organ ist. Werden Eierstöcke bei Jugendlichen entfernt, so entwickelt sich die Gebärmutter nicht weiter, bei Erwachsenen ist eine Uterusatrophie die Folge. Ähnlich wie die operative Kastration wirkt auch die sog. Röntgenkastration, bei der nicht einmal das gesamte Ovarialgewebe vernichtet wird, sondern lediglich der Follikelapparat. Besonders beweisend ist die temporäre, zeitlich beschränkte Röntgenkastration bei jugendlichen Patientinnen; da dabei nur die zur Zeit reifen bzw. reifenden Follikel zerstört werden, so sistieren die Menses nur so lange, bis sich aus den ruhenden Primordialfollikeln neue GRAAFsche Follikel gebildet haben. Umgekehrt stört die Wegnahme des Uterus die Tätigkeit der Ovarien kaum; eine Ovulation kann trotzdem stattfinden. Auch eine andere Beobachtung spricht für eine Unabhängigkeit des Ovulationszyklus vom Menstruationszyklus. Trotz der sog. Lactationsamenorrhöe (Fehlen der Menstruation für die Zeit, während der die Mutter ihr Kind stillt) läuft der Ovulationszyklus weiter, wie die Fälle beweisen, bei denen Frauen nach einer Geburt wieder schwanger werden, ohne daß zuvor eine Menstruation eingetreten war. Aus allen diesen Tatsachen dürfen wir schließen, daß vom Ovarium nutritive und

stimulierende Reize ausgehen, die das Wachstum des Uterus und die Entwicklung der einzelnen Phasen des Menstruationszyklus regulieren.

Von welchem Teil des Ovariums gehen diese Reize aus, und welcher Art sind sie? Bereits aus dem über die Röntgenkastration Gesagten geht hervor, daß im Ovarium der Follikelapparat und die späteren Stadien desselben, das Corpus luteum, die regulierende Funktion ausüben müssen. Längst vor diesen an röntgenkastrierten Frauen gemachten Erfahrungen hat L. FRAENKEL, schon 1901, auf Grund von einer von G. BORN ausgesprochenen Theorie diese Frage experimentell studiert und hat für das Corpus luteum den exakten Nachweis erbringen können, daß dieser Körper eine Drüse mit innerer Sekretion darstellt, „die beim Menschen alle 4 Wochen, beim Tier in entsprechenden Intervallen neugebildet wird und die Funktion hat, in zyklischer Weise dem Uterus Ernährungsimpulse zuzuführen, durch die er verhindert wird, in das kindliche Stadium zurückzusinken, in das greisenhafte voranzueilen, und befähigt wird, die Schleimhaut für die Aufnahme eines befruchteten Eies vorzubereiten. Wird das Ei befruchtet, so überwacht der gelbe Körper die Implantation und die erste Entwicklung des Eies. Kommt keine Befruchtung zustande, so bildet sich der gelbe Körper zurück“. FRÄNKEL hat an Hunderten von Tierversuchen die Corpora lutea isoliert entfernt und aus den nachfolgenden Ausfallserscheinungen seine Schlußfolgerung gewonnen. Seine Versuche sind nachgeprüft und vollkommen bestätigt worden; seine Schlußfolgerungen werden heute allgemein anerkannt. Damit ist eine früher und auch noch kürzlich wieder erst geäußerte Ansicht widerlegt, das Corpus luteum stelle lediglich Granulationsgewebe dar. Schon der anatomische Bau spricht ja in überzeugender Weise für eine innersekretorische Funktion. Lediglich in einem Punkte sind FRÄNKELS Ansichten erweitert worden: nicht nur das Corpus luteum, sondern auch seine Vorstadien, d. h. der reifende Follikel, muß bereits inkretorisch wirksam sein, da nicht zu ersehen ist, woher der Wachstumsreiz stammt, der im Menstruationszyklus bereits vor dem Follikelsprung die Uterusschleimhaut zur Proliferation anregt. Diese Vorstellung stößt auf keine Schwierigkeiten, da ja die Luteinzellen nichts weiter sind als fortentwickelte Follikelkelepithelien. Wie haben wir uns aber den Eintritt der Menstruation zu erklären? Sie kommt zweifelsohne durch den plötzlichen Ausfall der Corpus luteum-Funktion zustande, das ja zur selben Zeit, ja, wie histologisch nachweisbar, teilweise schon kurz vorher der Degeneration verfällt. Das ist einmal dadurch zu beweisen, daß in geeigneten Fällen bei operativer Entfernung der Corpora lutea die Menstruation eher eintritt, das wird ferner bewiesen durch die Tatsache, daß eine längere Lebensdauer des Corpus luteum, wie wir sie normalerweise in der Schwangerschaft, unter abnormen Umständen als Corpus luteum persistens finden, die Menstruation verhindert. Solche persistierende Cor-

pora lutea sind seit langem bereits den Tierzüchtern bekannt; sie bedingen bei der Kuh Sterilität.

Wir sehen also eine weitgehende Abhängigkeit des Menstruationszyklus in allen seinen Phasen vom Ovulationszyklus. Wir ersehen weiter, daß eine Menstruation ohne vorangegangene Ovulation undenkbar ist, da erst ein reifender und schließlich sich zum Corpus luteum entwickelnder Follikel die Anregung zur Proliferation der Uterusschleimhaut abgibt, deren Untergang erst die Menstruation darstellt; und wir erkennen schließlich, daß die Ovulation stets der Menstruation vorausgehen muß.

Es bleibt nur noch die Frage zu erörtern, auf welchem Wege der Follikelapparat Gewalt und Herrschaft über die Vorgänge im Uterus gewinnt. PFLÜGER nahm Mitte vorigen Jahrhunderts dafür die Nervenbahnen in Anspruch, allerdings unter der Voraussetzung, daß Ovulation und Menstruation zeitlich zusammenfallen. Er konstruierte einen Reflexmechanismus, der vom Ovarium über das Lumbalmark zum Uterus verlaufen sollte. Durch die Zellvermehrung und durch das Größerwerden des Follikels sollte ein kontinuierlicher, stets zunehmender mechanischer Reiz auf die sensiblen Nerven des Ovariums ausgeübt werden, der allmählich durch Summation eine allgemeine Hyperämie im Genitalsystem herbeiführen sollte. Diese Hyperämie sollte gleichzeitig im Ovarium den Follikelsprung, in der Uterusschleimhaut den Blutaustritt, damit also die Menstruation bewirken. Die berühmten Transplantationsversuche von KNAUER und GRIGORIEFF haben aber erwiesen, daß eine Nervenverbindung zwischen Ovarium und Uterus nicht nötig ist, um den Uterus funktionsfähig zu erhalten. Die beiden Autoren konnten zeigen, daß autotransplantierte Ovarien — wenigstens für einige Zeit — funktionsfähig bleiben, daß in ihnen Follikel reifen, platzen und schließlich Corpora lutea entstehen. Ja GRIGORIEFF sah sogar nach vorangegangener Autotransplantation beider Ovarien eine normale Schwangerschaft eintreten. HALBAN hat diese an Kaninchen gewonnenen Resultate an Affen nachgeprüft; die Menstruation blieb trotz Transplantation erhalten. Dasselbe ist später auch nach operativen Eingriffen an Menschen gefunden worden. Da sich bei geglückter Transplantation sofort zahlreiche, das Transplantat ernährende Gefäße neu bilden, eine Nervenverbindung sich aber erst viel später herstellen kann, ist durch diese Versuche einwandfrei bewiesen, daß *das Bindeglied zwischen Ovarium und Uterus inkretorische Stoffe sein müssen.*

Es hat nun nicht an zahlreichen Versuchen gefehlt, diese Stoffe aufzudecken und auf chemischem Wege zu isolieren. Zunächst sei der *Organextrakte* gedacht, die in verschiedenster Form, als wässrige Extrakte, als Optone und als Glandole hergestellt wurden. Es hat sich jedoch gezeigt, daß diese Extrakte die spezifischen Substanzen nicht mehr enthalten, daß ihre gelegentlich beobachteten uteruswachstumerregende oder uteruskontraktionserregende Wirkung vielmehr, wie

B. ZONDEK nachgewiesen hat, auf dem Gehalt an unspezifischen Eiweißabbauprodukten beruht. Einen Schritt weiter gingen ISCOVESCU, FELLNER, HERRMANN, sowie SEITZ, WINTZ und FINGERHUT, die Lipoidextrakte aus dem Ovarium bzw. aus dem Corpus luteum isolierten. Sie fanden verschieden gebaute Lipoidkörper, teils N-haltig, teils N-frei, die fast immer an jungen Tieren ein beschleunigtes Wachstum des Uterus und der Brustdrüsen hervorriefen. SCHROEDER und GOERBIG, die nach der HERRMANNschen Methode Lipoidextrakte gewannen, wollen diese auch in der Leber gefunden haben, allerdings in geringeren Mengen. Diese Untersuchungen scheinen es nahezu legen, daß das wirksame Hormon ein Lipoid sei, wenigstens das Hormon, welches einen Wachstumsreiz auslöst; ob es identisch ist mit dem Körper, der auch den Zyklus bedingt, sei dahingestellt. Da man im Ovarium, speziell im Follikelapparat, fast in allen Stadien Lipide histochemisch nachweisen kann, so setzten nunmehr Untersuchungen ein, mit Hilfe der feineren Fett- und Lipidfärbemethoden diese Stoffe auf Menge, Art und Lokalisation zu untersuchen. Diese Untersuchungen, die von WISCYNSKY, E. WEISSHAUPT, JAFFÉ und auch von mir angestellt wurden, ergaben, daß sich tatsächlich in den funktionsfähigen Granulosa- und Thecazellen des reifenden Follikels wie in den Luteinzellen des funktionstüchtigen Corpus luteum andere Lipide, und zwar komplexerer Natur finden, als in den degenerierenden Zellen des atresierenden Follikels und des sich rückbildenden Corpus luteum. Der Streit der Meinungen dreht sich nur darum, ob es sich für den Menschen bei den komplexeren Lipiden um Cholesterine oder um Phosphatide und Cerebroside handelt. Man kann also wohl daran denken, daß die histochemisch nachgewiesenen, komplexeren Lipide tatsächlich mit dem Ovarialinkret etwas zu tun haben. Nach den neuesten Untersuchungen von B. ZONDEK sollen sie aber nur ein Lösungsmittel für das eigentliche Inkret sein, das er in wasserlöslicher Form isoliert zu haben behauptet, und das er auf eine neue Methode auf seine Spezifität geprüft hat. Die Richtigkeit dieser Untersuchungen wird erst eine genaue Nachprüfung ergeben müssen.

Ich glaube, scharf genug die Beziehungen zwischen Ovulations- und Menstruationszyklus herausgehoben zu haben, und es bleibt mir nur noch übrig, das Zusammenarbeiten dieser Vorgänge an Ovarium und Uterus noch einmal von einem höheren Gesichtspunkt aus zu betrachten. Es ist selbstverständlich, daß diese Vorgänge nicht Selbstzweck sind, sondern daß sie vielmehr einer größeren Sache dienen. Diese größere Sache ist die Fortpflanzung, der ja der Genitalapparat der Frau gewidmet ist. Solange das Ei im Follikel ruht, schützt die Follikelhülle das Ei, bewerkstelligt gleichzeitig die Follikelepithelien den Stoffwechsel zum und vom Ei, gewährleisten somit seine Reifung. Mit der Reife des Eies vollzieht sich gleichzeitig die Reife des Follikels. Sobald ein

Ei in seinem Reifeprozess Vorsprung gewonnen hat gegenüber den anderen Eiern, beginnt die innere Sekretion des Follikels. Die Inkrete wirken auf die Uterusschleimhaut ein, die sich nach der vorangegangenen letzten Menstruation zunächst noch im Ruhestadium befand. Damit beginnt die Proliferationsphase der Schleimhaut. Die wachstums-erregenden Stoffe werden auch nach dem Follikelsprung von dem Corpus luteum weiter produziert, so daß sich nunmehr die sekretorische Schleimhautphase anschließt. Mittlerweile befindet sich das Ei auf seiner Wanderung durch den Eileiter in den Uterus. Wie lange diese dauert, wissen wir für den Menschen nicht. Wir wissen nur so viel, daß das unbefruchtete Ei nur eine beschränkte Zeit lebt. Wird es befruchtet, so findet es nunmehr in der Uterushöhle das für seine Einbettung geeignete Nest, die stark geschwollene, mit Nahrungsstoffen vollgepfropfte Schleimhaut, in der es die besten Anhaftungs- und Ernährungsbedingungen findet. All dieser Aufwand der Natur ist aber unnötig gewesen, wenn das Ei nicht befruchtet worden ist. Geht dieses zugrunde, so stürzt damit auch das eben errichtete Gebäude in sich zusammen. Die Schleimhaut kann nur kurze Zeit ihre vollste Funktionsfähigkeit bewahren, ohne daß diese ausgenutzt wird. Und so sehen wir, wie sie nach dem Eitode zerfällt und abgestoßen wird, während gleichzeitig der stimulierende Reiz vom Corpus luteum infolge auch seines Unterganges erlischt.

Wenn wir den Ovulations- und Menstruationszyklus von diesem Gesichtspunkt aus betrachten, so erkennen wir, daß die Menstruation selbst, obwohl sie den augenfälligsten Vorgang darstellt, nicht nur eine untergeordnete, sondern sogar eine

fast katastrophale Rolle spielt. Sie bedeutet den Fehlschlag eines von der Natur höchst sinnreich erdachten Planes, sie sagt uns an, daß die von der Natur gewünschte, für die Erhaltung des Menschengeschlechtes notwendige Befruchtung eines Eies nicht geglückt ist. Man kann daher die Menstruation als einen beinahe pathologischen Prozeß auffassen.

Wenn aber Ovulations- und Menstruationszyklus sich lediglich um das Ei drehen, dann sind wir auch berechtigt, mit R. MEYER von dem *Primat der Eizelle* zu sprechen. *Die letzten Impulse gehen vom Ei aus.* Sie bringen den Follikel zur Entwicklung; nach Trennung von Ei und Follikel (durch den Follikelsprung) entwickelt sich der Follikel, erst einmal in Trab gebracht, automatisch zum Corpus luteum weiter. Er dient als Befehlsübermittler zwischen Ei und Uterusschleimhaut, ganz besonders für die Zeit, wo das Ei bei seiner Wanderung keine organischen Verbindungen mit dem Genitalsystem besitzt. Implantiert sich das befruchtete Ei, so übernimmt es selbst wieder das Kommando über die Schleimhaut und den Uterus und benutzt diesen Weg, um wieder mit dem Corpus luteum in Verbindung zu treten. So bleibt in der Gravidität das Corpus luteum erhalten und die Schleimhaut selbstverständlich auch. Stirbt aber das unbefruchtete Ei, erhalten Corpus luteum und Uterusschleimhaut keine Befehle mehr, ist der Führer gefallen, so ist, um im Bilde zu bleiben, die Schlacht verloren, der allgemeine Rückzug wird angetreten, bis ein neuer Führer entsteht, ein neues reifendes Ei auf der Bildfläche erscheint, neue Truppen ins Gefecht treten und damit das Spiel von neuem beginnt.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

Am 17. Oktober 1925 berichtete Geheimrat K. KEILHACK (Berlin), an der Hand von Lichtbildern über seine diesjährige **Reise nach dem Karaibischen Meer**. Der Winterkurs der Schiffe verläuft südlich der Azoren durch das *Sargasso-Meer*, das seinen Namen der lichtgelbgrünen Tangart verdankt, die in wechselnder Menge in jenem Teil des Nordatlantischen Ozeans vorkommt. Die einzelnen Tangbündel haben meist Kopfgröße. Im Gegensatz zu vielfach vorkommenden Überreibungen betont der Vortragende, daß die größten zusammenhängenden Tangmassen, die er sah, nur einige Quadratmeter der Wasseroberfläche bedeckten. Je der einzelne Tang stellt einen Mikrokosmos dar, dem eine eigene Lebewelt in Gestalt zierlicher Mooskorallen, kleiner Krabben, durchsichtiger Garneelen und winziger Fischchen zukommt. Bemerkenswert ist, daß der Sargasso-Tang nirgends an den (vom Vortragenden besuchten) Küsten vorkommt.

Als erste der westindischen Inseln wurde *Barbados* besucht, ein wenige hundert Meter hohes Hügelland, das aus miozänen Schichten besteht und von zwei Terrassen aus Korallenkalk umsäumt wird. Auf der oberen wird Zuckerrohr kultiviert, während die untere fast kahl ist. Das Land hat also zwei gleichmäßige, vertikale Hebungen durchgemacht. Eine weitere Hebung würde das die Insel umgebende Saumriff als dritte Terrasse über den Meeresspiegel heraufbringen.

Bei der Weiterfahrt machte sich die Nähe der Mündung des schlammreichen Orinoco-Flusses durch eine Trübung des Meerwassers bemerkbar. Gleichzeitig verschwanden die fliegenden Fische.

Trinidad stellt einen losgerissenen Festlandsbestandteil von Südamerika dar. Die nördlichsten der drei west-östlich streichenden Gebirgsketten der Insel ist die östliche Fortsetzung der nördlichsten Randkette von Venezuela. Nach der Durchfahrt durch die Meerenge zwischen Insel und Festland fühlt man sich mit einem Schlage aus dem Winter in die Tropen versetzt. Der trennende Meeresteil, der Golf von Paria, ist so flach, daß die Dampfer vor der Hauptstadt Port of Spain weit draußen, 5 km vom Lande entfernt ankern müssen. Die Stadt hat eine entzückende Lage; sie zieht sich an den Gehängen der Berge empor, die sie amphitheatralisch umgeben. Den Untergrund bilden kristalline Schiefer, welche von Eruptivgesteinsgängen durchsetzt und mit Laterit, dem roten Verwitterungslehm der Tropen, bedeckt sind. Die Bevölkerung besteht meist aus Negern, doch hat man neuerdings Hindus als Kulis eingeführt, die fleißiger sind. Ihre Frauen tragen oft ihr ganzes Vermögen in Form von Goldschmuck an sich.

Der wichtigste, aber wenig Schutz gewährende Hafen der Nordküste Venezuelas, *La Guaira*, liegt am Fuß eines steil abfallenden 2000 bis 3000 m hohen Gebirges,

das bis oben hinauf dicht mit Waldbäumen bewachsen ist, die jedoch im tropischen Winter ihre Blätter abgeworfen hatten und kahl dastanden. Infolgedessen trat der knallrote Laterit um so deutlicher hervor und gab der Landschaft ein eigentümliches Gepräge. Eine steil emporsteigende Eisenbahn führt über die Küstenkette zu dem Tal, in welchem die Hauptstadt *Caracas* liegt. In diesem Hochtale ist der Nordabhang des Tales kahl und leuchtend rot, der Südhang dagegen grau und mit Buschvegetation bewachsen. Pflanzen der gemäßigten Zone gedeihen hier ebenso wie solche der Tropen. Angebaut werden: Kaffee, Kakao, Zucker, Mais, Kartoffeln. Als Allee-bäume findet man gelegentlich abwechselnd Königspalmen und Eichen. Wegen der häufigen Erdbeben werden niedrige Häuser bevorzugt.

Eine Eisenbahn, die eine Wasserscheide von 1800 m Höhe zu überwinden hat, führt westwärts nach *Valencia* längs des Nordufers des größten Binnensees von Venezuela. Dieser buchten- und inselreiche See von Valencia hat eine deutlich ausgeprägte Uferterrasse in 5 m Höhe über seinem Wasserspiegel, was auf eine größere Ausdehnung in diluvialer Zeit hindeutet. Auch gegenwärtig dauert der Schrumpfsprozeß noch fort. Im 16. Jahrhundert reichte das Seeufer 10 km näher an Valencia heran als heute. Der Austrocknungsprozeß hat auch den See seines Abflusses beraubt, der früher südwärts zum Orinoco hin erfolgte. In der großen Ebene von Valencia wird vor allem Baumwolle angebaut, daneben Kaffee, Kakao, Palmen usw. Auf der Strecke nach Puerto Cabello besteht der Untergrund meist aus krystallinen Schiefen, in denen ein Granitlakkolith auftritt. Hinter Kokoshainen breitet sich eine Steppenvegetation aus. *Puerto Cabello* ist ein guter Hafen mit reger Ausfuhr von Kaffee und Kakao, die meist in den Händen von Bremer Firmen liegt.

Der Nordküste von Venezuela ist die holländische Insel *Curaçao* vorgelagert, deren Name durch den Likör bekannt ist, welcher dort aus einheimischen Pomeranzschalen hergestellt wird. Curaçao ist etwa 120 km lang, 6–14 km breit und hat einen Flächeninhalt von 550 qkm. Der holländische Generalstab hat eine vorzügliche Karte der Insel im Maßstab 1 : 20 000 herausgegeben. Curaçao gehört zu jenen „Inseln unter dem Winde“, die nicht wie die östlicher gelegene Reihe der „Inseln über dem Winde“ dem direkten Ansturm des Nordost-Passates ausgesetzt sind, der hier mit großer Beständigkeit zu allen Jahreszeiten aus der gleichen Richtung weht. In geologischer wie morphologischer, in botanischer wie in zoologischer Hinsicht haben wir es mit einer der interessantesten Inseln der Erde zu tun. Ihre auffallendste Eigentümlichkeit bildet das Oberflächenrelief, weil die höchsten Erhebungen an der Küste liegen und ein niedriges Land umschließen, so daß die Form einer Wanne entsteht. Dieser Eindruck wird noch dadurch verstärkt, daß sich im Innern große, reich gegliederte, Meerwasser enthaltende Seen ausbreiten, die durch ein Dutzend natürlicher Kanäle, welche die Küstenberge durchschneiden, mit dem Meere in Verbindung stehen. Der wichtigste dieser Seen ist das Schottegat mit dem Santa-Anna-Kanal, zu dessen beiden Seiten die Hauptstadt Willemstad liegt. Der Santa-Anna-Kanal ist eine flußartige, tiefe Rinne von etwa 150 m Breite, die so steil in den Korallenkalk, aus dem die Küstengebirge bestehen, eingeschnitten ist, daß die Seedampfer direkt am Ufer anlegen können, ohne daß es irgendwelcher Kunstbauten bedürfte. Das Tierleben in dem Wasser des Schottegat ist durch die Abwässer der Petroleum-Raffinerien vernichtet worden, und hier in Curaçao zeigen sich an einem besonders deutlichen Beispiel die Folgen jener allgemeinen

Verölung des Meerwassers, die man in England und Amerika bereits als eine drohende Gefahr für Seebäder, Seefischerei und Hafenbetrieb kennen und fürchten gelernt hat.

Der Reichtum an Vögeln ist groß, Papageien, Webervögel, Zwergtauben und nicht weniger als 19 verschiedene Arten von Kolibris bevölkern die Luft und entzücken durch ihre Farbenpracht. Schön gezeichnete Eidechsen beleben die kahlen Felsen, und Schnecken treten in geradezu ungeheuren Massen auf, während das Insektenleben ziemlich ärmlich ist. Ein ganz wundervolles Bild aber entfaltet sich draußen am Meeresstrande auf dem Korallenriff unter der Wasseroberfläche, wo Seesterne, Seeigel, Fische und andere Meerestiere in großen Mengen vorkommen und sich ein Tierleben von staunenswertem Reichtum und üppiger Mannigfaltigkeit darbietet.

Es gibt auf der Insel kein Grundwasser, und da die Regenzeit nur zwei Monate währt, so muß das sorgfältig gesammelte und filtrierte Wasser viele Monate lang in Zisternen aufbewahrt werden. Entsprechend der langen Trockenzeit hat die Vegetation Steppencharakter. Stachelgewächse, vor allem Säulenkakteen, Kugelkaktus und niedrige Opuntien wachsen auf dem Korallenkalk.

Das Innere der Insel besteht aus paläozoischen und Eruptivgesteinen sowie Schichten der Kreideformation. Die Küstenberge sind Korallenkalk, der in drei Terrassen emporsteigt, von denen die oberste schräg gestellt ist und sich bis 200 m erhebt. Dort brechen die Kalkwände steil, zum Teil überhängend, nach innen ab. Auf den Kalkflächen finden sich Schratzen und Karren bis zu 1 m Höhe. Bei einigen dieser Korallenberge ist der kohlen-saure Kalk durch den Guano einer grauen Pelikanart bis zu 30 m Tiefe hinab in phosphorsauren Kalk verwandelt worden, der 85% Calciumphosphat enthält, welcher im Tagebau gewonnen und von einer Flensburger Reederei nach Deutschland exportiert wird (100 000 t jährlich), wo man ihn zu Superphosphat verarbeitet.

Der günstigen geographischen Lage verdankt Willemstad seine Bedeutung als Umschlagshafen, der sich in aufsteigender Linie entwickelt hat und mitunter von 18 Ozeandampfern an einem Tage angelaufen wird. Eine deutsch-kolumbische Fluggesellschaft beabsichtigt die Insel zum Mittelpunkt eines Luftverkehrs nach Panama und dem südamerikanischen Festland zu machen.

In Kolumbien besuchte der Vortragende zunächst *Puerto Colombia*, den wichtigsten Hafen Kolumbiens auf der Atlantischen Seite. Dieser Platz besitzt keine Verbindung mit dem Hinterland. Es gibt keine fahrbare Straße, kein Automobil. Die einzige Verbindung bietet eine Eisenbahnstrecke, die nach Barranquilla an der Mündung des Magdalenaenstromes führt. Der natürliche Flußweg von *Barranquilla* in die offene See ist durch eine Barre versperrt, deren Beseitigung durch Bagger immer auf Widerstände stößt, die von der englischen Eisenbahnverwaltung ausgehen. Wird nämlich die Mündung des Magdalenaenstromes für Seeschiffe zugänglich, so erübrigt sich ein Umladen der Güter auf die nach Puerto Colombia führende Eisenbahn, welche wegen ihres hohen Tarifes eine glänzende Einnahmequelle darstellt. Auch die Personenbeförderung ist ungewöhnlich kostspielig, denn für die 15 km lange, einstündige Bahnfahrt beträgt der Preis der Fahrkarte einen Dollar, bei der Ankunft eines Dampfers aber schnellert er auf 2½ Dollar herauf. So kommt es, daß die Erhaltung der Barre an der Mündung des Magdalenaenstromes durchaus in englischem Interesse liegt. Von Barranquilla

gehen mächtige Flußdampfer stromaufwärts in 14 Tagen bis nach Honda, von wo eine Eisenbahn über die Kordillere zur Hauptstadt Bogotá führt. Eine deutsch-kolumbianische Fluggesellschaft vereinfacht und beschleunigt jetzt diesen Verkehr.

Mit dem Magdalenaström sind noch zwei Häfen des Karaischen Meeres durch Eisenbahnlinien verbunden, *Cartagena*, die älteste Stadt Südamerikas, und *Santa Marta*, ein kleiner Ort mit prächtigem Naturhafen am Fuß der gletschertragenden Sierra Nevada de Santa Marta. Die Schneegrenze lag hier im Februar 4000 m hoch. Hauptausfuhrartikel sind Bananen, die mit Paternostervorrichtungen verladen werden, so daß man in einer Minute 32, in 24 Stunden 100 000 Zapfen oder 1 200 000 Einzelfrüchte verfrachten kann.

Ein Besuch der Insel *Haiti* ließ die große Veränderung erkennen, welche durch den Einfluß der Vereinigten Staaten erfolgt ist, die als „Berater“ der Republik fungieren, was äußerlich dadurch kenntlich wird, daß

in allen Hafenplätzen amerikanische Marinetruppen den Sicherheitsdienst ausüben. Bewässerungsanlagen in der 2000 qkm großen Talebene des Artiboniteflusses bei St. Marc sollen hier dazu dienen, den humusreichen Boden der Kaktussteppe aufzuschließen und die Baumwollkultur zu heben, für welche sich Haiti mit seinen zwei Regenzeiten besonders eignet. Schon heute ist es ein wichtiges Ausfuhrland für Baumwolle, und es kann nicht bezweifelt werden, daß die fruchtbare Insel einer Zeit hoher Blüte entgegengeht. Für Geographen dürfte es von Interesse sein, daß die Niederung, welche die ganze Insel zwischen der südlichen und mittleren Gebirgskette durchzieht, zum Teil unter dem Meeresspiegel liegt. Von den beiden großen, in dieser Niederung liegenden Seen liegt der westliche in + 12 m, der östliche dagegen in – 17 m Meereshöhe. Die Ursache der Senkung scheinen Auslaugungen von Salzstöcken zu sein, die in den jungtertiären oder quartären steil gefalteten Schichten auftreten.

O. B.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft.

(Berliner Zweigverein.)

In der Sitzung vom 6. Oktober 1925 sprach Herr Prof. Dr. SCHUBERT aus Eberswalde über **Verdunstung und Dampfmangel im Flach- und Berglande, in Nadel- und Buchenwäldern.**

Zu den Witterungsvorgängen, welche für das Pflanzenwachstum von Bedeutung sind, gehört die Verdunstung. Daher sind auf den meteorologischen Stationen der forstlichen Versuchsanstalten auch regelmäßige, langjährige Messungen der Verdunstung vorgenommen worden. Die quadratischen Verdunstungsgefäße waren 0,2 qm groß, 0,1 m hoch, etwa 1½ m über dem Erdboden aufgestellt und gegen Regen und Sonne durch ein vierseitiges spitzes Dach geschützt; der Wind hatte seitlich freien Zutritt. Die verdunstete Wassermenge wurde am Monatsschlusse festgestellt. Der Vortr. benutzte für seine Untersuchungen die Mittelwerte der 15 Jahre 1882 bis 1896, und zwar von 16 Stationen im freien Felde und von 16 benachbarten Stationen im Walde, teils im Kiefern- und Fichtenbestande, teils im Buchenbestande. Das Sättigungsdefizit, vom Vortr. in Dampfmangel verdeutscht, von dem die Fähigkeit der Luft, Wasserdampf aufzunehmen, abhängt, wurde aus den um 8 Uhr morgens und 2 Uhr nachmittags angestellten Feuchtigkeitsbeobachtungen berechnet.

Verdunstung und Dampfmangel haben im Mittel aller Stationen einen ähnlichen jährlichen Verlauf, nur ist die Zunahme der Verdunstung in dem Sommermonaten bedeutend größer als die des Dampfmangels. Für je 2 Stationen an der Küste und 2 im Binnenlande zeigte sich, daß die Verdunstung im Winter an der Küste größer, im Sommer aber kleiner als im Binnenlande ist. Der Dampfmangel stimmt im Winter nahezu überein, im Sommer ist er an der Küste kleiner als im Binnenlande. Die Gegenüberstellung von 4 Stationen im Flachlande und 4 Stationen im mitteldeutschen Berglande ergab, daß in allen Jahreszeiten Verdunstung und Dampfmangel im Flachlande größer ist als im Berglande.

Außer vom Dampfmangel hängt die Größe der Ver-

dunstung auch von der Stärke der Luftbewegung ab. Da Windbeobachtungen in 1½ m Höhe in hohem Maße örtlichen und jahreszeitlichen Beeinflussungen unterliegen, kamen sie für die Untersuchung des Windinflusses auf die Verdunstung nicht in Frage. Es wurde aber ein Vergleich der Messungen an den Feldstationen und an den Stationen im benachbarten Walde durchgeführt. Im freien Felde ist das ganze Jahr hindurch der Dampfmangel größer als im Walde. Bedeutend stärker tritt der Unterschied bei der Verdunstung hervor. Im Nadelwalde beträgt sie nur die Hälfte derjenigen des freien Feldes. Im Buchenwalde erreicht sie im Mai ein Maximum, das aber auch nur halb so groß als der Betrag im freien Felde ist. Mit dem Einsetzen der Belaubung tritt dann eine starke Abnahme ein, und im August beträgt die Verdunstung nur noch ein Drittel von der im freien Felde.

Der Vortr. hat dann noch die Ergebnisse nach Jahreszeiten zusammengefaßt und die so ermittelten Werte in ein Koordinatensystem eingetragen, in dem die Ordinaten die Verdunstung, die Abszissen den Dampfmangel darstellen. Die Verdunstung ist im Frühling größer als im Herbst, entsprechend der größeren Windgeschwindigkeit, die vom Vortr. für die gleichen Stationen schon in einer früheren Untersuchung nachgewiesen worden ist. Wurden auch noch die Werte für den Frühling und den Herbst zusammengefaßt, so lagen die 3 Punkte für den Winter, die Übergangsmonate und den Sommer fast in einer geraden Linie. Wurden die gleichen Kurven für die Küsten- und Binnenland-, für die Flachland- und Berglandstationen gezeichnet, so ließen sich auch hier wieder die oben gegebenen Unterschiede erkennen. Es ließ sich aber auch sofort aus den Kurven ablesen, daß bei gleichem Dampfmangel die Verdunstung an der Küste größer als im Binnenlande und im Berglande größer als im Flachlande ist, entsprechend der größeren Windgeschwindigkeit an der Küste und im Berglande.

JOE.

Die Permeabilität von Membranen¹⁾.

Von L. MICHAELIS, z. Zt. Nagoya (Japan).

Seit den ältesten Tagen der Zellphysiologie ist die Aufmerksamkeit der Forscher auf die Zellmembran gerichtet. Sei es, daß es sich um grobe, im Mikroskop leicht sichtbare Membranen, wie die Cellulosehaut der Pflanzenzellen, handelt oder um ultramikroskopisch feine Membranen, die man als äußerste Grenzschicht des Zelleibes annehmen mußte, auch wo sie mikroskopisch wegen allzu großer Feinheit nicht sichtbar waren. Das Vorhandensein einer solchen, sei es präformierten oder nicht präformierten Membran an beliebigen Zelloberflächen, ganz abgesehen von etwa außerdem noch vorhandenen leicht sichtbaren größeren Membranen, kann wohl als allgemein angenommen werden, und wer etwa z. B. an der mikroskopisch völlig unsichtbaren Membran der roten Blutkörperchen noch zweifelte, der wird gewiß von ihrem Vorhandensein überzeugt werden, wenn er einmal gesehen hat, wie man diese Membran unter dem Mikroskop mit dem PETERFISCHEN Mikromanipulator anritzen kann, und wie dann der Inhalt des Blutkörperchens ausläuft. Der große Einblick in die Funktion solcher Membranen geschah in der Periode der Forschung, die etwa durch die Namen M. TRAUBE, PFEFFER, DE VRIES, HAMBURGER charakterisiert ist. Das Ergebnis dieser Forschung ist, daß die Zellmembran für eine Reihe von gelösten Substanzen undurchgängig, für andere durchgängig ist. Insbesondere fiel es sofort auf, daß die Membranen oft für Elektrolyte undurchgängig sind. Die von TRAUBE gefundene Niederschlagsmembran, welche bei der Berührung von Kupfersulfat und Ferrocyankalium entsteht, schien eine gute Analogie für die physiologischen Membranen. Ihre Eigenschaft wurde darin erkannt, daß sie für Wasser durchgängig, aber beinahe für alle in Wasser gelösten Substanzen undurchgängig ist. Diese Membran begann dann eine sehr wichtige Rolle in der reinen Physikochemie zu spielen, weniger experimentell als theoretisch, nachdem VAN'T HOFF gezeigt hat, wie man mit Hilfe einer solchen Membran in Form des osmotischen Stempels chemische Reaktionen in reversibler Weise ausführen kann, welche unter gewöhnlichen Umständen irreversibel verlaufen. So ist die semipermeable Membran zu einem der wichtigsten Instrumente der physikalischen Chemie geworden, allerdings zu einem Instrument, welches in der Praxis nur in ganz wenigen Ausnahmefällen und auch nur in gröbster Annäherung realisierbar ist

und daher mehr als ein fiktives Instrument von größter theoretischer Tragweite betrachtet werden kann. Die durch den Namen VAN'T HOFF charakterisierte Periode der physikalischen Chemie nimmt die semipermeable Membran als ein gegebenes Instrument hin und braucht sich um die innere Ursache der Semipermeabilität nicht zu kümmern. Eine zweite Periode der Forschung, zeitlich natürlich die erste überkreuzend, sucht die innere Ursache der Semipermeabilität aufzuklären. Schon M. TRAUBE, der Entdecker der Niederschlagsmembran, legte sich diese Fragen vor und kam zu dem Resultat, daß die Ursache der Semipermeabilität ein räumliches Mißverhältnis zwischen der Porenweite der Membran und der Größe des Moleküls des nicht permeierenden Stoffes sei. Kleine Moleküle können eindringen, große nicht. Diese Anschauung erschien späteren Forschern zu naiv, nachdem sich auch andere mögliche Ursachen für die Semipermeabilität gezeigt hatten. Und doch ist diese ursprüngliche Anschauung durch die neuesten Untersuchungen glänzend gerechtfertigt worden. So hat in neuester Zeit COLLANDER gezeigt, daß die Ferrocyankupfermembran Stoffe oberhalb einer gewissen Molekulargröße nicht durchläßt. Wasser, Harnstoff, Acetamid passieren die TRAUBESCHE Membran, Zucker aber nicht. Der Zusammenhang von Molekulargröße und Permeabilität ist bei der TRAUBESCHEN Membran ganz über jeden Zweifel erhaben.

Die Gründe, welche diese sog. Molekularsiebwirkung der Membranen zweifelhaft machten, waren, daß inzwischen ein zweiter Mechanismus bekannt wurde, welcher ebenfalls zu dem Effekt einer verschiedenen Permeabilität der Membranen für verschiedene Moleküllarten führte. Diese Anschauung beginnt mit der sog. Lipoidtheorie der Membranwirkung von OVERTON. Dieser schreibt den physiologischen Membranen eine fettartige Beschaffenheit zu und nimmt an, daß die Membran nur für solche Stoffe durchgängig ist, welche in Fetten löslich ist. Der Umstand, daß die meisten Elektrolyte und der Zucker, welche nicht fettlöslich sind, im allgemeinen nicht durch die Membran dringen, sowie der Umstand, daß die Permeabilität vieler fettlöslicher Stoffe, insbesondere der Narkotica, ihrer Fettlöslichkeit parallel geht, begünstigte die Lipoidtheorie. Aber als völlig ausreichend hat sie sich nicht erwiesen, denn es hat sich z. B. durchaus nicht als zutreffend herausgestellt, daß die nicht lipoidlöslichen Elektrolyte die Membranen schlechtweg nicht passieren können. So wurde z. B. schon von ZUNTZ gezeigt, daß Anionen wie Cl' und HCO_3' die Membran des Blutkörperchens passieren können, während GÜRBER

¹⁾ Sammelbericht über eine Serie von Arbeiten aus dem Biochemischen Institut der Aichi-Medizinischen Universität in Nagoya, Japan, von L. MICHAELIS, A. FUJITA und S. DOKAN, publiziert in der Biochem. Zeitschr. und Journ. of gen. physiol.

zeigte, daß die Kationen die Membran des Blutkörperchens nicht passieren können, wovon nach den Untersuchungen von GRIJNS nur das NH_4 -Ion ausgenommen werden muß. Eine noch andere Theorie ist die Haftdrucktheorie von I. TRAUBE. Er nimmt an, daß alle diejenigen Stoffe die Membranen leicht durchdringen können, welche die Grenzflächenspannung der umgebenden Lösung gegen die Membran erniedrigen. Solche capillaraktiven Stoffe werden durch Adsorption an der Grenzfläche der Membran zu hoher Konzentration angehäuft und werden dadurch leichter permeabel. Eine Entscheidung zwischen der OVERTONschen und der TRAUBESchen Theorie ist deshalb schwierig, weil im allgemeinen die Lipoidlöslichkeit der verschiedenen Stoffe ziemlich genau parallel ihrer Fettlöslichkeit geht. Immerhin bedarf die TRAUBESche Theorie zu ihrer Durchführung mehr Hilfsannahmen und stößt auf mehr Ausnahmefälle als die OVERTONsche Theorie. Um ein Beispiel zu erwähnen, kann die TRAUBESche Theorie ohne eine gewisse, ziemlich gekünstelte Hilfsannahme die Permeabilität der Zellmembranen für Chloroform nicht erklären, weil Chloroform durchaus nicht die Oberflächenspannung des Wassers, wenigstens die gegen Luft, erniedrigt, während die OVERTONsche Theorie hier gut zutrifft, weil Chloroform ausgesprochen gut fettlöslich ist.

Und doch ist auch diese Theorie nicht umfassend. Sie gilt nur für eine Reihe von Erscheinungen. Sie kann z. B. nicht erklären, warum die Blutkörperchen für Anionen permeabel und für Kationen impermeabel sind. Umgekehrt konnte in einer von unseren Arbeiten gezeigt werden, daß die Apfelschale für Kationen permeabel, für Anionen aber impermeabel, ferner z. B. für Aceton impermeabel ist. Wenn irgendeine Membran zu den Lipoidmembranen zu rechnen ist, so ist es gewiß die Apfelschale, welche aus einem dünnen homogenen wachstartigen Überzug besteht. Und doch trifft hier weder die Lipoidtheorie noch die Haftdrucktheorie noch die reine Molekularsiebtheorie zu. Da die Permeabilität durch eine dieser Theorien einheitlich nicht erklärt werden könnte, so schlug NATHANSON die Mosaiktheorie vor, indem er annimmt, daß die Membranen mosaikartig aus lipidartigen Teilchen und aus nichtlipoiden, etwa nach Art der TRAUBESchen Membran gebauten Teilchen zusammengesetzt sei und daß die lipoiden Bestandteile verantwortlich seien für die Permeabilität der lipoidlöslichen, die anderen Bestandteile für die der besser wasserlöslichen Bestandteile. Besonders wichtig ist aber der Umstand geworden, daß die Permeabilität der lebenden Zelle je nach dem Reizzustand derselben veränderlich ist. Das alte Problem der Physiologie, der Aktionsstrom des Muskel und Nerven, wird auf eine Änderung der Permeabilität für Ionen durch den Reiz zurückgeführt. EMBDEN hat gezeigt, daß die Membran der Muskelzelle je nach ihrem Reizzustand ihre Permeabilität für Phosphationen ändert, um nur ein Beispiel zu erwähnen. Wir sehen somit, daß

die Frage nach dem inneren Wesen der Permeabilität der Zellmembranen eines der wichtigsten Probleme der Physiologie geworden ist. Die an physiologischen Membranen ausgeführten Untersuchungen sind äußerst zahlreich. Sie sind technisch schwierig, wegen der Veränderlichkeit der Permeabilität nur um so komplizierter, und demgegenüber besteht eine große Lücke in der Erkenntnis der Wirkung gewöhnlicher toter, nicht reizbarer Membranen. Es erscheint fast aussichtslos, das Wesen der physiologischen Membranwirkung zu ergründen, solange noch so wenig über das Wesen von gewöhnlichen Membranen bekannt ist. Über die Wirkung toter Membranen ist fast nur über die Wirkung der TRAUBESchen Niederschlagsmembran etwas Genaueres bekannt und selbst für diese seit Jahrzehnten bekannte Membran konnte noch in den letzten Jahren durch COLLANDER eine wesentliche Bereicherung der rein phänomenologischen Kenntnisse erbracht werden. Die ältere Annahme, daß die Membran nur für Wasser, aber nicht für gelöste Stoffe durchgängig sei, ist gar nicht zutreffend. Für kleine Moleküle ist diese Membran durchaus durchgängig.

Unter diesen Umständen muß man sich fragen, ob der Physiologie heute nicht mehr gedient ist, wenn man die Kenntnisse der toten Membran erst ein wenig erweitert. Die Gesetze der Membranpermeabilität schon heute an lebenden Objekten theoretisch zu fördern, scheint mir ebenso aussichtslos, als wenn man es unternommen hätte, die Gesetze der Elektrizität auf der Basis der physiologischen Aktionsströme zu entwickeln, während doch der umgekehrte Weg allein gangbar sein kann.

Im folgenden soll über einige Arbeiten berichtet werden, welche im allgemeinen die Wirkung von Membranen auf die Diffusionsfähigkeit gelöster Stoffe studieren sollen. Auch der Verfasser hatte die Absicht, in Verfolg der vorliegenden Untersuchungen sich zum Studium der Membranen an physiologische Objekte zu wenden, und wählte als Ausgangspunkt die Apfelschale, nach den Untersuchungen von JACQUES LOEB und BEUTNER ein hervorragendes gutes Objekt, noch dazu mit konstanter, durch Reize nicht beeinflussbarer Permeabilität. Aber sehr bald zeigte sich, daß selbst dieses einfache Objekt für ein gründliches Studium zu unhandlich ist. Da es sehr bald gelang, eine künstliche Membran herzustellen, welche in ihren Eigenschaften ein getreues Abbild der Apfelschale ist, wandte sich der Verfasser, obwohl von physiologischen Gesichtspunkten geleitet, zunächst ausschließlich von physiologischen Objekten ab und beschränkte sich auf eine Erweiterung der Kenntnisse einfacher Membranen, von denen wir noch so wenig wissen. Im wesentlichen wurde die Permeabilität für Elektrolyte untersucht, jedoch wird auch gelegentlich von Nichtelektrolyten die Rede sein. Das gemeinsame Resultat dieser Untersuchungen mag in kurzen Worten dahin

vorweggenommen werden, daß alle Membranen die relative Beweglichkeit des Anions eines Elektrolyten zu der des Kations verändern, und zwar in einer Weise, welche nicht nur von der chemischen Natur des Elektrolyten, sondern auch von der Art der Membran abhängt. Diese Tatsache ist nicht völlig unbekannt. Sie spielte einmal in der Geschichte der physikalischen Chemie eine Rolle, als die Überföhrungszahlen gemessen wurden. Bei den hierzu erforderlichen Apparaten handelte es sich um das technische Problem, die verschiedenen Abteilungen des Überföhrungsapparates mechanisch so weit zu isolieren, daß bei der Entnahme von Flüssigkeitsproben aus verschiedenen Abteilungen des Apparates keine Durchmischung eintreten kann. Um dies zu erreichen, wurde die Zwischenschaltung von Membranen aus Gelatine oder Schweinsblase empfohlen, und es handelte sich um das Problem, ob diese Membranen keinen Einfluß auf die Überföhrungszahl des sie durchwandernden Elektrolyten hätten. Der Einfluß der Membran konnte bei dieser Fragestellung nur als eine Störung, nicht als ein an sich interessantes Problem aufgefaßt werden und das wichtigste war, nach Membranen zu suchen, welche möglichst eine solche Störung *nicht* gaben. Bei dieser Fragestellung konnte naturgemäß das Problem der Membranwirkung nicht gründlich behandelt werden. Später wurde dann das Problem der Membranwirkung als solches von GIRARD behandelt, jedoch ist es durch diese Untersuchungen zu einer Klarheit nicht gekommen.

Wir beginnen aus der Reihe unserer Untersuchungen mit einem sehr einfachen Objekt, welches in einer gewissen Beziehung sofort eine allgemeine Gesetzmäßigkeit erkennen ließ und zunächst die reine Phänomenologie der Membranwirkungen um ein deutliches Stück bereichert, aber auch, wie wir sehen werden, einen deutlichen Fingerzeig für die Theorie der Membranwirkung gibt.

Dies ist das gewöhnliche Pergamentpapier, welches in Form der SCHLEICHER-SCHUELLSCHEN Dialysierhülsen verwendet wurde. Eine solche Membran ist bekanntlich für alle nichtkolloidalen Stoffe durchgängig, ja der Begriff des kolloidalen Zustandes nach der ursprünglichen Fassung von GRAHAM hängt von dem Kriterium der Durchgängigkeit des gelösten Stoffes durch eine Membran von Pergamentpapier oder ähnlichen Stoffen ab. Man konnte daher nicht erwarten, in einer solchen Membran eine *volle* Analogie zu physiologischen Membranen zu finden, welche für gewisse Moleküle von relativ kleiner Größe schon *ganz* undurchgängig sind, und dennoch haben sich diese Membranen als sehr lehrreich erwiesen. Die Methode der Untersuchung bestand darin, daß zwei verschiedene Elektrolytlösungen durch eine solche Membran getrennt wurden und die Potentialdifferenz der beiden Lösungen gemessen wurde. Es handelt sich hier um ein Diffusionspotential. Dieses wurde verglichen mit demjenigen Diffusionspotential, welches bei freier Berührung der Lösun-

gen ohne Membran gefunden wird. Im Falle der Membran bildet sich schnell ein zeitlich einigermaßen stationäres Diffusionsgefälle zwischen den beiden Elektrolytlösungen aus, und der Potentialunterschied hängt daher von der relativen Beweglichkeit des Anions und des Kations innerhalb der Membran ab. Am einfachsten sind Anordnungen, bei denen zwei Lösungen des gleichen Elektrolyten in verschiedener Konzentration die Membran berühren. Die Potentialdifferenz E beträgt in diesem Falle nach der NERNSTschen Theorie

$$E = 0,058 \cdot \frac{\frac{u}{w} - \frac{v}{w'}}{\frac{u}{w} + \frac{v}{w'}} \cdot \log \frac{c_1}{c_2}$$

(u, v Beweglichkeit des Kations und Anions; w, w' Wertigkeit des Kations und Anions; c_1, c_2 Konzentration der beiden Lösungen), und aus dem Potential kann daher das Verhältnis der Beweglichkeit des Kations (u) zu der des Anions (v) berechnet werden. Bei freier Berührung der Lösungen finden wir u und v für die freie Diffusion in Wasser, bei Einschaltung der Membran die entsprechenden Werte, wie sie für die in den Poren der Membran sich bewegenden Ionen gültig sind. Es ergab sich nun das gemeinschaftliche Resultat, daß durchweg die *relative Beweglichkeit des Anions kleiner ist in der Membran als bei freier Diffusion*. Die folgende Tabelle zeigt den Potentialunterschied zwischen je zwei Lösungen einer Elektrolytart in den Konzentrationen 0,1 n und 0,01 n.

Tabelle 1.

Diffusionspotential zwischen einer 0,1 molaren und einer 0,01 molaren Lösung der folgenden Salze, in Millivolt; das Vorzeichen bezieht sich auf die verdünntere Lösung:

	a bei freier Berührung	b bei Zwischenschaltung einer Membran aus Pergamentpapier	Unterschied von b und a
KCl	0	+ 10	+ 10
NaCl	- 10	+ 0,5	+ 10,5
LiCl	- 15	- 4	+ 11
CaCl ₂	- 18	- 13	+ 5
MgCl ₂	- 21	- 17,5	+ 4,5
AlCl ₃	- 25	- 23	+ 2
HCl	+ 36	+ 37	+ 1
KBr	0	+ 11	+ 11
K ₂ SO ₄	+ 15	+ 27,5	+ 12,5
K ₃ -Ferro- cyanid . .	+ 22	+ 35	+ 13
NaOH	- 32	- 14	+ 8

Die Resultate sind etwas individuell für jedes Exemplar einer Pergamenthülse, aber der Sinn der Abweichung ist stets derselbe. Die obige Tabelle ist nur ein individuelles Beispiel.

Das allgemeine Resultat dieser Messungen ist, daß überall die verdünntere Lösung ein positiveres Potential hat bei Gegenwart der Membran als bei freier Berührung. So ist beispielsweise bei der

Berührung von 0,1 und 0,01 n-KCl die verdünntere Lösung bei freier Berührung auf dem gleichen Potential wie die andere, bei Gegenwart der Membran ist die verdünntere um 10 Millivolt positiver, ein Wert, der für ein bestimmtes Exemplar einer Membran ziemlich genau reproduzierbar ist, aber bei verschiedenen Exemplaren etwa zwischen 6 und 16 Millivolt variieren kann. In dem in der Tabelle 1 protokollierten Fall ist also das Potential der dünneren Lösung um 10 Millivolt positiver als bei freier Berührung. Eine entsprechende Kette mit NaCl gibt bei freier Berührung ein Potential von -10 Millivolt für die verdünntere Lösung, aber $+0,5$ Millivolt bei Gegenwart der Membran. Die verdünntere Lösung wird also wiederum durch die Membran um etwa 10 Millivolt positiviert. Vergleichen wir solche Diffusionsketten mit verschiedenen Elektrolyten, so finden wir, daß bei allen Salzen aus zwei einwertigen Ionen der Grad der Positivierung ziemlich genau der gleiche ist. Ist das Kation zweiwertig, so ist die Positivierung bedeutend geringer, etwa nur 5 Millivolt. Bei den dreiwertigen Ionen ist eine Positivierung kaum mehr zu bemerken. Unter allen einwertigen Kationen bildet das H-Ion eine Ausnahme. Es verhält sich ungefähr wie die dreiwertigen Ionen, d. h. das Diffusionspotential zwischen zwei HCl-Lösungen verschiedener Konzentration wird durch die Membran nicht mit Sicherheit beeinflusst. Vergleichen wir die Salze mit Anionen verschiedener Wertigkeit, so ergibt sich eine ebenso klare Gesetzmäßigkeit nicht, die Natur des Anions scheint von geringerem Belang zu sein.

Die Membran aus Pergamentpapier scheint nur ein Beispiel für eine ganze Reihe anderer Membranen zu sein, welche sich im Prinzip ebenso verhalten, obwohl sie chemisch aus ganz verschiedenen Substanzen bestehen. Bisher wurden aus der Klasse ähnlicher Membranen genauer durchuntersucht Membranen aus Paraffin, Wachs, Mastix, Kautschuk. Die Membranen wurden in der Weise hergestellt, daß ein zylindrisches, beiderseits offenes Glasgefäß an seinem unteren Ende mit einer Scheibe Filtrierpapier verschlossen und das Papier mit der membranbildenden Substanz durchtränkt wurde. Die Substanzen wurden je nach ihrer Natur in geschmolzenem Zustand oder in geeigneter Lösung (z. B. in Benzin oder Äther gelöst) auf das Papier gebracht und dort zur Erstarrung gebracht.

Es ist sehr auffällig, daß eine Membran aus einer absolut nichtleitenden Substanz wie Paraffin die Messung von Potentialunterschieden sogar mit dem einfachen Kompensationsverfahren leicht gestattet. Die Membranen erscheinen völlig wasserdicht, wenigstens insofern, als aus den mit der Membran verschlossenen Gefäßen kein Wasser austropft. Dagegen erweisen sie sich als etwas durchlässig für beliebige gelöste Stoffe, wenn man Diffusionsversuche mit zwei wässrigen Lösungen anstellt, welche durch die Membran getrennt sind. Dies zeigt deutlich, daß der Transport der diffun-

dierenden Stoffe, welcher auch die Ausbildung der Potentialdifferenz verursacht, nicht durch die Substanz der Membran selbst geschieht, sondern durch äußerst feine Spalten derselben, welche bei der Schrumpfung während der Erstarrung der im flüssigen Zustande auf das Papier aufgetragenen membranbildenden Substanz entstehen mögen. Wir haben hier einwandsfreie Beispiele von Membranen vor uns, welche auf die Durchlässigkeit gelöster Stoffe nur in ihrer Eigenschaft als Molekülsiebe Einfluß haben können. Ein Durchtritt etwa von NaCl durch die Substanz des Paraffin selbst hindurch erscheint ausgeschlossen. Ein Beispiel von der elektromotorischen Wirkung dieser Membranen ist in der folgenden Tabelle 2 gegeben. Der stärkste Effekt zeigt sich bei Kautschuk und Mastix, etwas kleiner ist er bei Wachs, und noch ein wenig kleiner, etwa ebenso groß wie beim Pergamentpapier, ist er bei Paraffin. Wiederum kann man deutlich erkennen, daß der elektromotorische Effekt der Membran durchweg darin besteht, daß die verdünntere Lösung positiver ist als ohne Membran. Wiederum zeigt sich, daß der positivierende Effekt der Membran auf alle Salze, welche aus zwei einwertigen Ionen bestehen, ziemlich genau der gleiche ist. Er beträgt bei Paraffin etwa 13, bei Wachs etwa 21, bei Mastix 24–28, bei Kautschuk 23–29 Millivolt. Diese Werte sind für Paraffin- und Wachsmembranen nur sehr wenig individuell von der Membran abhängig, bei Mastix und Kautschuk hängen sie von der Herstellungsart der Membran ab. Wiederum finden wir, daß dieser Effekt bedeutend kleiner ist, wenn das Kation zweiwertig ist und meist noch mehr, wenn es dreiwertig ist. In einigen Fällen ist hier der Effekt $= 0$ oder scheint sogar in einen allerdings zweifelhaften negativierenden Effekt umzuschlagen. Bei dem vierwertigen Thorium ist der Effekt bei Paraffin und Wachs ebenfalls $= 0$, während er in vielleicht etwas zweifelhafter Weise bei Kautschuk, aber in energischer Weise beim Mastix in eine Negativierung der verdünnteren Lösung umschlägt.

Bei HCl ist für Paraffin, Wachs und Kautschuk die Wirkung der Membran praktisch $= 0$. Bei Mastix ist die positivierende Wirkung gerade noch zu erkennen. Wenn man Anionen von verschiedener Wertigkeit vergleicht, so kommt man ebenso wenig wie beim Pergamentpapier zu einer klaren Gesetzmäßigkeit. Im allgemeinen scheint die höhere Wertigkeit des Anions den positivierenden Effekt der Membran etwas zu vermindern, jedoch ist das nicht so regelmäßig.

Einen neuen Typus einer Membran von ganz überraschender Eigenschaft finden wir im *Kolloidum*. Wenn dies allerdings in gewöhnlicher Weise hergestellt wird, wie man es als Dialysiermembran benutzt, so ist der Effekt im Prinzip derselbe wie bei den vorher genannten Membranen, nur kleiner, so daß eine solche Membran kein sehr vorteilhaftes Untersuchungsobjekt ist. Man braucht aber nur eine leichte Modifikation in der Herstel-

Tabelle 2.

Eine 0,1 n- und eine 0,01 n-Lösung der folgenden Salze sind durch die Membran getrennt. Die Zahlen geben in Millivolt das Potential der verdünnteren Lösung. Die eingeklammerte Zahl gibt an, um wieviel das Potential der verdünnteren Lösung positiver ist als es ohne Anwesenheit der Membran wäre.

	KCl	NaCl	LiCl	CaCl ₂	MgCl ₂	CeCl ₃	Th(NO ₃) ₄	HCl	KJ	K ₂ SO ₄	K ₂ FeCy ₄
Paraffin . {	+ 13 (+ 13)	+ 1 (+ 13)	- 5 (+ 14)	- 12 (+ 8)	- 14 (+ 8)	- 20 (+ 2)	- 14 (+ 2)	+ 39 (+ 1)	+ 11 (+ 12)	+ 25 (+ 12)	+ 28 (+ 6)
Wachs . {	+ 21 (+ 21)	+ 9 (+ 21)	+ 2 (+ 21)	- 11 (+ 9)	- 11 (+ 11)	- 24 (- 2)	- 14 (+ 2)	+ 38 (0)	+ 18 (+ 19)	+ 31 (+ 18)	+ 34 (+ 12)
Mastix . {	+ 24 (+ 24)	+ 17 (+ 29)	+ 10 (+ 29)	- 7 (+ 13)	- 8 (+ 14)	- 23 (- 1)	- 29 (- 18)(!)	+ 42 (+ 4)	+ 23 (+ 24)	+ 28 (+ 15)	+ 35 (+ 13)
Kautschuk {	+ 29 (+ 29)	+ 12 (+ 24)	+ 6 (+ 25)	- 11 (+ 9)	- 11 (+ 11)	- 24 (- 2)	- 19 (- 3)	+ 35 (- 3)	+ 18 (+ 19)	+ 28 (+ 15)	+ 28 (+ 6)
Diffusions- potential ohne Membran	0	- 12	- 19	- 20	- 22	- 22	- 16	+ 38	- 1	+ 13	+ 22

lung der Membran anzuwenden, um überraschende Wirkungen zu erhalten. In der Regel werden Kollodiummembranen hergestellt, indem man Glasgefäße mit einer Lösung von Kollodium in Alkohol und Äther ausgießt und, sobald die Verdunstung des Lösungsmittels eine ablösbare, zusammenhängende Membran erzeugt hat, diese von der Glaswand ablöst und in Wasser „koaguliert“. Sobald die Hüllen mit Wasser in Berührung gekommen sind, ändern sie ihre Permeabilität nicht mehr. Wenn man aber die Hüllen vor der Berührung mit Wasser an der Luft weiter trocknen läßt, so verlieren sie allmählich ihre Durchlässigkeit, und eine bis zur Konstanz ausgetrocknete und eingeschrumpfte Kollodiummembran gilt im allgemeinen als undurchlässig und unbrauchbar. Gerade diese ausgetrockneten Membranen erwiesen sich nun als besonders interessant. In der Tat erscheinen sie bei größerer Betrachtung undurchlässig für Wasser und alle gelösten Stoffe. Nach wochenlanger Beobachtung kann man eine Diffusion von HCl oder von KCl nicht nachweisen. Auch der Durchtritt von Wasser ist nicht ohne weiteres erkennbar.

Aber der Durchtritt von HCl ist nur dann nicht nachweisbar, wenn man eine HCl-Lösung durch die Membran von reinem Wasser trennt. Wenn man aber eine HCl- und eine KCl-Lösung durch die Membran trennt, so findet zwar langsam, aber von Tag zu Tag fortschreitend, eine Diffusion statt. Nach 1–2 Tagen beginnt die KCl-Lösung sauer zu werden, und nach mehreren Tagen findet man K⁺ in der HCl-Lösung. Könnte man solche Membran von so großer Dünne herstellen wie eine Zellmembran, so könnte man diese Diffusion zweifellos in sehr kurzer Zeit nachweisen. Läßt man KCl gegen NaCl diffundieren, so findet man nach einigen Tagen K⁺ in der NaCl-Lösung. Gegen reines Wasser erscheint dagegen sowohl KCl wie NaCl als völlig undurchgängig. Schon diese Versuche legen den Gedanken nahe, daß Kollodium für Kationen durchlässig und für Anionen undurch-

lässig ist, und wir hätten hier ein Gegenstück zu der Membran des Blutkörperchens, welche umgekehrt für Kationen undurchlässig und für Anionen durchlässig ist. — Bevor wir nun zu der feineren potentiometrischen Analyse der Kollodiummembran übergehen, wollen wir versuchen, durch Diffusionsversuche zu entscheiden, ob die Undurchlässigkeit für Anionen auch für die OH⁻-Ionen gilt. Hierüber zeigen die Experimente folgendes: Wenn man 0,1 n.-Kalilauge durch Kollodium von destilliertem Wasser trennt, so wird das Wasser schon nach einem, spätestens nach zwei Tagen alkalisch. Es wäre aber verfrüht, hieraus auf eine Durchlässigkeit für OH⁻-Ionen zu schließen, denn es besteht auch die Möglichkeit, daß die K⁺-Ionen der Lauge sich gegen die H⁺-Ionen des reinen Wassers austauschen. In diesem Falle würden also nur die K⁺-Ionen wirklich diffundieren und die ihnen äquivalenten OH⁻-Ionen würden von dem reinen Wasser selbst gebildet werden. Mit Hilfe einer einfachen thermodynamischen Überlegung könnte man ausrechnen, bis zu welcher Konzentration das KOH in dem Wasser sich vermehren kann, um im Gleichgewicht mit der Laugenlösung zu stehen. Zur weiteren Entscheidung dieser Frage dient ein Diffusionsversuch zwischen gleich konzentrierten Lösungen von KOH und KCl. Daß das Cl⁻-Ion durch die Membran nicht diffundieren kann, wissen wir schon aus den früheren Versuchen. Es besteht nun ein starkes Konzentrationsgefälle der OH⁻-Ionen. Wenn also die OH⁻-Ionen durchgängig wären, so müßte KOH in die KCl-Lösung diffundieren, obwohl die K⁺-Konzentration beiderseits gleich ist. Der Versuch zeigt nun, daß die KCl-Lösung bei der Diffusion gegen KOH sehr viel langsamer alkalisch wird als bei der Diffusion gegen reines Wasser. Der Versuch leidet an der technischen Schwierigkeit, daß das Kollodium durch die Lauge allmählich korrodiert wird infolge von Verseifung, denn Kollodium ist ja ein Ester. Gewöhnlich erweisen sich nun die Hüllen der Diffusionsversuche mit KCl und KOH als zer-

fressen, wenn die KCl-Lösung alkalisch zu werden beginnt. So bleibt denn als Resultat übrig, daß jedenfalls die Diffusion von Lauge gegen Wasser leicht stattfindet, während die Diffusion von Lauge gegen KCl zum mindesten sehr erschwert wird, ohne daß wir ein Mittel haben, zu entscheiden, ob sie nur verlangsamt oder ganz unterdrückt wird. Die Verhältnisse liegen also umgekehrt, wie bei den Diffusionsversuchen mit HCl. Bei HCl wird der Durchtritt erst dadurch ermöglicht, daß man auf der anderen Seite der Membran dem Wasser KCl hinzufügt; bei KOH erfolgt umgekehrt der Durchtritt gegen reines Wasser ganz leicht und wird durch Zugabe von KCl zum Wasser zum mindesten sehr erschwert. Soviel über die verhältnismäßig rohen Diffusionsversuche.

Ein viel feineres Mittel zur Beurteilung der Ionenpermeabilität sind die potentiometrischen Versuche. Wenn man z. B. eine 0,1 n.-Salzsäure und eine 0,01 n.-Salzsäure durch eine solche Kollodiummembran trennt und das Potential der beiden Lösungen unter Eliminierung aller sonstigen Diffusionspotentiale mißt, so findet man, daß die verdünntere Lösung in der Regel um 50 Millivolt positiver ist. Die Zahl ist nur etwa innerhalb 2 bis 3 Millivolt reproduzierbar und etwas für die Hülsen individuell. Man kommt bis zu Potentialdifferenzen von 55 Millivolt, und das ist gerade der Betrag, den man erwarten müßte, wenn die Membran für H-Ionen durchlässig und für Cl-Ionen undurchlässig ist. Wenn die Aktivitäten der H-Ionen sich wie 1:10 verhalten, sind 57 Millivolt zu erwarten. Da bei einem Konzentrationsverhältnis von 1:10 die Aktivitäten sich etwas weniger als 1:10 unterscheiden, muß man einen kleinen Abzug an den 57 Millivolt anbringen. Ähnlich gibt eine Kette 0,1 n.-HCl und 0,001 n.-HCl etwa 110 Millivolt usw. So hat es zunächst den Anschein, daß die Kollodiummembran sich ebenso verhält, wie die zuerst von CREMER beschriebene und besonders von HABER bearbeitete Glasmembran, welche mit mehr oder weniger Vollkommenheit je nach der Glassorte eine ausschließlich für H-Ionen reversible funktionierende Membran darstellt. Aber der wesentliche Unterschied der Kollodiummembran gegen die Glasmembran besteht darin, daß z. B. eine Kette mit 0,1 n.- und 0,01 n.-Kaliumchlorid praktisch genau dieselbe Potentialdifferenz gibt, nämlich in der Regel 45–52 Millivolt. Dasselbe gilt für Konzentrationsketten mit irgendeinem Salz, welches aus irgendeinem, wenn nur einwertigen, Kation und einem Anion von beliebiger Wertigkeit besteht. Das zeigt folgende Tabelle.

Bei Salzen mit zwei- und mehrwertigen Kationen erhält man überhaupt keine konstanten Potentiale. Sie schwanken stark und sind bei den zweiwertigen Kationen nicht einmal dem Vorzeichen nach sicher. Bei den höherwertigen Kationen sind sie etwas fester, aber es hat sich durch eine besondere Untersuchung herausgestellt, daß in diesen Fällen die Metallionen selbst, wie Al^{+++} oder Th^{++++} , direkt

Tabelle 3.

Konzentrationsketten, 0,1 n : 0,01 n-Lösungen des gleichen Salzes, mit Kollodiummembran. Elektromot. Kraft in Millivolt. Die verdünntere Lösung ist stets positiv.

	im Mittel		im Mittel
HCl	54,8	K_2CO_3	48
KCl	47	$K_2C_2O_4$	48
KJ	48	$K_3Ferrocyanat.$. .	49
KBr	47	LiCl	45
KNO_3	45	RbCl	49
K_2SO_4	44	NH_4Cl	47

an der Potentialbildung nicht beteiligt sind, sondern nur die infolge der Hydrolyse dieser Salze stets vorhandenen H^+ -Ionen.

Alle diese Versuche stehen in guter Übereinstimmung mit den direkten Diffusionsversuchen und zeigen in noch müheloserer Weise, daß das Kollodium für alle Anionen praktisch undurchlässig ist, während es wenigstens für die einwertigen Kationen sämtlich durchlässig ist. Für die mehrwertigen Kationen ist eine Durchlässigkeit nicht nachweisbar. Dies zeigt sich z. B. auch darin, daß der Potentialunterschied zweier KCl-Lösungen kaum geändert wird, wenn man zu einer derselben oder zu beiden $CaCl_2$ in großer Menge hinzugibt.

Eine besondere Besprechung erfordert nur wiederum die Frage der Durchlässigkeit der OH^- -Ionen. Eine Konzentrationskette von 0,1 und 0,01 n.-KOH gibt nun in der Regel eine etwas kleinere elektromotorische Kraft als etwa die der KCl-Konzentrationskette. Mitunter werden Werte von 45 Millivolt erreicht, der Mittelwert ist jedoch nur 38 Millivolt. Er ist immer noch sehr groß, aber doch nicht groß genug, um wirklich eine volle Impermeabilität der OH^- -Ionen behaupten zu können. Die NaOH-Kette gibt sogar nur im Mittel 34 Millivolt. Nun kommt allerdings hier wieder der korrodierende Einfluß der Lauge in Betracht, dessen Teilnahme an dem Effekt man nicht gut abschätzen kann. Auf alle Fälle bleibt aber mit Sicherheit bestehen, daß die Permeabilität des Kollodiums für OH^- -Ionen ganz außerordentlich viel kleiner sein muß als für die einwertigen Kationen, und dies ist in Anbetracht der großen Beweglichkeit der OH^- -Ionen in freier wässriger Lösung auf jeden Fall ein unerwartetes Resultat.

Wenn man eine Kette zusammenstellt aus zwei gleichkonzentrierten Lösungen verschiedener Elektrolyte, so wird nach dem eben Gesagten für den Potentialunterschied die Natur des Anions belanglos sein, dagegen wird der Unterschied in der Permeabilität der Kationen ausschlaggebend sein. Auf diese Weise sind wir imstande, viel besser als bei den direkten Diffusionsversuchen die Unterschiede der Permeabilität der überhaupt durchgängigen Ionenarten zu messen. Die folgende Tabelle gibt die EK einiger solcher Ketten; wobei beide Lösungen von 0,1 n Konzentration sind

Um diese Zahlen zur wenigstens relativen Berechnung der Permeabilitäten der verschiedenen einwertigen Kationen verwenden zu können, muß

Lösung I	Lösung II	EMK (im Mittel); das Vorzeichen bezieht sich auf Lösung II (in Millivolt)
KCl	HCl	— 93
KCl	RbCl	— 8
KCl	NH ₄ Cl	— 6
KCl	KCl	0
KCl	NaCl	+ 48
KCl	LiCl	+ 74
HCl	RbCl	+ 87
HCl	NaCl	+ 140
HCl	LiCl	+ 165
KCl	KBr	— 2
KCl	KJ	0
"	K ₂ SO ₄	— 2
"	K ₂ C ₂ O ₄	0
"	K ₃ FeCy ₆	0
"	KOH	— 2

man die Theorie der Diffusionskette mit entsprechender Modifikation anwenden. In einer theoretischen Untersuchung dieses Gegenstandes habe ich gezeigt, daß man auf alle Fälle wenigstens näherungsweise folgendes Gesetz zugrunde legen kann. Haben wir eine Kette aus zwei gleich konzentrierten Elektrolytlösungen mit je einem einwertigen Kation und ganz beliebigem, wenn nur impermeablem Anion und bezeichnet man mit u_1 und u_2 die Beweglichkeiten der beiden Kationen innerhalb der Membranporen, so gilt für die Potentialdifferenz angenähert:

$$E = 0,058 \log \frac{u_1}{u_2} \text{ Volt.}$$

Hiernach kann man aus der Potentialdifferenz das Verhältnis der Beweglichkeit der beiden Kationen in den Poren der Membran berechnen und findet folgende Werte:

	Li	Na	K	Rb	H
Relative Beweglichkeit u_K innerhalb der Membran (u_K für Kalium = 1 gesetzt)	0,048	0,14	1	2,8	42,5
Dieselbe, u_n , für freie wäßrige Diffusion	0,52	0,65	1	1,04	4,9

Diese Tabelle ist aus verschiedenartigen Versuchskombinationen berechnet, und es stützt die Berechtigung der zugrunde gelegten Theorie, daß man aus verschiedenartigen Kombinationen recht gute Übereinstimmungen dieser Zahlen erhält. Die zweite Zeile der Tabelle gibt zum Vergleich die relative Beweglichkeit derselben Ionen bei freier Diffusion ohne Membran auf Grund der bekannten KOHLRAUSCHSchen Messungen. Die Beweglichkeit des K'-Ions ist mit und ohne Membran = 1 gesetzt, sie dient nur als Maßstab, und es soll keineswegs damit gesagt sein, daß die Beweglichkeit dieses Ions in freier Lösung und in den engen Membranporen die gleiche sei. Es ist vielmehr anzunehmen, daß der absolute Wert der Beweglichkeit für jede Ionenart in der Membran auf alle Fälle kleiner ist als in freier wässriger Lösung. Jedoch sind Messungen über die absoluten Beträge

der Beweglichkeit bisher nicht ausgeführt worden. Diese Tabelle gibt nun ein sehr auffälliges, wohl kaum erwartetes Resultat. Die Reihenfolge der Ionen ist für die Membran und für die freie Lösung die gleiche, aber die Unterschiede sind in der Membran außerordentlich vergrößert. Der größte Unterschied, der zwischen Li' und H', gibt für die freie wässrige Lösung ein Verhältnis von etwa 9 : 1, in der Membran von etwa 900 : 1. Für Na' und K' beträgt das Verhältnis der Beweglichkeiten in Wasser 1 : 1,6, in der Membran 1 : 7. Der Unterschied in der Beweglichkeit von Na' und K' in der Membran ist fast so groß wie der größte überhaupt vorkommende Unterschied in der Beweglichkeit irgendwelcher Ionen in freier Lösung. Man kann mit einigem Recht sagen, daß die Kollodiummembran, im Vergleich zu den H-Ionen, für Na-Ionen schon so gut wie undurchlässig ist, und im Vergleich zu Na-Ionen wiederum für Li-Ionen so gut wie undurchlässig ist. Andererseits erscheinen die Li-Ionen wiederum ganz leicht durchgängig im Vergleich zu irgendeinem zweiwertigen Kation oder zu irgendeinem beliebigen Anion, selbst zum OH'-Ion. Man steht hier vor einer Erscheinung, die geradezu ein Vorbild ist für die oft elektiven Permeabilitäten physiologischer Membranen. Die Tatsache, daß die Konzentration von K' und Na' innerhalb der Blutkörperchen und im Plasma sich in praktisch erreichbaren Versuchszeiten nicht ausgleicht, könnte möglicherweise einfach darauf beruhen, daß die Membran für Na'-Ionen viel weniger durchlässig ist als für K'-Ionen. In diesem Falle müßte auch der Ausgleich der K'-Konzentration aus elektrostatischen Ursachen sehr erschwert werden. Jedoch ist die Analogie des Kollodiums und der Blutkörperchenmembran bisher durchaus nicht vollkommen, denn die Blutkörperchenmembran ist umgekehrt wie das Kollodium im allgemeinen für Anionen durchlässig und für Kationen nicht durchlässig.

Dagegen ist die Kollodiummembran in jeder Beziehung ein vollkommenes Modell für die Apfelschale. Auch bei dieser besteht auf Grund der potentiometrischen Messungen eine praktisch völlige Undurchlässigkeit für irgendwelche Anionen und eine Durchlässigkeit für Kationen. Der einzige Unterschied ist nur, daß die Apfelschale auch für mehrwertige Kationen durchlässig ist, wobei in Übereinstimmung mit der Theorie der elektromotorische Effekt einer Konzentrationskette mit einem n-wertigen Kation nur den n-ten Teil derjenigen mit einem einwertigen Kation beträgt. Diese aus potentiometrischen Messungen erschlossenen Permeabilitätsverhältnisse der Apfelschale konnten durch direkte Diffusionsversuche bestätigt werden, wobei man sich allerdings wegen der Schwierigkeit des Objekts auf vereinzelte Versuchsanordnungen beschränken mußte. Hiervon ist am lehrreichsten folgender Diffusionsversuch. Wenn man einen Apfel mit intakter Schale in destilliertes Wasser legt, so kann auch nach 3 Wochen in dem Wasser kein K' gefunden werden, obwohl der Apfel-

saft reichlich K^+ enthält. Legt man aber den Apfel in eine $NaCl$ -Lösung, so kann man von Tag zu Tag steigende Mengen K^+ in der $NaCl$ -Lösung finden, welche durch Mikroanalyse leicht quantitativ bestimmt werden können.

Wir kommen jetzt zu einem ganz anderen Typus von Membranen, welcher repräsentiert wird durch gewöhnliche oder durch Chromierung, Tannierung oder Formalinisierung gegerbte Gelatine, oder durch koagulierte Eiweiß. Als Träger dieser Membranen wurde eine Hülse aus Filtrierpapier benutzt. Der wesentliche Unterschied dieser Membranen gegen alle vorangehenden besteht darin, daß ihre elektromotorischen Effekte in hohem Maße von der Wasserstoffionenkonzentration abhängen. Dieser Umstand macht neben anderen technischen Schwierigkeiten eine quantitative Untersuchung viel schwieriger als bei den früheren Membranen, aber die Effekte sind so grob und erstrecken sich sogar auf das Vorzeichen der Potentialdifferenz, daß man die für uns wichtigsten Schlußfolgerungen auch so leicht ziehen kann. Schon HOEBER und MOND haben vor einiger Zeit mit Gallerten oder zusammengepreßten eiweißartigen Membranen aus Euglobulin und Casein gearbeitet und haben gefunden, daß die Potentialdifferenz zweier Elektrolytlösungen, welche durch eine solche Gallerte getrennt sind, sogar dem Vorzeichen nach davon abhängen, ob z. B. die Membran aus einer alkalisierten oder angesäuerten Gelatinelösung hergestellt wird. Von den von mir verwendeten Versuchsanordnungen gibt es eine, welche für die Klärung der Verhältnisse besonders geeignet erscheint. Die Schwierigkeit bei der Versuchsanordnung etwa nach HOEBER besteht in folgendem. Bei der Anordnung: Salzlösung 1 | angesäuerte Gelatinelösung | Salzlösung 2 bildet sich durch die Membran hindurch nicht allein ein Diffusionsgefälle der Salze der beiden Lösungen aus, sondern auch ein Gefälle der in der Gelatine enthaltenen Säure in die beiden Lösungen hinein. Diese Schwierigkeit kann auf folgende Weise vermieden werden. Wir säuern die Gelatine selbst vorher überhaupt nicht an, sondern benutzen als Elektrolytlösungen zwei Lösungen von Na-Acetat in verschiedener Konzentration, welchen etwas Essigsäure hinzugefügt wird, und zwar so, daß die H -Ionenkonzentration in beiden Lösungen eines Versuchs stets die gleiche ist, aber von Versuch zu Versuch variiert wird. Wenn man nun die Ausbildung des quasistationären Diffusionsgefälles durch die sehr dünne Membran hindurch abwartet, so hat man einen Zustand, bei dem die Konzentration des Na-Acetats von der einen zur anderen Seite der Membran ein stationäres Gefälle hat, während die H -Ionenkonzentration durch das ganze System hindurch mit genügender Genauigkeit konstant gehalten wird. Die Konzentration der H -Ionen wird aber auf alle Fälle so gering gehalten, daß sie gegenüber der Konzentration an Na-Acetat zur Bestimmung des Diffusionspotentials praktisch

keinen Beitrag liefert. Mit anderen Worten, wir messen das Diffusionspotential zwischen zwei gegebenen Na-Acetatlösungen durch die Membran hindurch bei einer Konzentration an H -Ionen, welche im einzelnen Versuch konstant ist, aber von Versuch zu Versuch variiert wird. Diese Versuchsreihen führten zu folgendem Resultat. Vergleicht man das Diffusionspotential des Na-Acetats durch die Gelatine hindurch mit dem bei freier Diffusion (es beträgt + 11 Millivolt für die verdünntere Lösung bei einem Konzentrationsverhältnis von 1:10), so findet man, daß bei einer ganz bestimmten H -Ionenkonzentration dieses Potential durch die Membran nicht geändert wird, und zwar bei derjenigen, welche dem isoelektrischen Punkt der Gelatine entspricht ($10^{-4.7}$). Ist die Lösung alkalischer, so wird die verdünnte Lösung positiver wie bei einer Membran aus Pergamentpapier oder Mastix. Ist die Lösung saurer als der isoelektrische Punkt, so wird die verdünntere Lösung dagegen negativer als ohne Membran, ein Fall, der in sämtlichen früheren Versuchen nur bei der Mastixmembran in Gegenwart von Thoriumsalzen angetroffen wurde.

Wenn wir diese Erscheinungen im Sinne der vorher entwickelten Theorie deuten, so bedeutet das, daß die relative Beweglichkeit des Na- und des Acetats durch isoelektrische Gelatine nicht verändert wird, und daß durch saure, d. h. durch elektropositive Gelatine, die Beweglichkeit der Na-Ionen relativ zu den Acetationen vermindert wird, während bei weniger saurer oder gar alkalischer Reaktion umgekehrt die relative Beweglichkeit der Acetationen vermindert wird. Wir haben also hier eine Membran vor uns, deren relative Permeabilität für Anionen oder Kationen von der Wasserstoffionenkonzentration abhängt. Es liegt nahe, dieses als ein, wenn auch zunächst unvollkommenes, Modell für die in der Permeabilität variable physiologische Membran, etwa der Muskeln, zu betrachten. Änderungen der H -Ionenkonzentration infolge von Reizen können als eine gesicherte Tatsache angesehen werden. Der Mechanismus mag entweder darin bestehen, daß nach der Reizung eine erhöhte Atmung und Produktion von Kohlensäure eintritt oder daß sogar stärkere Säuren wie Milchsäure auftreten. Der Hinweis auf die Untersuchungen über die Muskelphysiologie von MEYERHOFF, HILL, EMBDEN liegen nahe. Jedoch mag es bei diesem Hinweis bleiben, bevor nicht noch bessere Modelle für eine in der Permeabilität variable Membran gefunden sind. Für das Verständnis dieser Wirkung sei noch besonders darauf hingewiesen, daß Membranen aus dem der Gelatine äußerlich so ähnlichen Agar sich keineswegs ebenso verhalten. Diese schließen sich vielmehr in ihrem Verhalten ganz den oben beschriebenen Membranen aus Pergamentpapier usw. an, nur sind die Effekte ziemlich klein. Wir haben daher ein um so größeres Recht, die Erscheinungen der Gelatine- und Eiweißmembran mit ihrer amphoteren Natur in Zusammenhang zu

bringen und nicht etwa mit ihrer gallertigen Beschaffenheit. Denn der ebenfalls gallertige, aber stets elektronegative Agar verhält sich ganz anders.

Wenn wir nun den Versuch unternehmen, eine *allgemeine Theorie* dieser Membranwirkungen zu entwickeln, so mag als leitender Gedanke der Umstand dienen, daß eine Umkehrung des positivierenden Effektes auf die verdünntere Lösung einer Konzentrationskette in einen negativierenden Effekt nur bei denjenigen Membranen auftritt, welche aus einem elektrochemisch amphoteren Material bestehen, wie Gelatine und Eiweiß. Diese Körper haben gegen wässrige Lösungen, welche alkalischer sind als ihr isoelektrischer Punkt, eine negative Ladung, gegen saure Lösungen eine positive Ladung und bei der H-Ionenkonzentration, welche ihrem isoelektrischen Punkt entspricht, gar keine Ladung. Der einzige Fall, bei dem bei anderen Membranen eine Umkehrung des Effektes beobachtet wurde, Mastix-Thorium, ist ein Fall, bei dem diese sonst fast ausschließlich negativ geladenen Membransubstanzen nachweislich leicht positiv umgeladen werden. Der Nachweis dieser Ladungen geschieht mit Hilfe der Methode der elektrischen Endosmose und Kataphorese und kann im Rahmen dieses Referates nicht näher besprochen werden. Jedenfalls weist diese Betrachtung darauf hin, daß die elektrische Ladung der Membranwand eine wichtige Rolle spielt bei der relativen Veränderung der Beweglichkeit von Anion und Kation. Diese Ladung ist aber nicht das einzige Moment. Die absolute Größe der Beweglichkeit einer Molekularart wird sicherlich auch beeinflusst, wenn dieses Molekül gezwungen wird, durch die ultracapillaren Poren einer Membran zu diffundieren, unabhängig von der elektrischen Ladung der Membranwand. So würden wir etwa zu folgendem Gesamtbild kommen.

Zunächst beruht der Effekt einer Membran auf der Capillarsiebwirkung. Kleine Moleküle können passieren, große nicht. Diese Wirkung wird am reinsten zum Ausdruck kommen, wenn wir die Diffusion von Nichtelektrolyten untersuchen. Dies hat vor kurzer Zeit COLLANDER für die Ferrocyanokupfermembran ausgeführt und hat gefunden, daß die Durchlässigkeit in leicht erkennbarer Weise von dem Molekularvolumen des gelösten Stoffes abhängt. So diffundiert Harnstoff und Acetamid leicht, Zucker diffundiert nicht, und die verschiedenen Alkohole verlieren mit der zunehmenden Länge ihrer Kohlenstoffkette mehr und mehr an Diffusionsfähigkeit, und viele andere Beispiele. Für unsere oben beschriebene Kollodiummembran sei in Ergänzung der früheren, nur für Elektrolyte gemachten Aussagen hinzugefügt, daß sie für Harnstoff permeabel ist, für Traubenzucker aber absolut nicht. Dies gibt uns zunächst eine Vorstellung von der Porengröße solcher Membran. Dagegen sind Membranen aus Pergamentpapier, Paraffin, Mastix, Wachs, Kautschuk in der früher beschriebenen Form deutlich

durchgängig für alle Arten gelöster Substanzen, wofern diese nicht in kolloider Lösung sind, und bekanntlich sind auch Membranen von Gelatine für alle nichtkolloiden Stoffe durchlässig. Die gut durchlässigen Membranen sind nun gerade diejenigen, bei denen die elektromotorischen Effekte klein sind, während die z. B. für Zucker nicht durchlässigen Membranen, wie das Kollodium, es gerade sind, welche die theoretisch möglichen Maximaleffekte bei der Potentialbildung geben. Betrachten wir nun zunächst die etwas besser durchlässigen Membranen, so finden wir, daß sie alle Ionenarten zwar noch durchlassen, aber daß die Permeabilität entweder sämtlicher Kationen oder sämtlicher Anionen relativ vermindert ist, und zwar vermindern diejenigen Membranen, welche eine negative Ladung haben, die Beweglichkeit der negativen Ionen und positiv geladene Membranen die der positiven Ionen. Es ist von Interesse, zu bemerken, daß wir zahllose Beispiele von Membranen haben, welche unter den verschiedensten Bedingungen negativ geladen sind und sich entweder gar nicht oder nur unter ganz besonderen Bedingungen, z. B. bei Anwesenheit des vierwertigen Thoriums oder evtl. des dreiwertigen Al⁺⁺⁺ positiv umladen. Dagegen ist bisher keine Membran bekannt, welche *in der Regel* eine positive Ladung hätte. Alle bisher bekannten positiven Membranen sind in Wirklichkeit amphoter, und ihre Ladung ist positiv nur bei einem Überschuß von H-Ionen der Lösung oder evtl. auch von vielwertigen Kationen. Am leichtesten sind die Membranen aus eiweißartigen Substanzen in positiv geladenem Zustande zu erhalten, und zwar gelingt dies hier schon durch eine Erhöhung der H-Ionenkonzentration über den isoelektrischen Punkt.

Das allgemeine Resultat scheint also zu sein: elektronegative Membranen vermindern die Beweglichkeit von negativen Ionen, elektropositive Membranen die von positiven Ionen. Wenn wir uns nun eine Vorstellung darüber machen wollen, woher die Ladung der Porenwand in der Membran stammt, so müssen wir diese als eine Folge der Ionenadsorption auffassen. Eine Membran erscheint negativ, wenn sie von den Ionen der Lösung die negativen stärker adsorbiert als die positiven. Diese Adsorption mag in einigen Fällen unter dem Bilde einer sog. physikalischen Adsorption erscheinen, so ist es der Fall bei der Paraffin- oder Kollodiummembran. In anderen Fällen mag der Adsorption ein chemisch definierbarer Vorgang zugrunde liegen. So ist es der Fall, wenn z. B. eine Gelatinemembran in saurer Lösung positiv erscheint. Dann adsorbiert die NH₂-Gruppe ein H-Ion und wird dadurch zu der ammoniumartigen NH₃⁺-Gruppe. Der Mechanismus der Adsorption ist für den Effekt belanglos. Die negative Ladung der Membranwand bedeutet also, daß von den negativen Ionen, welche die in ihren Poren befindliche wässrige Lösung enthält, ein Teil an der Wand der Membran fixiert und daher unbeweglich geworden ist. Infolgedessen muß bei einem Trans-

port von elektrischem Strom durch die Membran die durchschnittliche Beweglichkeit der Anionen vermindert sein oder besser gesagt, es beteiligen sich an dem Stromtransport relativ mehr Kationen als Anionen. Diese Idee wurde zuerst von BETHE in einem anderen Zusammenhang entwickelt. Dieselbe relative Schwerbeweglichkeit der Anionen wird sich auch bei Diffusionsversuchen äußern. Wird nun die Porenweite der Membran immer kleiner, so daß z. B. Zucker nicht mehr durchgelassen wird wie beim Kollodium, so kommen zwei weitere Momente hinzu.

Erstens kann es kommen, wenn die Poren eng genug sind, daß das Wasser in den Poren überhaupt keine frei beweglichen negativen Ionen mehr enthält. Reines Wasser in einer so engen Pore besteht aus H_2O -Molekülen und freien H -Ionen, während die ihnen äquivalenten OH -Ionen an der Wand fixiert sind. Eine so beschaffene Membran ist für Anionen undurchgängig.

Zweitens kommt bei so engen Poren noch ein Einfluß der Capillarität auf die an sich durchgängigen Kationen hinzu. Ebenso wie Harnstoff durchgelassen wird, Zucker aber nicht, werden kleine Kationen durchgelassen, größere Kationen aber nicht. Unter der Größe des Kations ist allerdings nicht die nach dem eigentlichen Atomdurchmesser zu berechnende Größe zu verstehen, sondern es muß eine Wasserhülle dazu gerechnet werden. Der hier zur Geltung kommende Ionenradius ist der auch in der DEBYESchen Theorie angenommene Radius, welcher sogar fast allein von der Wasserhülle des Ions vorgeschrieben wird. Daher ist unter den Alkaliionen das Li , welches das kleinste Atomgewicht hat, in unserem Sinne doch als das größte Ion zu betrachten, weil es die größte Wasserhülle hat. Diese Wasserhülle wird man sich heute nicht als eine starre Hülle mit einer bestimmten Zahl von Wassermolekülen vorstellen, vielmehr handelt es sich um eine Polarisation der als elektrische Dipole aufzufassenden Wassermoleküle infolge der elektrischen Ladung des Ions, nach der Theorie von BORN und von FAJANS. Wenn ein Ion sich im Wasser bewegt, schleppt es diese Hülle mit, und zwar die H_2O -Moleküle der unmittelbarsten Umgebung mit größerer Kraft, die in größerer Entfernung befindlichen mit kleinerer Kraft.

Ist nun der Durchmesser eines Porenkanälchens von der Größenordnung eines solchen scheinbaren Ionendurchmessers, so muß die Beweglichkeit des Ions in der Pore in starkem Maße von dem Volumen der Hydratationshülle beeinflusst werden, in viel stärkerem Maße als bei der Diffusion in freiem Wasser. Denn die der Porenwand anliegende Schicht von H_2O -Molekülen müssen wir uns als fest adhärent vorstellen. Gehören nun diese wandständigen H_2O -Moleküle noch zu der Attraktionssphäre eines Ions, so wird die bei der Bewegung des Ions auftretende reibungsartige Gegenkraft stark erhöht. Daher kommt es, daß die Unter-

schiede der Beweglichkeit selbst der an sich durchgängigen Ionenarten zwar in derselben Reihenfolge, aber stark übertrieben gegenüber den Unterschieden der Beweglichkeit im Wasser erscheinen. Ist die Polarisation des Ions auf das umgebende Wasser stark genug, wie bei mehrwertigen Kationen, so kann die Beweglichkeit selbst eines positiven Ions in der negativen Membran praktisch verschwinden.

Die Wirkung der capillaren Räume ist also eine doppelte. Erstens bei gewöhnlichen nichtelektrischen Molekülen die Raumbeschränkung, welche bei größeren Molekülen bis zur Impermeabilität führt, zweitens bei Elektrolyten noch dazu eine elektrische Wirkung. Diese ist wiederum von doppelter Natur. Erstens muß eine Ladung der Wand sämtliche Ionen von der ihr gleichen Ladung in der Bewegung hemmen; diese Wirkung ist also bei einer Membran von gegebenen Bedingungen *entweder* nur auf Kationen oder *nur* auf Anionen gerichtet. Zweitens bewirkt die Ladung des Ions selbst eine elektrostatische Fesselung der umgebenden Wassermoleküle, welche, wenn sie in das Bereich der Adhäsionssphäre der Porenwand fallen, eine Retardierung des Ions hervorbringen müssen, deren Größe von der Kraft abhängt, mit welcher die Wasserhülle an das Ion gebunden ist.

Es sei noch eine Bemerkung über die viel diskutierte *Glas*membran hinzugefügt, deren elektromotorische Wirkung zuerst von CREMER gefunden und vor allem von HABER experimentell und theoretisch untersucht wurde. HABER faßt die Glasmembran als eine nur für die Ionen des Wassers reversibel funktionierende Membran auf und legt der Theorie die Annahme zugrunde, daß das Glas Quellungswasser enthält, in welchem nicht nur wie in gewöhnlichem Wasser das Produkt der H^+ - und der OH^- -Konzentration, sondern auch die Konzentration der H -Ionen invariabel ist. Schon HABER betonte, daß nicht alle Glassorten sich gemäß dieser Theorie verhalten, und durch neuere Untersuchungen, z. B. von HORVITZ, ist festgestellt worden, daß außer Gläsern, welche praktisch nur für H -Ionen reversibel erscheinen, auch solche vorkommen, welche außerdem für K , Ag und andere einwertige Ionen reversibel erscheinen. Solche Gläser verhalten sich nun genau wie unsere Membran aus stark ausgetrocknetem Kollodium, und es dürfte sich empfehlen, die hier vorgeschlagene Theorie auch auf sie anzuwenden. Beim Kollodium und bei solchem Glase sind alle Anionen impermeabel, von den Kationen hat das H^+ -Ion bei weitem die größte Permeabilität, und nachweisbare Permeabilität besteht außerdem nur noch in absteigendem Grade für Rb , K , Na , Li . Stellt man sich eine Glassorte vor, welche noch etwas engere Poren hat, so wird ein überhaupt nur noch für H -Ionen permeables Glas vorliegen. Dies ist dann das Glas, welches den idealen HABERschen Effekt gibt.

Über sehr dünne, durchsichtige Metallfolien¹⁾.

VON CARL MÜLLER, Berlin.

Sehr dünne, freie Metallfolien hat man bisher entweder nach dem Schlagverfahren (Blattgold) oder dem Wollaston-Dublierungsverfahren nach LUMMER-KURLBAUM gewonnen oder durch Erzeugung schwacher Metallniederschläge auf einer stärkeren Unterlage hergestellt, die nachträglich abgeätzt wurde. Das Wollaston-Dublierungsverfahren ergibt bei $0,5\mu$ starken ausgedehnten Nuttschichten bereits erhebliche Ungleichmäßigkeiten und Porositäten. Auch die galvanischen Methoden scheinen der Literatur nach selbst bei Edelmetallen keine merkliche und sichere Unterschreitung der bei etwa $9 \cdot 10^{-6}$ cm ($0,09\mu$) liegenden Grenzdicke des Blattgoldes ergeben zu haben²⁾. Unedle Metalle, wie dünne, auf gewalztem Kupferblech niedergeschlagene Nickelfolien, konnten auf diesem Wege selbst bei vorsichtigster, über mehrere Wochen ausgedehnter Abätzung bisher sogar nur bis zu Stärken von 1μ ($1 \cdot 10^{-6}$ cm) isoliert werden.

Das im nachstehenden beschriebene, im letzten Jahr in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt beiläufig entwickelte neue Verfahren liefert demgegenüber freie Metallhäutchen von noch etwa 10mal geringerer Dicke als beim Blattgold erreichbar, d. h. bis zu $1 \cdot 10^{-6}$ cm Stärke ($0,01\mu$) herab. Die neuen Folien besitzen dabei neben einer hochgesteigerten Durchsichtigkeit gegenüber dem inhomogenen und porösen Blattgold zugleich den Vorzug einer weitgehenden Gleichmäßigkeit.

Das entwickelte Verfahren geht bei geeigneten Metallen ebenfalls von der elektrolitischen Erzeugung des gewünschten Metallhäutchens (der Nuttschicht) auf einer stärkeren Metallschutzschicht und der späteren Wegätzung dieser Schutzschicht aus. Die Schutzschicht wird jedoch doppelseitig und sehr dünn gewählt, wodurch in Verbindung mit einer Reihe manueller Kunstgriffe die Gefahr des Zerreißen verringert wird. Es ist gelungen, nach diesem Verfahren aus Nickel und Gold, die ihrer günstigen chemischen, optischen und mechanischen Eigenschaften wegen in erster Linie näher studiert wurden, membranartige Folien von 6 cm Durchmesser bis zu Stärken von $0,04\mu$ herzustellen; solche von 2 cm Durchmesser bis zu weniger als $0,02\mu$ und kleinere sogar bis zu $0,01\mu$ ($1 \cdot 10^{-6}$ cm) Dicke herab. Auch Silber-, Platin- und Eisenfolien konnten beispielsweise ohne Schwierigkeit bis unter $0,04\mu$ Stärke gewonnen werden. Die dünnsten, von kleinen Metallringen getragenen Goldfolien waren freilich schon gegen Luftzug sehr empfindlich; $0,01\mu$ Nickelfolien hingegen zeigten sich, nachdem einmal die Gefahren des Zerreißen bis zum Trocknen vorüber waren, wesentlich fester und auch in Laboratorienluft (vermutlich ihres Wasserstoffgehalts wegen) beständig. Bemerkens-

wert ist die hohe Elastizität der dünnen Nickelfolien. Straffgespannte Membranen aus $0,04\mu$ Nickelfolie von 6 cm Durchmesser konnten beispielsweise bis 1 mm durchgebogen werden.

Stärkere Nickelfolien von $0,25\mu$ Dicke hielten, zum Zwecke der Erprobung als Entladungsfenster auf eine Siebfläche mit $0,6$ mm weiten Löchern gelegt, Überdrucke bis zu 25 cm Quecksilbersäule aus.

Die Bestimmung der vorstehend genannten Dickenangaben erfolgte unter der vorläufigen Annahme normaler spezifischer Gewichte bei den Folien bis $0,04\mu$ herab durch direkte Wägung größerer Folienflächen. Bei den dünneren Folien diente zunächst als Anhalt die im Vergleich zu den $0,04\mu$ Folien verminderte, pro Flächeneinheit transportierte Elektrizitätsmenge (Stromstärke mal Zeit). Eine von Herrn FISCHER im chemischen Laboratorium der Reichsanstalt an einer größeren Zahl von $0,02\mu$ dicken Goldfolienteilen freundlich durchgeführte Analyse ergab 8 mg Goldgewicht gegenüber 6 mg nach dem elektrochemischen Äquivalent berechnet. Ein Kupfergehalt, der colorimetrisch bei weniger als $0,1$ mg Cu deutlich nachweisbar gewesen wäre, wurde nicht gefunden.

Setzt man demzufolge die angegebenen Stärkenschätzungen als annähernd richtig voraus, so würde sich, da für Nickel bzw. Gold die Atomkonstanten von HULL und BOHLIN bzw. VEGARD¹⁾ röntgenographisch zu $3,5 \cdot 10^{-8}$ cm bzw. zu $4,07 \cdot 10^{-8}$ cm gemessen sind, ergeben, daß bei den dünnsten bisher gewonnenen $1 \cdot 10^{-6}$ cm starken Nickel- und Goldfolien nur noch durchschnittlich 30 Atomschichten übereinanderliegen.

Von den Eigenschaften der neuen Folien ist in erster Linie zunächst die ins Auge fallende Lichtdurchlässigkeit und Färbung orientierend untersucht worden.

Einen Überblick über die steigende Lichtdurchlässigkeit, die bei Dickenverminderung unter $10 \cdot 10^{-6}$ cm ($0,1\mu$) eintritt, geben die in Fig. 1, 2, 3 wiedergegebenen Spektralaufnahmen, die unter Einschaltung verschieden starker Folien aus Nickel und Gold bzw. mit abgestufter Sektorenschwächung mittels eines Quarzspektrographen und einer Quarzquecksilberlampe als Lichtquelle gewonnen sind. Bei den Aufnahmen der Fig. 1 wurden frei aufgestellte Folien verwendet; bei den Aufnahmen der Fig. 2 und 3, wo das Spektrum bei $\lambda = 313\mu\mu$ abgeschnitten erscheint, sind Folien bzw. ein Streifen Blattgoldes benutzt, welche zwischen 2 Glasplatten geschützt montiert lagen. Die vergleichenden Sektorenaufnahmen Nr. 8, 10, 12, 14, 15, 17, 18, 19, 21, 23 sind demgemäß mit analoger Glasplattenschwächung gewonnen worden. Die Reihenfolge der Aufnahmen wurde möglichst so gewählt, daß jede Folienaufnahme interpolierend

¹⁾ Im Auszuge aus den Sitzungsberichten der Preuß. Akad. d. Wiss., Physik.-mathem. Kl. 25. 1925.

²⁾ Vgl. E. v. ANGERER, Technische Kunstgriffe bei phys. Untersuchungen. Vieweg & Sohn 1924.

¹⁾ BOHLIN, Ann. d. Phys. 61, 430. 1920; HULL, Phys. Rev. 17, 571. 1921; VEGARD, Philosoph. mag. 32, 65. 1916.

Fig. 1.

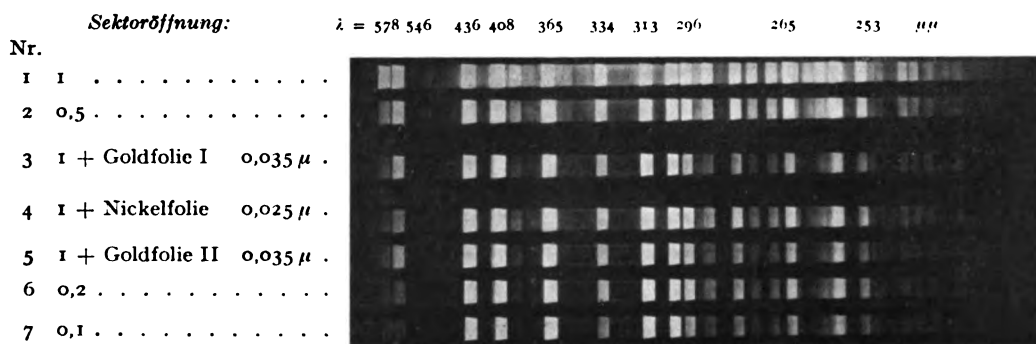


Fig. 2. Belichtungszeit gegen Nr. 1–7 verdoppelt.

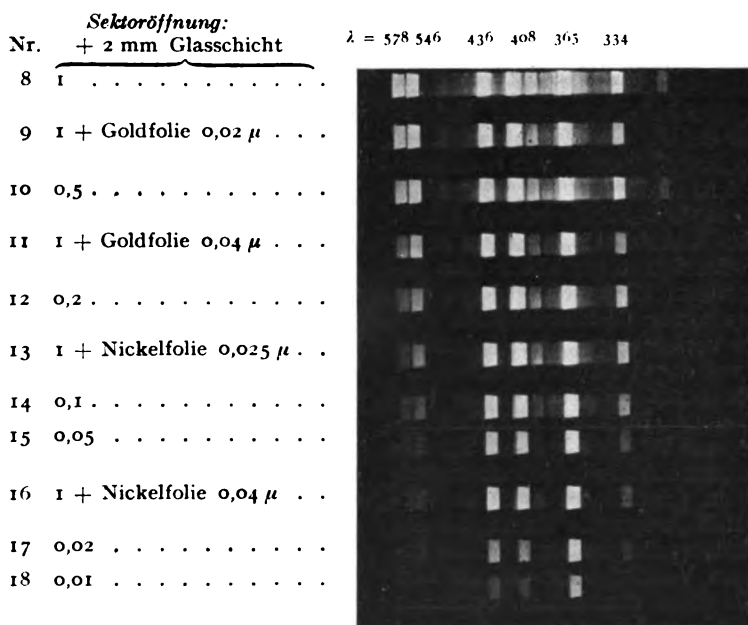
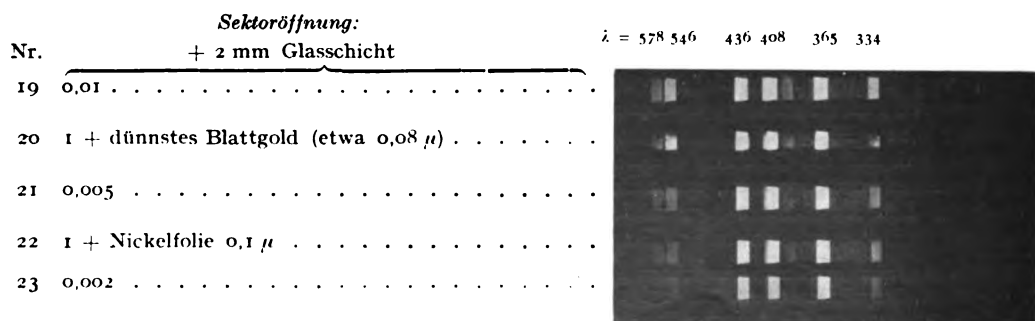


Fig. 3. Belichtungszeit gegen Nr. 1–7 auf das 40fache erhöht.



zwischen zwei Sektoraufnahmen mit größerer bzw. kleinerer Schwächung lag. Die Blattgoldaufnahme Nr. 20 zeigt neben der bekannten vorzugsweisen Durchlässigkeit im Grün ($\lambda = 546 \mu\mu$) deutlich die in ungleichmäßiger Schwärzung des Spaltbildes sich äußernde schwankende Stärke des Blattgoldes. Auch die neuen gleichmäßigen elektrolytisch gewonnenen Goldfolien zeigen noch ein Durchlässigkeitsmaximum im sichtbaren Gebiet, das sie hier gegenüber Nickelfolien gleicher Dicke wesentlich durchlässiger erscheinen läßt (vgl. die Aufnahmen Nr. 3, 4, 5, 9 und 13); doch verflacht sich dieses spektrale Durchlässigkeitsmaximum bei geringer werdender Dicke erheblich und rückt zudem mit abnehmender Dicke zu größeren Wellenlängen, im Einklang mit dem Wechsel der Durchlässigkeitsfärbung der dünnen Goldfolien, die bei $0,04 \mu$ Dicke noch deutlich grün, bei $0,02 \mu$ schwach gelblich erscheinen (vgl. die direkt spektralphotometrisch gemessenen Durchlässigkeitskurven der Fig. 4, 5, 6 für Gold- und Nickelfolien ähnlicher Dicke).

Parallel der Verschiebung der spektralen Durchlässigkeit wechselt die Reflexfarbe der dünnen Goldhäutchen, die bei $0,04 \mu$ noch deutlich goldgelb nuanciert sind, mit Verfeinerung zu $0,02 \mu$ in ein dunkles Rosa. Der reflektierende Anteil sichtbarer Strahlung beträgt nach orientierenden Messungen bei den dünnsten Goldfolien nur noch wenige Prozent. Daß die rötliche Reflexfarbe nicht, wie man vermuten könnte, von einem Kupfergehalt der dünnen Goldfolie herrührt, dürfte durch die erwähnte Analyse größerer Goldfolienstücke von analoger Stärke und gleichartiger Färbung klargelegt sein. Im übrigen erscheinen derartige $0,02 \mu$ -Goldfolien an den Randstellen, wo die Goldfolie auf einer Kupferunterlage aufliegt, also das Licht infolge der Reflexion an der Kupferunterlage die doppelte Golddicke ($0,04 \mu$) durchläuft, in der ähnlichen goldgelben Reflexfarbe wie eine freie Goldfolie von analoger Dicke ($0,04 \mu$).

Gegenüber der Gesamtstrahlung einer normal belasteten Nitalampe zeigen die auch in den dünnsten Schichten „grauen“ Nickelfolien ähnliche Durchlässigkeiten wie im sichtbaren Gebiet (bei $0,025 \mu$ Dicke etwa 11%), die $0,04 \mu$ -Goldfolien zeigten bezüglich der Nitalampengesamtstrahlung etwa 6% Durchlässigkeit (gegenüber 15 bis 30% im sichtbaren Gebiet), die $0,02 \mu$ -Goldfolien etwa 14% Durchlässigkeit gegenüber 50–60% im Sichtbaren).

Eingehendere spektrale Messungen, insbesondere über die bei der Lichtschwächung auf Absorption, Reflexion, Zerstreuung entfallenden Anteile, sollen ebenso wie allgemeinere vergleichende Untersuchungen über die Dicke und die optischen, elektrischen, magnetischen, lichtelektrischen und magneto-optischen Eigenschaften der Folien und ihr Verhalten gegen Kathodenstrahlen und chemische Einwirkungen den Gegenstand weiterer Untersuchungen an Folien möglichst zahlreicher Materialien bilden.

Einen Anhalt für die Klarheit und gute Gleichmäßigkeit der neuen Folien geben die mikrophoto-graphischen Vergleichsaufnahmen¹⁾ der Fig. 7 und 8. In der rechten Fig. 8 ist ein in $\frac{1}{100}$ mm geteilter mikroskopischer Maßstab mit 400facher

Fig. 4. Goldfolie etwa $0,04 \mu$ ($4 \cdot 10^{-6}$ cm).

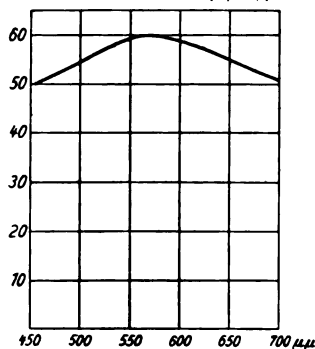


Fig. 5. Goldfolie etwa $0,02 \mu$ ($2 \cdot 10^{-6}$ cm).

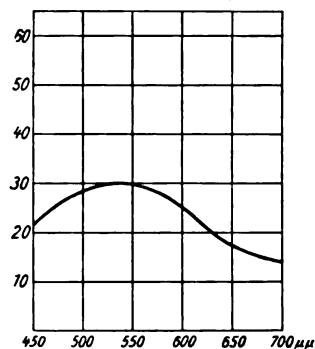
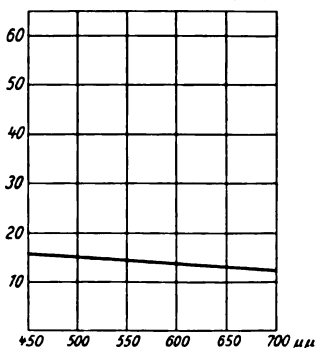


Fig. 6. Nickelfolie etwa $0,025 \mu$ ($2,5 \cdot 10^{-6}$ cm).



Vergrößerung und Apertur $0,4$ direkt aufgenommen; in der linken Fig. 7 wurde derselbe Maßstab durch eine Nickelfolie von $0,025 \mu$ Dicke hindurch photographiert, welche zwischen Maßstab und Mikroskopobjektiv eingeschaltet war. Irgendwelche Schärfeneinbußen des linken Bildes infolge des Lichtdurchgangs durch die Folie, bei dem immerhin

¹⁾ Durch Herrn WETTHAUER freundlichst aufgenommen.

ein weit geöffnetes Lichtbündel sehr verschiedene Folienstellen durchstrahlte, sind nicht wahrzunehmen.

Die Oberfläche der dünnsten Metallfolien selbst erscheint auch bei noch stärkerer Vergrößerung als glasartige, strukturlose, nur ganz vereinzelt von Poren durchbrochene Haut.

Auch Durchstrahlungen mit polarisiertem Licht zeigten keinerlei ungleichmäßige Aufhellung, sondern nur eine ganz geringfügige Drehung der Polarisationssebene [um $0,02^\circ$ ¹⁾], im Gegensatz zu den bekannten Spannungsstörungen bei den durch Zerstäubung auf Quarzplatten usw. hergestellten Metallschichten. Die neuen Folien dürften daher

durchsichtigere Nickeloxyd vollkommen ihre Form und ihren Zusammenhang.

Beachtenswert ist ferner die auf die große abkühlende Oberfläche zurückzuführende Fähigkeit der neuen Folien, starke elektrische Ströme zu leiten, die sie nicht nur als Zuleitungen sehr geringer Masse und Steifigkeit für Meßinstrumente, als Stromleiter für Galvanometer, Elektrometer, Thermosäulen empfiehlt, sondern auch für Thermophon Zwecke geeignet macht. Folienstreifen aus Nickel konnten bei $0,04 \mu$ Stärke beispielsweise in Luft pro Zentimeter Breite mit $0,3$ Amp., ohne zu oxydieren, belastet werden. Auch in Membranform dürften die Folien ihrer obenerwähnten hohen

Fig. 7.

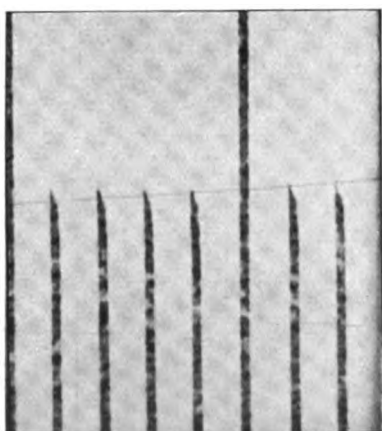
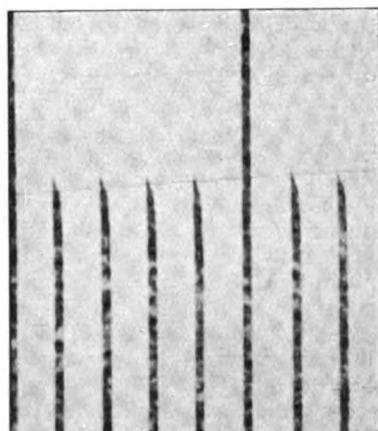


Fig. 8.



Mikrophotographische Aufnahme einer in $0,01$ mm geteilten Skala. Vergrößerung 400fach. (Zeiss Comp. Okul. zofach und Obj. C.) ($f = 8,5$ mm; Apertur $0,4$; freier Objektabstand $1,6$ mm.)

a) Mit Nickelfolie von $2,5 \cdot 10^{-6}$ cm Stärke zwischen Objektiv und Maßstab.

b) Ohne Nickelfolie (verkürzte Belichtungszeit).

besonders für metalloptische Untersuchungen ein willkommenes Studienmaterial bilden.

Eigenartig ist das Verhalten der dünnen Nickelfolien gegenüber chemischen Einflüssen. Wird eine Nickelfolie mittlerer Feinheit von beispielsweise $0,03$ – $0,04 \mu$ Stärke in sauerstoffhaltiger Atmosphäre erhitzt, so nimmt ihre Durchsichtigkeit in derart hohem Maße zu, daß man zunächst an einen starken Substanzverlust glaubt. Zugleich treten je nach der Foliendicke Färbungen, besonders im reflektierten Licht, auf. Durch Erhitzen in Wasserstoff kann man jedoch die Folie leicht in die ursprüngliche Metallfolie zurückverwandeln, ein Zeichen, daß lediglich eine Oxydierung des Nickelhäutchens stattgefunden hatte. Die Folie behält dabei auch nach Überführung in das

Elastizität, außerordentlichen Leichtigkeit¹⁾ und vollkommenen Dämpfung wegen für akustische und optische Zwecke, ebenso wie für magnetische und mechanische Geräte ein vielseitig verwendbares Konstruktionsmaterial ergeben.

Zusammenfassung.

Es wird die Gewinnung von sehr dünnen, hochdurchsichtigen freien Metallfolien aus Nickel, Gold, Platin, Silber, Eisen bis teilweise zu Stärken von $1 \cdot 10^{-6}$ cm herab beschrieben und ein Überblick über das Verhalten der Folien in mechanischer, chemischer, elektrischer und besonders optischer Hinsicht an Hand spektrophotographischer Aufnahmen und spektralphotometrischer Messungen gegeben.

¹⁾ Nach freundlichen Messungen von Herrn SCHÖNROCK.

¹⁾ Gewicht einer $0,04 \mu$ Nickelfolienmembran von 60 mm Durchmesser etwa 1 mg. Probefolien können durch Vermittlung des Verfassers erhalten werden.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Der Herausgeber hält sich für die Zuschriften und die vorläufigen Mitteilungen nicht für verantwortlich.

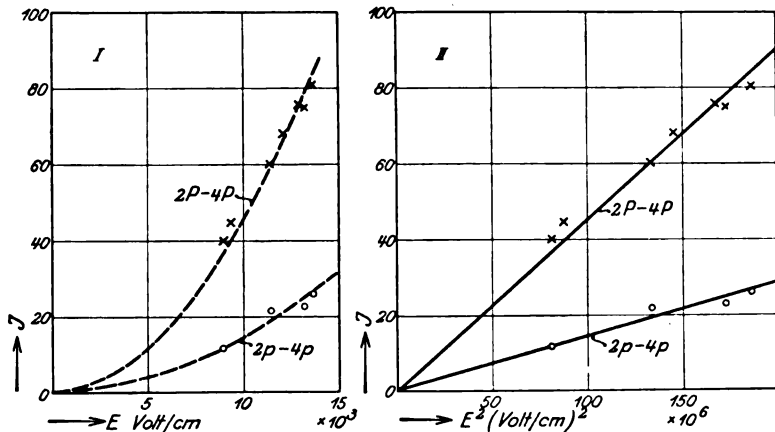
Intensitätsmessungen im Stark-Effekt.

Wie zuerst von J. Kock und STARK am Lithium und Heliumspektrum beobachtet wurde, kommen unter Einwirkung eines elektrischen Feldes neue Serien von Spektrallinien zum Vorschein, die solchen Kombinationen der Spektraltermen entsprechen, die unter gewöhnlichen Umständen verboten sind. Von BOHR wurde auf Grundlage des Korrespondenzprinzips eine einfache Erklärung dieser Beobachtungen gegeben. In der Tat entspricht das Auftreten der neuen Spektralserien vollständig dem Auftreten von neuen harmonischen Komponenten, der sog. Kombinationsschwingungen, die in einer mehrfach periodischen mechanischen Bewegung unter der Einwirkung äußerer Kräfte auftreten können. Da die Amplituden dieser Schwingungen im allgemeinen der Stärke der äußeren Kräfte proportional sind, darf man im Fall des Starkeffektes erwarten, daß die Intensität, womit die neuen Serien auftreten, dem Quadrat der Feldstärke proportional sein wird, solange ihre Intensität noch klein ist gegenüber den Linien der gewöhnlichen Serien. Durch die Versuche von HANSEN, TAKAMINE und WERNER¹⁾ über den Starkeffekt im Quecksilberspektrum wurde umfangreiches Material geschaffen, das eine weitere Stütze der theoretischen Überlegungen lieferte. Im Anschluß an die von KRAMERS und HEISENBERG neuerdings entwickelte Theorie der Streuung von Strahlung durch Atome ist eine nähere theoretische Diskussion dieses Materials unlängst von PAULI²⁾ gegeben.

In der genannten Arbeit von HANSEN, TAKAMINE und WERNER waren nur qualitative Schätzungen der relativen Intensitäten der neuen Linien gegeben. Mit der Absicht, die theoretischen Aussagen über die Intensitätsabhängigkeit von der Feldstärke einer näheren Prüfung zu unterziehen, haben wir auf Vorschlag von Professor BOHR Intensitätsmessungen der neu erscheinenden Linien nach der neuerdings in Utrecht ausgearbeiteten Methode unternommen, und die vorliegende Note enthält einen kurzen Bericht über die bisher gewonnenen Resultate.

Als Gegenstand der Untersuchung wurden in erster Linie die neu auftretenden $p-p$ - und $P-P$ -Kombinationen im Heliumspektrum gewählt. Die experimentelle Anordnung war die Lo-SURDOSCHE Methode, wo das elektrische Feld im Kathodendunkelraum benutzt wird. Das Entladungsröhr wurde mit 2–4000 Volt Spannung von einer Gleichstromdynamo betrieben. Der Spektrograph war ein Hilger-Glasspektrograph mit konstanter Ablenkung mit Dispersion 1 mm = 40 Å.E. bei 4500 Å. Die elektrische Feldstärke konnte durch Messungen der

Aufspaltungen der Linien des Wasserstoffes, besonders $H\delta$, die in allen unseren Spektralaufnahmen vorhanden waren, gemessen werden mit einer Genauigkeit von ungefähr 3%. Um eine konstante Feldstärke der ganzen Spektrallinie entlang zu bekommen, ist das Entladungsröhr so gestellt, daß die Oberfläche der Molybdän-Kathode, im Gegensatz zu der gewöhnlichen Lo-SURDOS-Aufstellung, parallel zur Spalte des Spektrographs steht. Die Schwärzung der photographischen Platte wurde mittels eines Mikrophotometers nach MOLL bei ungefähr roomaliger Vergrößerung ausgemessen. Aus den Schwärzungskurven der photographischen Platten, welche mit Hilfe einer PHILIPS-Argentalampe aufgenommen waren, wurde die relative Intensität der Spektrallinien bestimmt. Die Messungen wurden in der Weise ausgeführt, daß wir eine Serie von Heliumspektren bei verschiedenen Feldstärken aufnahmen. Die relative Intensität der verschiedenen Aufnahmen konnte mit Hilfe von Linien, die durch das elektrische Feld unbeeinflusst sind (z. B. Linien der scharfen Serie), bestimmt werden. Die relative Intensität der durch das



elektrische Feld beeinflussten Linien war dann ganz einfach zu finden.

Alle unsere Meßresultate beziehen sich bis jetzt nur auf die dem Felde parallel schwingende Lichtkomponente. Die erste Aufgabe war zu zeigen, daß die Intensität der im elektrischen Felde neu erscheinenden Spektrallinien dem quadratischen Gesetze folgt. Die Meßresultate sind in folgenden Diagrammen dargestellt. In Kurvenbild I sind als Abszissen die Feldstärke in Volt/cm, als Ordinaten Zahlen, die proportional der Intensität der Linien sind, aufgetragen. Die 2 Gruppen von Messungen beziehen sich auf die Linie $2P-4P$ ($\lambda 4911 \text{ Å}$) des Parheliums (durch $\times$ angegeben), und auf die Linie $2p-4p$ ($\lambda 4519 \text{ Å}$) des Orthoheliums (durch $\circ$ angegeben). Diese 2 Gruppen sind nicht direkt miteinander vergleichbar, weil die Proportionalitätsfaktoren der Ordinaten verschieden sind. In Kurvenbild II sind dieselben Messungen wieder aufgetragen, aber diesmal mit dem Quadrate der Feldstärke als Abszisse. Die gezeichneten geraden Linien zeigen, daß das Gesetz, nach dem die Intensität der neuen Komponenten proportional dem Quadrate der elektrischen Feldstärke ist, innerhalb der Meßfehler experimentell bestätigt wird.

In Übereinstimmung mit der allgemeinen theoretischen Erwartung hat sich schon in früheren Unter-

¹⁾ H. M. HANSEN, T. TAKAMINE und SVEN WERNER, On the Effect of Magnetic and Electric Fields on the Mercury Spectrum. D. Kgl. Danske Videnskabernes Selsk. Skrifter 5, 3. 1923.

²⁾ W. PAULI, Über die Intensitäten der im elektrischen Feld erscheinenden Kombinationslinien. D. Kgl. Danske Videnskabernes Selsk. Skrifter 7, 3. 1925.

suchungen ergeben, daß die Intensität einer neuen Linie durch die Differenz des beeinflussten Terms und des nächstliegenden Wasserstoffterms bedingt ist; je größer nämlich diese Differenz ist, um so kleiner wird die Intensität der von diesem Term herrührenden neuen Linien. Um die näheren Aussagen der neueren Entwicklung der Theorie zu prüfen, haben wir diese Gesetzmäßigkeit quantitativ untersucht, und im besonderen die Linien $2P - 4P$ (λ 4911 Å) mit $2P - 4D$ (λ 4922) und $2p - 4p$ (λ 4519) mit $2p - 4d$ (λ 4472) verglichen. Wegen des sehr großen Intensitätsunterschiedes dieser Linien beanspruchen zwar unsere bisherigen Messungen nur eine geringe Genauigkeit. Es hat sich ergeben, daß bei einer Feldstärke $E = 13\,200$ Volt/cm das Verhältnis

$$\frac{J_{2P-4P}}{J_{2P-4D}} = 0,025, \quad \text{während} \quad \frac{J_{2p-4p}}{J_{2p-4d}} = 0,0015$$

ist. Das Verhältnis dieser beiden Größen gibt ein Maß für die relative Häufigkeit der Übergänge $2P - 4P$ und $2p - 4p$. Aus der Theorie des Stark-effektes würde folgen, daß die Intensität der neuen $P - P$ -Linien in erster Annäherung dem Quadrate der Differenz des beeinflussten P -Terms und des nächstliegenden D -Terms umgekehrt proportional ist. Dies würde für das obige Verhältnis den Wert 24 geben. Die Übereinstimmung mit dem experimentell gefundenen Werte (ca. 17) muß als befriedigend bezeichnet werden. Für die neuen Linien $2P - 4F$ und $2p - 4f$ ergibt sich

$$\frac{J_{2P-4F}}{J_{2P-4D}} = 0,4 \quad \text{und} \quad \frac{J_{2p-4f}}{J_{2p-4d}} = 0,3$$

bei $E = 13\,200$ Volt/cm. Die Theorie gibt hier für das Verhältnis der beiden letzteren Größen den Wert 1,5, in befriedigender Übereinstimmung mit dem experimentell gefundenen Werte von ca. 1,3.

Die Intensität der neuen Linien steigt, wie schon in den ersten Stark-effektarbeiten bemerkt ist, mit wachsender Gliednummer in den Serien gegenüber den gewöhnlichen Linien sehr stark an. Messungen bei $13\,200$ Volt/cm an der parallel zum Felde schwingenden Lichtkomponente ergeben, daß

$$\frac{J_{2P-mP}}{J_{2P-mD}} = 0,025, 0,4 \quad \text{und} \quad 1$$

für $m = 4, 5$ und 6 ist. Die Linien bei $m = 4$ zeigen im Felde keine erhebliche Polarisation, bei $m = 5$ eine größere und bei $m = 6$ schon starke Polarisation.

Eine nähere theoretische Diskussion der hier behandelten Probleme auf der von PAULI benutzten Grundlage wird in einer demnächst erscheinenden Arbeit von Dr. KRAMERS gegeben.

Eine Fortsetzung der Versuche ist im hiesigen Institut im Gange.

Universitetets Institut for teoretisk Fysik.

København, November 1925.

T. TAKAMINE, SVEN WERNER.

Intensität von Absorptionslinien in Cadmiumdampf.

In einer kürzlich erschienenen Note¹⁾ wurde über Versuche an TI-Dampf berichtet, in denen die Stärke von Absorptionslinien ihrem absoluten und relativen Betrage nach mit Hilfe der magnetischen Rotation der Polarisationsebene bestimmt wurde. Dieselbe Methode hat sich inzwischen auch für den Dampf von Cd durchführen lassen.

Wie bereits von WOOD und GUTHRIE²⁾ beobachtet

¹⁾ Naturwissenschaften 13, 724. 1925.

²⁾ WOOD und GUTHRIE, Astrophys. Journ. 29, 211-213. 1909.

wurde, besitzt nicht leuchtender Cd-Dampf im ultravioletten Spektralgebiete 2 Absorptionslinien, die eine bei $\lambda = 2288$ Å, die andere bei 3261 Å. Es entspricht die erstere Linie einem Übergange $1S - 2P$, die zweite einem Übergange $1S - 2p_2$. Es bietet sich somit die Möglichkeit, eine Spektrallinie, die einem Übergange innerhalb des Singulettsystems zugeordnet ist, zu vergleichen mit einer anderen, die einem Übergange von einem Singulettterm nach einem Term des Triplettsystems entspricht. Wie schon WOOD und GUTHRIE erwähnen, verbreitern sich die beiden Absorptionslinien, insbesondere die Linie 2288 stark, wenn der Dampfdruck des Cd gesteigert wird. Die Ausdehnung des Gebietes, innerhalb dessen die magnetische Drehung meßbare Beträge erreichte, nahm nun bei Steigerung des Dampfdruckes weniger rasch zu als die Ausbreitung des Absorptionsbereiches, und es konnte darum mit Hilfe des zur Verfügung stehenden Elektromagneten die Rotation der Polarisationsebene für Dampfdrucke oberhalb 4 mm bei dieser Linie nicht mehr gemessen werden. Bei der Linie 3261 war dagegen eine Messung der Rotation auch bei einem Dampfdrucke von 2 Atmosphären noch möglich, dann allerdings nur noch auf der ultravioletten Seite, indem der Absorptionsbereich sehr stark unsymmetrisch nach Rot verbreitert ist.

Das Ergebnis der Dispersionsmessungen für die beiden Cd-Linien kann ähnlich wie früher beim TI zusammengefaßt werden, indem das Verhältnis f der dispergierenden Wirkung eines Cd-Atoms zur dispergierenden Wirkung eines isotrop gebundenen klassischen Elektrons, dessen Eigenfrequenz gleich der Frequenz der entsprechenden Spektrallinie ist, angegeben wird. Es betrug der Wert dieses Verhältnisses

$$\text{für } 1S - 2P (\lambda = 2288 \text{ Å}) f = 1,20 \pm 0,05$$

$$\text{für } 1S - 2p_2 (\lambda = 3261 \text{ Å}) f = (1,9 \pm 0,2) \cdot 10^{-3}$$

Die Linie $1S - 2P$ ergibt sich somit als etwa 600 mal so stark als die Interkombinationslinie $1S - 2p_2$. Ein solches Verhältnis steht in guter Übereinstimmung mit allgemeinen korrespondenzmäßigen Betrachtungen von KRONIG¹⁾, der das Auftreten von Interkombinationslinien als Begleiterscheinung beim Versagen der Intensitätsregeln für Multipletts im Falle großer Multiplett-Aufspaltungen betrachtet. In der Tat ist bei Hg der Abstand der Triplettkomponenten $2p_1 - 2p_3 = 6398$, die Intensität der Interkombinationslinie $1S - 2p_2$ nach Absorptionsmessungen von FÜCHTBAUER und JOOS²⁾ gleich $2,2 \cdot 10^{-2}$, während bei Cd $2p_1 - 2p_3 = 1713$, die Intensität von $1S - 2p_2$ wie oben angegeben gleich $1,9 \cdot 10^{-3}$ ist. Das Verhältnis der Intensität der Interkombinationslinien ist also im Falle von Hg und Cd etwa gleich dem Verhältnis der Quadrate der Triplettabstände in den beiden Atomen.

Das Ergebnis, daß für die Linie 2288 der Wert von $f > 1$ wird, dürfte mit dem Vorhandensein zweier in äquivalenten Bahnen (5,1 Bahnen) gebundener Elektronen im Normalzustande des Cd-Atoms in Zusammenhang stehen, und man kann die Größe dieses f -Wertes als Ausdruck dafür betrachten, daß bei Bestrahlung eines Cd-Atoms mit Licht, dessen Frequenz in der Nähe der Linie 2288 liegt, beide 5,1-Elektronen sehr wesentlich an dem Vorgange der Lichtzerstreuung teilnehmen, dem entsprechend, daß im Falle einer wirklichen Absorption des einfallenden Lichtes jedes der beiden Elektronen eine im Sinne der Quantentheorie wesentliche Änderung seiner Bindungsart erleiden kann.

¹⁾ R. DE L. KRONIG, Zeitschr. f. Phys. 33, 261. 1925.

²⁾ FÜCHTBAUER und JOOS, Phys. Zeitschr. 23, 77. 1922.

In einer ebenfalls kürzlich erschienenen Arbeit wurde ein Summensatz formuliert¹⁾, der, auf den Fall des Cd im Normalzustand angewendet, fordert, daß die Summe der f -Werte für alle vom Grundzustande ausgehenden Absorptionslinien (im optischen Gebiet) gleich zwei sei. Es ergibt sich hieraus unmittelbar, daß die Intensitäten aller übrigen Übergänge $1S - nP$ ($n > 2$) und der kontinuierlichen Absorption, und evtl. vorhandener Übergänge aus dem Normalzustande nach Termen des gestrichenen Systems (die etwa bei 1000 ÅE liegen würden) zusammengenommen $\frac{2}{3}$ der Intensität der Linie $1S - 2P$ ausmachen würden.

In der BOHRschen Theorie des periodischen Systems²⁾ wurde auf Grund der Starkeffekte³⁾ in Hg angenommen, daß die $2P$ -Terme in Zn, Cd und Hg Bahnen erster Art sein sollten, so daß diesen Termen die Hauptquantenzahl 2 zukommen würde. Da dem $1S$ -Term im Falle des Cd unzweideutig die Hauptquantenzahl 5 zuzuordnen ist, so wäre korrespondenzmäßig in der Reihe der Werte $f_{1S - nP}$ für den Wert $n = 5$ ein Maximum zu erwarten, was aber in Anbetracht der eben erwähnten Summenbeziehungen und des f -Wertes für $1S - 2P$ wohl unzutreffend ist. Dieser Wert scheint darum mit den Forderungen des Korrespondenzprinzips nur dann verträglich zu sein, wenn dem $2P$ -Term in Cd die Hauptquantenzahl 5 zugeordnet wird⁴⁾. In Analogie hierzu wird man dann erwarten, daß die P -Zustände auch in Zn und Hg, in ähnlicher Weise wie die S -Zustände, ihrer Beschaffenheit nach den entsprechenden Zuständen der Alkaliatome verwandt sein werden. Dieses scheint auch zu keinen weiteren Widersprüchen mit den Ergebnissen des Starkeffekts zu führen, denn wenn man mit PAULI⁵⁾ der Theorie dieses Effektes die Gesichtspunkte der KRAMERSschen Dispersionstheorie zugrunde legt, so hängt die Beeinflussbarkeit der P -Terme durch das elektrische Feld in erster Linie nur von der Größe der respektiven Termdifferenzen $nP - mD$ und $nP - mS$ ab und erst in zweiter Linie von den Annahmen über die Bindungsart, die in der Klassifikation mittels Quantenzahlen zum Ausdruck kommt.

Ein großes Interesse beansprucht, insbesondere nach erfolgter Bestimmung der f -Werte, eine genauere Verfolgung der merkwürdigen Verhältnisse bei der Verbreiterung der beiden Absorptionslinien des Cd, und wir hoffen, auf diesen Punkt in einer weiteren Mitteilung demnächst zurückzukommen.

Universitetets Institut for Teoretisk Fysik.

Kopenhagen, Dezember 1925.

W. KUHN.

Zeemaneffekt von Molybdän.

Mit einem großen Konkavgitter wurde der Zeemaneffekt von Molybdän im Bereich von 3000–6000 ÅE

¹⁾ W. KUHN, Zeitschr. f. Phys. 33, 408. 1925; vgl. auch W. THOMAS, Naturwissenschaften 13, 627. 1925.

²⁾ N. BOHR, Ann. d. Phys. 71, 228ff. 1923.

³⁾ HANSEN, TAKAMINE und WERNER, Det Kgl. Danske Vidensk. Selsk. 5, 3. 1923.

⁴⁾ Vgl. eine Berechnung von harmonischen Komponenten einer Elektronenbewegung in Zentralfeldern bei F. C. HOYT, Phys. Rev. 25, 174. 1925. Nach der Entwicklung, welche die Quantenmechanik neuerdings erfahren hat, ist es allerdings fraglich geworden, in welchem Grade der Zuordnung von Quantenzahlen zu den stationären Zuständen eine anschauliche Bedeutung beigelegt werden kann.

⁵⁾ W. PAULI, Det Kgl. Danske Vidensk. Selsk. 7, 3. 1925.

photographiert. Als Lichtquelle diente ein Vakuumbogen. Ein WEISSscher Elektromagnet lieferte dazu ein Feld von ca. 35 000 Gauss.

Zunächst sind folgende, von CATALÁN (Ann. soc. esp. fis. y quim. 21) entdeckte Multipletts bestätigt worden:

(Die Bezeichnungsweise der Terme ist die neue von SOMMERFELD vorgeschlagene. Bei den in [] Klammern gesetzten Aufspaltungen sind nicht sämtliche Komponenten völlig getrennt, doch lassen ja auch in diesen Fällen, wie bekannt, gewisse ausgezeichnete Abstände, die man gut messen kann, sowie die Abschattierungen sichere Schlüsse für den Typus zu.)

λ Catalán	Zeemaneffekt	
	Typus	Kombination
3132,59 $1s_2 - 2p'_4$	(0) (1) (2) (3) 4 5 6 7 8 9 10 4	$s_2 p_4$
3170,33 $1s_2 - 2p'_4$	[(1) (2) (3) 21 22 23 24 25 26] 12	$s_2 p_4$
3193,97 $1s_2 - 2p'_4$	(0) (1) (2) 4 5 6 7 8 3	$s_2 p_4$
3798,26 $1s_2 - 2p_4$	(0) (1) (2) (3) 4 5 6 7 8 9 10 4	$s_2 p_4$
3864,11 $1s_2 - 2p_4$	[(1) (2) (3) 21 22 23 24 25 26] 12	$s_2 p_4$
3902,97 $1s_2 - 2p_4$	(0) (1) (2) 3 4 5 6 7 8 3	$s_2 p_4$
4277,25 $d_4 f_4$	[(0) (1) (2) (3) (4) 10 11 12 13 14 15 16 17] 10	$d_4 f_4$
4288,65 $d_4 f_4$	[(0) (3) (6) (9) 18 21 24 27 30 33 36] 20	$d_4 f_4$
4292,13 $d_1 f_4$	(0) (1) 1 2 3 2	$d_1 f_4$
4293,23 $d_2 f_4$	(0) (1) (2) 3 4 5 6 7 4	$d_2 f_4$
4294,00 $d_0 f_1$	(0) 0 (3) 0 3 2	$d_0 f_1$
4326,75 $d_1 f_1$	(1) (2) 1 2 3 4 2	$d_1 f_1$
4350,34 $d_2 f_1$	(1) (2) (3) 3 4 5 6 7 8 4	$d_2 f_1$
4369,05 $d_3 f_1$	[(3) (6) (9) 12 18 21 24 27 30 33 36 39] 20	$d_3 f_1$
4380,30 $d_4 f_1$	zu schwach	—
4385,91 $d_1 f_1$	zu schwach	—
4428,27 $d_2 f_1$	—	—
4464,23 $d_1 f_1$ { (be- rech- net)	—	—
4443,07 $p'_2 d_1$	überlagert	—
4512,15 $p'_2 d_1$	(0) (2) 9 11 13 6	$p_2 d_1$
4524,34 $p'_2 d_1$	(1) (2) (3) 7 8 9 10 11 12 6	$p_2 d_1$
4558,11 $p'_1 d_0$	(0) 5 2	$p_1 d_0$
4576,50 $p'_2 d_1$	(2) (4) 7 9 11 13 6	$p_2 d_1$
4595,16 $p'_1 d_1$	(2) 3 5 2	$p_1 d_1$
4626,47 $p'_2 d_1$	(0) (1) (2) (3) 6 7 8 9 10 11 12 6	$p_2 d_1$
4661,93 $p'_1 d_2$	(0) 1 (2) 3 5 2	$p_1 d_2$
4662,77 $p'_2 d_1$	(0) (2) (4) 5 7 9 11 13 6	$p_2 d_1$

λ Catalán	Zeemaneffekt	
	Typus	Kombination
5632,48 $p_1 d_0$	(0) 5 2	$p_1 d_0$
5650,15 $p_2 d_1$	(0) (2) 9 11 13 6	$p_2 d_1$
5689,22 $p_1 d_1$	(2) 3 5 2	$p_1 d_1$
5722,78 $p_3 d_2$	(0) (1) (2) 8 9 10 11 12 6	$p_3 d_2$
5751,42 $p_2 d_2$	(2) (4) 7 9 11 13 6	$p_2 d_2$
5791,88 $p_1 d_2$	(0) 1 (2) 3 5 2	$p_1 d_2$
5888,32 $p_2 d_2$	(0) (2) (4) 5 7 9 11 13 6	$p_2 d_2$
6030,65 $p_3 d_4$	(0) (1) (2) (3) 6 7 8 9 10 11 12 (I. Ordn.) 6	$p_3 d_4$
5506,54 $1 s_2 - 2 p_3$	(0) (1) (2) 3 4 5 6 7 3	$s_2 p_3$
5533,06 $1 s_2 - 2 p_3$	(1) (2) 10 11 12 13 6	$s_2 p_3$
5570,57 $1 s_2 - 2 p_2$	(0) 1 3 4 5 2	$s_2 p_1$

Im oben angegebenen Wellenlängengebiet konnten so außer einem weiteren pd -Multiplett und den Interkombinationslinien, die zu schwach sind, alle von CATALÁN aufgefundenen Gruppen durch den Zeemaneffekt bestätigt werden.

Ferner gibt KIESS (Scient. Pap. Nr. 474) zwischen 3763 und 3901 Å eine dd' -Gruppe an, jedoch ohne die inneren Quantenzahlen. Im Zeemaneffekt zeigen sämtliche Linien dieser Gruppe die Aufspaltung $\frac{(0) 3}{2}$.

Hieraus ergibt sich untenstehende Anordnung der Linien.

Die von KIESS zu diesem Multiplett gerechnete Linie 3825,33 Å liegt nur zufällig an dieser Stelle, die den Intervallen nach in die Gruppe paßt; die Termkombination jedoch, $d_0 d'_0$, der sie sonst entsprechen würde, ist durch das Auswahlprinzip verboten. Im Zeemaneffekt ist sie zu schwach.

Außerdem wurden durch den Zeemaneffekt noch Ansätze zu neuen Multipletts gefunden, z. B. zu einem Quartettsystem im Funkenspektrum von Mo. Eine ausführliche Arbeit erscheint demnächst.

Bonn, den 6. Dezember 1925.

Physikalisches Institut der Universität.

E. WILHELMY.

	d_0	d_1	d_2	d_3	d_4
	176,79	311,61	404,16	487,82	
d'_0		λ 3851,40 (ν 25 957,24)			
d'_1		λ 3797,31 (ν 26 327,01)	λ 3869,08 (ν 25 838,59)		
d'_2		λ 3822,99 (ν 26 150,22)	λ 3826,70 (ν 26 124,81)	λ 3886,82 (ν 25 720,76)	
d'_3		λ 3781,60 (ν 26 436,42)	λ 3770,52 (ν 26 514,09)	λ 3828,88 (ν 26 109,93)	λ 3901,78 (ν 25 622,10)
d'_4				λ 3763,36 (ν 26 564,52)	λ 3833,76 (ν 26 076,71)

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Zur Frage der Umwandlung von Quecksilber in Gold. In der letzten Zeit sind von verschiedenen Seiten Versuche in Angriff genommen worden, um die von MIETHE und STAMMREICH¹⁾ und von NAGAOKA²⁾ behauptete Verwandlung von Quecksilber in Gold nachzuprüfen. Während über das Ergebnis der Wiederholung von NAGAOKAS Versuchen noch nichts publiziert worden ist³⁾ — da NAGAOKA mit außerordentlich hohen Spannungen arbeitet, erfordern diese Experimente bedeutende Mittel —, sind betreffs der Angaben von MIETHE und STAMMREICH schon verschiedene Zweifel laut geworden⁴⁾. Kürzlich ist auch in einer amerikanischen Zeitschrift ein Beitrag zu dieser Frage

erschienen¹⁾, und da diese Zeitschrift in Deutschland schwer zugänglich ist, sei hier kurz darüber referiert.

Das Interesse der amerikanischen Öffentlichkeit an den Transmutationsversuchen ist nicht nur durch ihre wissenschaftliche Bedeutung, sondern in noch höherem Grade durch ihre eventuellen wirtschaftlichen Auswirkungen bedingt. Die Möglichkeit einer Gewinnung von Gold auf künstlichem Wege wäre in Amerika höchst unerwünscht, da sie die schon jetzt dort bestehende und als drückend empfundene „Goldinflation“ noch verstärken würde. „Um sowohl im Interesse der Wissenschaft als auch der Staatsfinanzen die Wahrheit zu ermitteln“, hat darum die Zeitschrift *Scientific American* eine Nachprüfung der MIETHESchen Versuche angeregt und durch Geldmittel unterstützt.

Die Untersuchung wurde im Washington Square College der New Yorker Universität unter Leitung von Professor H. H. SHELDON durch R. S. ESTEY ausgeführt. Zunächst wurde festgestellt, daß sehr geringe Goldmengen, wie sie fast stets im Quecksilber vorhanden sind, „durch keinen bekannten Destillationsvorgang vollkommen vom Quecksilber getrennt werden können“, eine Erkenntnis, die in bester Übereinstimmung mit dem Befund von RIESENFELD und HAASE sowie von TIEDE und seinen Mitarbeitern steht. Die amerikanischen Forscher wählten nun einen originellen Weg,

¹⁾ A. MIETHE und H. STAMMREICH, Naturwissenschaften 12, 597, 744, 1211. 1924; 13, 635. 1925; Zeitschr. f. anorg. Chem. 140, 368. 1924; 148, 93; 149, 263. 1925; Zeitschr. f. techn. Physik 6, 74. 1925; Physik. Zeitschr. 26, 842. 1925.

²⁾ H. NAGAOKA, Naturwissenschaften 13, 684. 1925; Nature 116, 95. 1925.

³⁾ Vgl. die Diskussionsbemerkungen von E. TIEDE auf der Physikertagung in Danzig (Physik. Zeitschr. 26, 845. 1925).

⁴⁾ E. H. RIESENFELD und W. HAASE, Naturwissenschaften 13, 745. 1925; Ber. d. Dtsch. chem. Ges. 58, 2828. 1925. — E. TIEDE, A. SCHLEEDER und F. GOLDSCHMIDT, Naturwissenschaften ebenda.

¹⁾ Scientific American, November 1925, S. 296.

um sich goldfreies Quecksilber zu verschaffen: sie untersuchten die natürlichen Quecksilbervorkommen und waren glücklich genug, darunter auch solche zu finden, in denen von Anfang an nach ihren äußerst empfindlichen analytischen Methoden kein Gold nachgewiesen werden konnte. Ausschließlich solches Quecksilber — das obendrein noch im Vakuum destilliert wurde — kam bei ihren Versuchen zur Anwendung. Zunächst arbeiteten sie mit einer nach eigenen Angaben entworfenen Speziallampe aus geschmolzenem Quarz, die von der Cooper-Hewitt Lamp Co. gebaut worden war und durch eingekittete Wolframelektroden nach ihrer Ansicht besser als die von MIEÏTHE verwendete Jaenicke-Lampe Schutz gegen das Eindringen von Verunreinigungen bot; doch war ihr Betrieb von dem der Jaenicke-Lampe im Prinzip nicht verschieden. Bei keinem der mehrfach wiederholten Versuche wurde auch nur eine Spur von Gold gefunden. Hierauf ließen sie sich ein genaues Modell der von MIEÏTHE benutzten Lampe aus Deutschland kommen, aber auch in dieser konnten sie trotz wiederholter Versuche und genauer Befolgung der von MIEÏTHE angegebenen Bedingungen niemals die Bildung von Gold beobachten. Dieser Befund deckt sich mit dem von TIEDE, SCHLEDE und GOLDSCHMIDT bereits vor einigen Monaten erhaltenen.

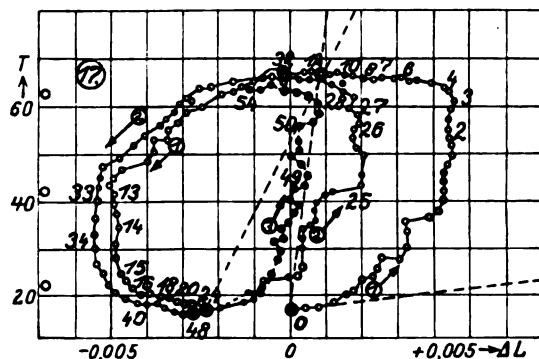
Die amerikanischen Forscher kommen darum zum Resultat, daß das MIEÏTHESCHE Quecksilber wahrscheinlich von vornherein geringe Goldmengen enthält — und *Scientific American* zur beruhigenden Versicherung, daß „die finanzielle Grundlage der zivilisierten Welt“ noch ungefährdet ist. E. S.

Die Struktur des Invars. Bekanntlich weist die thermische Ausdehnung der Eisen-Nickel-Legierungen eine Reihe von Anomalien auf, die es ermöglichen, durch eine geeignete Wahl der Zusammensetzung und durch eine geeignete thermische Behandlung jeden gewünschten Ausdehnungskoeffizienten etwa zwischen dem des Nickels (ja noch höher) und zwischen Null zu erhalten. Eine besondere Stellung nimmt zwischen den Eisen-Nickellegierungen das *Invar* ein, das Material mit 36% Nickel und 64% Eisen, dessen Ausdehnungskoeffizient bei gewöhnlicher Temperatur beinahe verschwindet.

Eine sichere Erklärung dieser Erscheinung war bisher nicht bekannt. Man neigte zuweilen dazu, eine *Umwandlung*, die bei der Erwärmung unter Volumenabnahme verläuft, und die die reine *thermische Ausdehnung* kompensiert, anzunehmen, hatte jedoch keine unmittelbaren Beweise dafür. C. BENEDICKS¹⁾ ist es gelungen, diese beiden Erscheinungen experimentell voneinander zu trennen, und zwar von der Überlegung ausgehend, daß eine Umwandlung ein langsam verlaufender Vorgang ist. Er hat einen Invardraht schnell erhitzt und festgestellt, daß dabei zuerst eine Längenzunahme und dann eine Zusammenziehung erfolgt, die sich gegenseitig beinahe aufheben, und umgekehrt bei der Abkühlung. Die Versuchsergebnisse sind in der Figur wiedergegeben, in der die Zahlen den Zeitabstand seit dem Beginn des Versuches in Minuten bedeuten. Die Ausdehnung setzt zunächst mit einem Ausdehnungskoeffizienten von ca. $13 \cdot 10^{-6}$ ein, der schon nach 10 Sekunden zu sinken beginnt. Dieser anfängliche Ausdehnungskoeffizient läßt sich aus denen des Eisens und des Nickels nach der Mischungsregel berechnen. Nach 12 Minuten bei 65° hat jedoch bereits wieder eine Verkürzung auf die ursprüngliche Länge stattgefunden.

BENEDICKS hat auch auf mikroskopischem Wege

nachgewiesen, daß das Invar aus zwei Strukturelementen besteht. Mit der Temperatur ändert sich offenbar ihr Mengenverhältnis, wodurch die beobachteten Effekte zu erklären sind.



Verögerung bei der thermischen Ausdehnung des Invars.

Es scheint, daß damit eine gesicherte Grundlage für das Verständnis des Verhaltens des Invars und nahestehender Eisen-Nickel-Legierungen mit geringeren Ausdehnungskoeffizienten gegeben ist. Es gibt jedoch auch andere, allerdings weniger markante Ausdehnungsanomalien im Eisen-Nickel-System, die von dieser Erklärung noch nicht berührt werden. So erreicht der Ausdehnungskoeffizient bei eisenreichen Legierungen den Wert von ca. $18 \cdot 10^{-6}$, während nach der Mischungsregel etwa $12 \cdot 10^{-6}$ zu erwarten gewesen wäre.

G. MASING.

Die Reflexion und Brechung als Problem der Elektronentheorie. (P. P. EWALD, Fortschritte der Chemie, Physik u. physikal. Chem. Bd. 18, H. 8. Berlin: Gebr. Bornträger 1925. 28 Seiten.) Die Schrift ist aus einem Vortrag entstanden, den der Verf. auf Einladung der Studenten in Delft gehalten hat. Ziel der Darstellung ist, eine allgemeinverständliche Einführung in das im Titel genannte Problem zu geben und insbesondere auf die *Einheit* der Probleme der Reflexion, Refraktion und Brechung hinzuweisen. Die beiden ersten Probleme wurden bis vor kurzem auf Grund der optischen Feldtheorie, d. a. der MAXWELLSCHEN Gleichungen einschließlich Grenzbedingungen behandelt, indem hierfür das optische „Medium“ hinreichend durch eine Materialkonstante, die „Dielektrizitätskonstante“ oder den „Brechungsindex“ charakterisiert schien. Andererseits kümmerte man sich bei der elektronentheoretischen Erklärung dieser Konstanten nicht um die an der Oberfläche des Körpers stattfindende Entstehung der reflektierten und gebrochenen Welle aus einer einfallenden. Gewisse begriffliche Schwierigkeiten, die als Konvergenzschwierigkeiten bezeichnet werden müssen, führten ab 1912 zur Wiedervereinigung der 3 Probleme zu einem einzigen Komplex. Die hierbei befolgte Methode in einem typischen aber besonders einfachen Falle herauszuarbeiten ist die Aufgabe des zweiten Teiles des Vortrages, der auf die allgemeine, an den historischen Werdegang anknüpfende Einleitung folgt. Es ist hierbei der Hauptwert darauf gelegt, den sog. Auslöschungssatz und das Entstehen der für ihn notwendigen „Randwelle“ deutlich zu machen.

Der Verf. benutzt gern die Gelegenheit dieses Autoreferates, um eine Ungenauigkeit bzw. Unterlassung in den historischen Angaben richtig zu stellen. Sie betrifft Zusatz 12 (S. 27), in welchem — leider erst

¹⁾ Arkiv f. matematik-astronomi och Fysik 19 B. Nr. 1. 1925.

bei der Korrektur — auf eine nah verwandte Arbeit von W. ESMARCH (Ann. d. Phys. 42. 1913) hingewiesen und sodann gesagt wurde: „Diese sowie andere aus dem Warschauer physikalischen Institut hervorgegangenen Arbeiten (L. NATANSON, Krak. Anz. [Bull. Intern.] A. 1914, S. 1 und 335, sowie 1916, S. 221), mir leider nur nach dem Zitat bei LUNDBLAD bekannt, ähneln in der Behandlung sehr stark der hier vorgelegten Darstellung.“ (Hier hätte auch die zusammenfassende Darstellung NATANSONS in Philosoph. Mag. 38. 1919 genannt werden sollen.) Einem gefl. berichtigenden Schreiben von Prof. NATANSON entnehme ich, daß dieser seit Jahren in Krakau wirkende Forscher seinerseits von Herrn ESMARCH in Warschau gänzlich unabhängig gearbeitet hat. Dies bestätigt von neuem die Tatsache, daß die Wiedervereinigung der Probleme der Reflexion, Brechung und Dispersion eine Notwendigkeit war, und daß der Gedanke dazu, wie so oft, an mehreren Stellen fast gleichzeitig entstand.

P. P. EWALD.

Sir I. ALFRED EWING hat schon im Jahre 1876 Versuche angestellt, um die Gleichgewichtslage einer Kugel in einer Flüssigkeit, die durch ein sich allmählich sanft erweiterndes Rohr strömt, zur **Messung der Strömungsgeschwindigkeit**, bzw. der sekundlichen Durchflußmenge zu benutzen. Er hat diese Versuche nun wieder aufgenommen und ist zu interessanten, praktisch brauchbaren Ergebnissen gekommen. (Proc. of the roy. soc. Edinburgh 1924—25, Vol. 45, Part. 3, Nr. 28.) In einem vertikalen, sich erweiternden Rohr kann bei einer bestimmten Geschwindigkeit die Kugel nur in einer bestimmten Höhe frei schweben; diese könnte unmittelbar durch Eichung zur Messung der Geschwindigkeit verwendet werden, wenn nicht in diesem Fall immer Schwingungen und Drehungen der Kugel ein-

treten würden, durch welche die Strömungsverhältnisse und Kräfte vollständig geändert werden. Diese Störungen werden nun vollständig vermieden, wenn man die Röhre nicht vertikal stellt, sondern schieb (EWING empfiehlt 30° Neigung gegen die Horizontale); dann legt sich die Kugel an die untere Röhrenwand an und wird bei steigender oder fallender Durchflußmenge nach oben bzw. nach unten gerollt; sie stellt sich bei bestimmter Geschwindigkeit ruhig und gleichmäßig in eine bestimmte Höhe ein. Will man ein großes Meßbereich mit einer solchen Anordnung beherrschen, so kann man mehrere Kugeln von verschiedener Größe an verschiedenen Stellen der Röhre mit Anschlägen nach oben und unten verwenden. Einige schöne Bilder mit Farbfäden illustrieren in der Veröffentlichung den Verlauf der Strömungslinien und eine Anzahl Messungen mit verschiedenen Kugeldurchmessern, verschiedenen Neigungen der Röhre und verschiedenen Durchflußmengen geben einen Überblick über die Kräfteverhältnisse. Auch sind neben die Versuche mit Wasser solche mit einem Gemisch von Glycerin und Methylalkohol gestellt, das bei gleicher Dichte 12fachen Zähigkeitskoeffizienten wie Wasser aufweist. Merkwürdigerweise zieht der Verfasser zur Auswertung seiner Versuchsergebnisse das REYNOLDSsche Ähnlichkeitsgesetz gar nicht heran. Interessant ist das ganz von den übrigen Fällen abweichende Verhalten bei vertikalem Rohr; der Ringquerschnitt, der sich in diesem Fall (bei Ausscheidung von Vibrationen und Schwingungen durch einen Magneten) für die durchfließende Flüssigkeit bildet, ergibt ganz andere Widerstandskräfte wie der halbmondförmige Querschnitt, der sich bei anliegender Kugel im geneigten Rohr darbietet.

L. HOFF.

Astronomische Mitteilungen.

Zum Problem der Sternentwicklung. Als EDDINGTON vor noch nicht einem Jahrzehnt die Theorie des Strahlungsgleichgewichtes der Sterne aufstellte, glaubte man den Entwicklungsgang der Sterne oder wenigstens ihrer mittleren Phasen sicher erkannt zu haben. Die alte Auffassung LOCKYERS, wonach die Sterne zunächst an Temperatur zu-, dann wieder abnehmen, um als kleine erkaltete Körper zu enden, wurde hier quantitativ festgelegt und schien auch durch das Beobachtungsmaterial, wie es von HERTZSPRUNG und RUSSELL zusammengetragen war, gut gegründet. Im ersten Stadium, dem mit steigender Temperatur, galt die ideale Gasgleichung und der Strahlungsdruck spielte eine entscheidende Rolle im inneren Aufbau der Sterne. Der zweite Zustand wurde durch die VAN DER WAALSsche Gleichung bestimmt und der Strahlungsdruck war hier praktisch belanglos.

Im vorigen Jahre trat EDDINGTON¹⁾ mit einer neuen Überlegung hervor und verkündete, daß seine erste Theorie falsch sei. Wegen zunehmender Ionisation gelte die ideale Gasgleichung immer und der sog. Zwergast der Sternentwicklung sei illusorisch. Die absolute bolometrische Helligkeit eines Sternes sei in erster Näherung allein Funktion der Masse und für alle Stadien der Entwicklung nahezu konstant. Ein geringer Gang mit der Temperatur sei allerdings vorhanden, weil der Massenabsorptionskoeffizient der Materie in geringem Maße von der Temperatur abhängt.

EDDINGTON zeigte an Sternen mit bekannter Masse und absoluter Helligkeit die eindeutige Beziehung

zwischen diesen beiden Größen. Die von ihm angeführten Sterne zeigen die Übereinstimmung von Theorie und Beobachtung aber etwas besser, als sie in Wirklichkeit ist, wie weiter unten gezeigt werden soll.

Mit dieser neuen Theorie schien nun die Deutung des RUSSELL-Diagramms als Entwicklungskurve verlorengegangen. Ja, man wußte überhaupt nicht, was mit dem Zwergast anzufangen sei. War er nur eine statistische Häufungsstelle, indem die Sterne, die bei einer bestimmten Masse und Helligkeit über alle möglichen Spektraltypen hin- und herlaufen konnten, eine bestimmte, von der Masse abhängige Temperatur bevorzugten? Oder verloren die Sterne durch Strahlung Masse, wobei sie dem Zwergast entlangliefen?

In einem Aufsatz in *Nature* 116, 209 (1925) betitelt „The Problem of Stellar Evolution“, beschäftigt sich RUSSELL mit der Deutung des Spektraltyp-Helligkeitsdiagramms vom Standpunkt der neuen Theorie aus.

In der beigefügten Figur, die der Arbeit von RUSSELL entnommen wurde, bedeuten die Zahlen links die absoluten Größen. Unten sind Spektraltypus und Oberflächenhelligkeiten (in Größenklassen) angegeben. Die beiden Kurvenscharen sind von RUSSELL nach den Zustandsgleichungen von EDDINGTON (Monthly Notices 84) berechnet worden. Die nahezu horizontalen Linien beziehen sich auf Sterne bestimmter Massen von $M = 1/8$ bis $M = 128$ Sonnenmassen, aber variabler Temperatur, die von links oben nach rechts unten verlaufenden Kurven auf Sterne gleicher Mittelpunktstemperatur, aber verschiedener Massen. Das gestrichelte Kurvenstück bedeutet die aus den Beobachtungen

¹⁾ Monthly Notices 84, 104 und 308.

stammende Hauptanhäufung der Riesensterne. Die eingetragenen Punkte stellen die Sterne mit bekannter Masse dar, die Zahlen daneben sind die Massen. Diese Punkte sind von mir eingetragen worden und sind die Gesamtheit aller zuverlässig bekannten Werte und etwas vollständiger als die von EDDINGTON aufgestellte Liste. Nur 3 Sterne mit unbekannter Masse wurden von mir eingetragen, das sind *unten* in der Figur von MAANENS F-Stern, *oben* der angeblich hellste Stern S Doradus und im Mittelfeld links der Mirabegleiter.

Die kurze Liste enthält all die Sterne, die entweder bei EDDINGTON nicht vorhanden sind oder von seinen Werten wesentlich abweichen.

Stern	Spek- trum	absolute Größe (bolometrisch)	Masse
1 σ Aquilae I und II .	B8	— 1,1	6,1
2 Algol	B8	0,0	4,7
3 RS Canum I	F3	+ 0,2	1,3
4 RS Canum II	K	+ 1,1	1,3
5 TX Herculis I und II	A2	+ 2,0	1,9
6 S Antliae I	A8	+ 2,7	0,75
7 S Antliae II	A8	+ 3,3	0,42
8 κ Pegasi A	dF3	+ 2,0	8,
9 ϵ Hydrae A	gF9	+ 0,7	1,7

Im allgemeinen sieht man aus der Figur, daß die Massen mit steigender absoluter Leuchtkraft zunehmen. Kleinere Abweichungen sind hauptsächlich durch Ungenauigkeit der Parallaxenbestimmung bedingt. Ernstere Abweichungen stellen nur 3 Sterne dar.

1. * Pegasi mit 8 Sonnenmassen und einer für seine Masse um fast 4 Größenklassen zu geringen Helligkeit. Die Parallaxe dieses Sternes wurde von HENROTEAU dynamisch bestimmt (Lick. Obs. Bull. 304). Bei der Schwierigkeit der Messung kann man sie noch nicht als absolut gesichert ansehen.

2. RS Canum Venaticorum, ein Bedeckungsveränderlicher, dessen spektroskopische Bahn von ADAMS und JOY bestimmt wurde. Die Lichtkurve ist vielleicht noch nicht genau genug bekannt. Die beiden Komponenten scheinen für ihre Masse um 4 Größenklassen zu hell zu sein.

3. ϵ Hydrae. Helligkeit und Masse scheinen völlig gesichert. Die Helligkeit ist um 2,5 Größenklassen zu hoch.

1 und 2 waren EDDINGTON bei seiner Zusammenstellung entgangen. Für 3 hatte er fälschlicherweise die Masse 3,6 angenommen, das ist die Gesamtmasse der helleren Komponente eines weiteren Doppelsterns, die ihrerseits wiederum ein enger Duplex ist, dessen Hauptkomponente die Masse 1,7 und das Spektrum F9 hat.

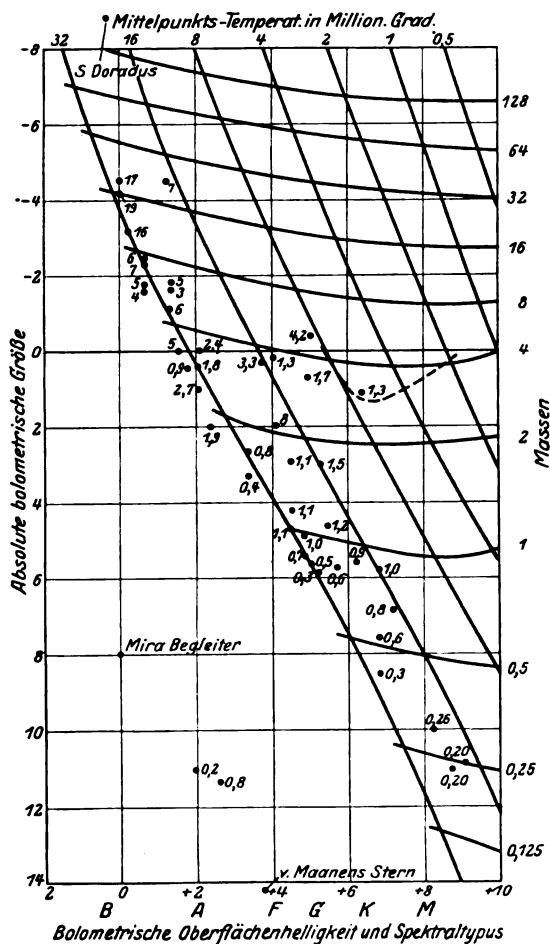
Es sei bemerkt, daß diese 3 Werte sich gerade sehr gut mit der alten Auffassung EDDINGTONS vertragen, der Auffassung vom zeitlich aufeinanderfolgenden Riesen- und Zwergzustand eines und desselben Sternes von bestimmter Masse.

Begnügen wir uns hier aber mit dem Hinweis und vertreten wir wieder die neue Auffassung!

Man sieht, daß die Hauptmasse der bekannten Sterne, der frühere Zwergast, auf dem Streifen des Diagramms liegt, für den die Mittelpunktstemperatur etwa 30 Millionen Grad beträgt. Bei den Riesen ist sie niedriger, etwa 2—8 Millionen. (Dieser Umstand war auch BRILL aufgefallen. Zeitschr. f. Physik 31, 726—727, Tabelle 2.) Die kosmologische Deutung der Zwergserie, die jetzt den Namen Hauptreihe erhalten soll (main sequence), geschieht nun durch die Annahme, daß bei 30 Millionen Grad die Materie zu besonderer Wärme-

produktion befähigt ist und die Sterne besonders lange in diesem Zustand verweilen.

Rechts von dieser Hauptreihe liegen die Sterne, die wir früher als Riesen bezeichneten. Wir können diesen Namen beibehalten. Riesen haben also eine Mittelpunktstemperatur von weniger als 30 Millionen Grad. Links von der Hauptreihe ist das Gebiet der weißen Zwerge oder Liliputaner, wie ich sie genannt habe¹⁾, von denen wir bisher erst 3 oder höchstens 4 sichere Exemplare kennen. Der Mira-Begleiter kann noch nicht mit absoluter Sicherheit hierher gerechnet werden. Pro Volumeneinheit scheinen diese Sterne aber sehr



Das RUSSELL-Diagramm.

häufig zu sein und mindestens 10% aller Sterne auszumachen, wie schon mehrfach ausgeführt wurde.

Wie entstehen nun die Anhäufungen von Sternen bei den Riesen und Zwergen? Hierüber stellt RUSSELL Betrachtungen an, die uns, wenn sie auch vorläufig rein spekulativ sind, doch einen guten Anhalt geben können. Wenn die Materie eine Temperatur zwischen 2 und 8 Millionen Grad besitzt, so tritt eine verhältnismäßig stärkere mit Wärmeentwicklung verbundene Umwandlung ein und dadurch werden die Sterne, die sich aus sehr verdünntem Zustand verhältnismäßig rasch bis zu diesem Stadium verdichtet hatten, hier zeitlich

¹⁾ Seeliger-Festschrift 1924, S. 346.

länger verweilen, nämlich so lange, bis alle Materie, die bei dieser Temperatur umgewandelt wird, aufgebraucht ist. Dann wird der Stern sich verhältnismäßig rasch weiterkontrahieren, bis er die Temperatur von 30 Millionen Grad erreicht hat. Die Riesen von den Typen G und F fehlen erfahrungsgemäß fast ganz. Bei dieser Temperatur setzt die Hauptverwandlung von Materie ein. Der Stern wird dann unter ständigem Massenverlust auf dem Zwergast oder, wie es jetzt heißt, der Hauptreihe abwärts wandern, bis alle die Materie, die einer Temperatur von 30 Millionen Grad nicht standhält, „verbrannt“ ist. Bei der Mehrzahl der Sterne scheint diese den Hauptteil der Masse auszumachen. Bleibt dann noch ein widerstandsfähiger Rest, so kann er sich unter weiterer Temperaturerhöhung noch mehr zusammenziehen. Dies ist bei den Liliputanern der Fall, die sich durch eine außerordentlich hohe Dichte auszeichnen. Durch die Messung der Gravitationsverschiebung beim Siriusbegleiter auf dem Mt. Wilson wurde die schon aus anderen Gründen vermutete Dichte bestätigt und ergab sich zur etwa 50 oofachen Sonnendichte. Über die Endphase der Liliputaner schon jetzt Theorien aufzustellen ist zum mindesten verfrüht. RUSSELL glaubt nicht, und wohl mit Recht, daß sie je zu normaler Dichte zurückkehren können, sondern eher, daß sie sich ganz aufbrauchen, restlos verbrennen, oder daß das restliche Material gänzlich umwandlungsunfähig wird und der Stern völlig abkühlt.

Jedenfalls haben wir jetzt eine Vorstellung davon, wie die Entwicklung eines Sternes vor sich gehen kann und welche Bewandnis es mit dem dritten Ast, den Liliputanern hat. Da von den 4 bekannten Exemplaren 3 Komponenten von Doppelsternen sind, deren Partner normale Dichten besitzen, mußten wir schon von vornherein an einen gemeinsamen Ursprung mit der gewöhnlichen Materie glauben. In folgendem sind die Liliputaner zusammen mit den zu ihrem jeweiligen Doppelsternsystem gehörigen Komponenten in einer kleinen Tabelle aufgeführt. Entsprechend dem Präfix g und d für Riesen und Zwerge habe ich für Liliputaner l vorgeschlagen.

Stern	abs. Heli.	Spektrum	naher Begleiter	ferner Begleiter
o Ceti . . .	8,0	lBep	gM6ev	—
Sirius . . .	11,3	lA5	Ao	—
o ₂ Eridani . .	11,0	lAo	dMe	dKr
v. MAANEN .	14,2	lFo	—	—

Bei den 3 Doppelsternen sind die hellen Begleiter sehr verschiedener Art. Zwei von ihnen, Sirius und die beiden o₂ Eridani-Begleiter liegen auf der Hauptreihe, Mira ist entschieden als Riese zu bezeichnen. Es ist aber fraglich, ob man die Mirasterne auch in der *Entwicklungsreihe* an den Anfang stellen darf, wie es RUSSELL vermutet. Durch besonders stürmische Wärmeentwicklung kann ein Stern in jedem Entwicklungsstadium für kürzere oder längere Zeit auf den Kurven konstanter Masse ein Stück nach rechts getrieben werden. Ja vielleicht ist ein Hin- und Herpendeln möglich, indem jedesmal, wenn der Stern seine größte Kontraktion und höchste Temperatur erreicht hat, im Innern eine Wärmemenge erzeugt wird, die ihn explosionsartig auseinanderreibt. Vielleicht ist ein solcher Vorgang die Ursache für den Lichtwechsel der Mira- und der δ Cephei-Sterne. Auch die neuen Sterne werden hierhergehören. Nur ist bei ihnen die Wärmeexplosion viel gewaltiger als bei den periodischen Veränderlichen. Das sehr verschiedenartige Verhalten der einzelnen Novae deutet an, daß derartige Explosionen in ganz verschiedenen Entwicklungsstadien auftreten können. (Vgl. NERNST, Über das Auftreten neuer Sterne, Berlin 1922.)

Hier sei noch erwähnt, daß außer dem Siriusbegleiter noch zwei weitere Liliputaner den Gravitationseffekt in meßbarer Weise zeigen können.

Bei o₂ Eridani B ergibt sich unter der Annahme $c/T = 1,20$ und $M = 0,2$ der EINSTEIN-Effekt zu $+7$ km/sec. Dieser Betrag wäre meßbar, der Stern auch hell genug, um mit einem lichtstarken Instrument beobachtet zu werden. Dagegen sind die Elemente der Doppelsternbahn noch ziemlich ungenau bekannt, so daß sich vielleicht noch kein endgültiges Urteil fällen ließe, auch wenn von beiden Komponenten Radialgeschwindigkeiten bekannt wären.

Aussichtsreicher erscheint Mira. Von dem Veränderlichen, dem Me-Stern, kennen wir die Radialgeschwindigkeit. Wegen des Riesendurchmessers ist der EINSTEIN-Effekt hier praktisch gleich Null. Für den Begleiter errechne ich unter Annahme von Sonnenmasse und einer Parallaxe von $0''.03$ den Wert von $+7$ km/sec. Besteht bei den Liliputanern eine ähnliche Beziehung zwischen Masse und absoluter Helligkeit, wie für die Sterne normaler Dichte, so wäre für Mira B, die mindestens 3 Größenklassen heller ist als der Siriusbegleiter, eine erheblich größere Masse zu erwarten. Der EINSTEIN-Effekt ist also vermutlich erheblich größer als 7 km/sec. Jedenfalls ist der Stern im Minimum des Hauptsterns unschwer zu beobachten. Über die Bewegungsverhältnisse des Doppelsternsystems dürften uns die nächsten Jahre einiges bringen.

VAN MAANENS Stern endlich würde bei Sonnenmasse einen Effekt von $+85$ km/sec. zeigen. Da hier aber eine Bezugsgeschwindigkeit fehlt, wäre mit einem Einzelwert nichts anzufangen. Außerdem ist der Stern absolut sehr lichtschwach, weswegen wir annehmen können, daß er eine sehr kleine Masse besitzt. Auch seine scheinbare Helligkeit ist so gering, daß eine Messung der Radialgeschwindigkeit kaum gelingen dürfte.

September 1925.

K. F. BOTTLINGER.

Die systematischen Bewegungen schwacher Sterne.

Vor 20 Jahren wies I. C. KAPTEYN nach, daß die Eigenbewegungen der helleren Sterne nicht regellos verteilt sind, sondern daß man zwei bevorzugte Richtungen erkennen kann, nach welchen sich die Mehrzahl der Sterne bewegt. Diese Trennung der Sterne in zwei große Ströme mit nahe entgegengesetzter Bewegungsrichtung ist durch spätere Untersuchungen anderer Astronomen durchaus bestätigt worden. Zur Vertiefung unserer Kenntnis der Bewegungsverhältnisse der Sterne ist es von großer Bedeutung, das Verhalten der schwächeren Sterne in bezug auf diese beiden Ströme kennenzulernen, und über eine solche Arbeit berichtet G. H. TEN BRUGGENCATE im Bulletin of the Astronomical Institute of the Netherlands, Nr. 85.

Das Material dieser Untersuchung bilden die im KAPTEYNSchen Astronomischen Laboratorium in Groningen bestimmten Eigenbewegungen schwacher Sterne aus 27 ausgewählten Himmelsgebieten, von denen der größte Teil einen geschlossenen Gürtel bei etwa -45° Deklination bildet, der Rest in verschiedenen Deklinationen zwischen 8^h und 20^h Rektaszension am Nordhimmel liegt. Die mittlere photographische Helligkeit der benutzten Sterne liegt zwischen 10^m und 14^m , Sterne heller als neunter Größe wurden nicht mitgenommen.

Die Untersuchung der Verteilung der Eigenbewegungen nach den Positionswinkeln geschieht am einfachsten auf folgende Weise. Man zählt für jedes Areal die zwischen bestimmte, nicht zu weite Grenzen des Positionswinkels fallenden Eigenbewegungen ab und zieht von einem Punkte aus unter den mittleren Positionswinkeln der so gebildeten Gruppen Vektoren.

deren Längen der Anzahl der in der zugehörigen Gruppe enthaltenen Sterne proportional ist. Verbindet man dann die Endpunkte dieser Vektoren durch einen Kurvenzug, so veranschaulicht das so konstruierte Diagramm die Verteilung der Eigenbewegungen nach den Positionswinkeln in klarer Weise. Bei regelloser Verteilung der Eigenbewegungen würde die resultierende Kurve für einen in bezug auf das Sternsystem ruhenden Beobachter ein Kreis sein, während die Bevorzugung einer bestimmten Richtung, wie sie z. B. durch die Bewegung der Sonne durch den Raum hervorgerufen wird, eine in dem betreffenden Positionswinkel hervortretende Wölbung der Kurve nach außen erzeugt. Sind mehrere bevorzugte Richtungen vorhanden, so wird das Diagramm eine entsprechende Anzahl solcher Wölbungen zeigen.

Die für die einzelnen Gegenden gezeichneten Kurven lassen nun in der Tat in jedem Areal zwei bevorzugte Richtungen der Eigenbewegungen erkennen, die nach verhältnismäßig eng umgrenzten Gebieten konvergieren. Die rechnerische Festlegung dieser Konvergenzpunkte, der Vertices der Bewegungen, ergibt $\alpha = 88^\circ$, $\delta = -10^\circ$ für Vertex I und $\alpha = 300^\circ$, $\delta = -50^\circ$ für Vertex II. Die Lage dieser beiden Punkte stimmt in Hinsicht auf das für die Untersuchung verwendete Material gut überein mit den für die helleren Sterne gefundenen Vertices bei $\alpha \approx 90^\circ$, $\delta \approx -15^\circ$ für Strom I und $\alpha \approx 280^\circ$, $\delta \approx -53^\circ$ für Strom II.

Es geht aus dieser Arbeit also hervor, daß auch die schwachen Sterne von durchschnittlich der 12. photographischen Größe an der Drift der helleren Sterne teilnehmen, so daß sich die Erscheinung der beiden KAPTEVNSchen Sternströme nicht nur auf die unverhältnismäßig nahen helleren Sterne erstreckt, sondern auch die weit draußen stehenden schwachen Sterne erfaßt.

Das Doppelsternsystem Krüger 60 ($\alpha = 22^h 24^m.4$, $\delta = +57^\circ 12'$; 1900.0) ist eines der interessantesten Systeme, die wir kennen. Die scheinbaren Helligkeiten seiner Komponenten sind $9^m.3$ und $10^m.8$, der Spektraltypus beider ist M , und die Distanz beträgt etwa $2''$. Als BURNHAM 1890 das System auffand und zum ersten Male beobachtete, konnte er nicht vermuten, daß es eine Ausnahmestellung unter den vielen Doppelsternen

ähnlicher Helligkeit und Distanz einnimmt. Erst als DOOLITTLE 1898 bei seiner Messung eine Änderung des Positionswinkels um 38° und der Distanz um $0''.87$ fand, erkannte man, daß man es mit einem schnell bewegten Sternpaare zu tun hatte und wandte ihm von nun ab erhöhte Aufmerksamkeit zu.

Die Doppelsterne nehmen im Rahmen der modernen Theorien über die Konstitution und Entwicklung der Sterne eine besondere Stellung ein, weil sie die einzigen Systeme sind, für welche wir einigermaßen zuverlässige Werte der Masse ableiten können. Aus der Umlaufzeit P , der scheinbaren großen Halbachse a der Bahn und der Parallaxe π des Systems folgt die Gesamtmasse aus der Beziehung: $M_1 + M_2 = \frac{a^3}{P^2 \pi^3}$. Ist

also aus einer Bahnbestimmung a und P bekannt, so sind wir in der Lage, bei bekanntem π die Gesamtmasse des Systems zu bestimmen.

Für KRÜGER 60 sind die Bahnelemente von verschiedenen Seiten bestimmt worden, zuletzt von G. AITKEN (Lick Observatory Bulletin 365), der zu ihrer Ableitung einen Bogen von über 224° verwendet und $P = 44.27$ Jahre, $a = 2''.46$ und die Exzentrizität der Bahn $e = 0.38$ findet. Auch die Parallaxe des Systems ist aus mehreren, miteinander gut übereinstimmenden, neueren trigonometrischen Messungen zuverlässig bekannt und beträgt $0''.256$. Mit diesen Werten von P , a und π ergibt sich die Gesamtmasse des Systems zu nur 0.45 der Masse der Sonne. Durch Anschluß der helleren Komponente an einen benachbarten Stern, der dem System nicht angehört, ist es auch möglich geworden, das Massenverhältnis beider Komponenten zu bestimmen. Nach diesen Messungen beträgt die Masse des schwächeren Sternes 0.455 der Gesamtmasse, und damit folgt für die Masse der helleren Komponente nahezu $\frac{1}{4}$, und für die der schwächeren etwa $\frac{1}{8}$ der Masse der Sonne. Wir haben es somit in diesem System mit 2 Sternen zu tun, die mit zu den massenärmsten gehören. Ihre absoluten Größen sind $11^m.3$ und $12^m.8$, die Sterne sind also typische M -Zwerge, die nach unseren heutigen Ansichten über den Entwicklungsgang eines Sternes nahe am Ende ihrer Entwicklung sind. OTTO KOHL.

Aus Akademieberichten.

Académie des sciences de Paris (Revue générale des Sciences 36, Nr. 17/18, 19, 20.)

20. Juli 1925.

G. ATHANASIU, *Sur la sensibilité des actinomètres à électrodes recouvertes d'iodure d'argent et d'oxyde de cuivre*. Das Maximum der Empfindlichkeit des AgJ-Aktinometers liegt bei der Wellenlänge $4245 \text{ \AA}$. — R. DE MALLEMANN, *Sur le calcul du pouvoir rotatoire à partir de la structure moléculaire*. Der Berechnung wird als schematisiertes Molekülmodell das irreguläre Tetraeder zugrunde gelegt. Das Drehungsvermögen hängt dann von der Verschiedenheit der Seitenlängen und den optischen Eigenschaften der konstituierenden Atomgruppen ab. — G. A. ROUSSEAU, *Procédé de photographie instantanée des couleurs*. Das Verfahren gestattet Belichtungszeiten von $\frac{1}{25}$ Sekunde. — CH. BRIOUX et J. PIEN, *Emploi de l'électrode à quinhidrone pour la détermination du p_H des sols*. Die Chinhydronelktrode bietet große Vorteile, doch zeigt sie auch noch nicht aufgeklärte Anomalien. — I. POUGET et D. CHOCHAK, *Les eaux minérales radioactives du Guergour (Algérie)*. Die Wässer dieser Gegend sind alle radioaktiv. Die Quelle von Hammam Chof ist mit 122 Millimikrocurie eine der

radioaktivsten Quellen überhaupt. — H. POPOVICI, *Sur la formation des essences*. Die Essenzen bilden sich im Cytoplasma und nicht in der Vacuole der Zellen. — R. COMBES, *La lumière exerce-t-elle une action directe sur la décomposition de la chlorophylle des feuilles en automne*. Das Licht übt auf das Verschwinden des Chlorophylls im Herbst keinen direkten Einfluß aus. — P. R. BOHN, *Sur la présence de cristaux d'oxalate de calcium à la surface de certaines Caryophyllacées*. Die erhebliche Menge von Calciumoxalat auf der Oberfläche dieser Pflanze spricht für die Vermutung, daß es sich hier um ein Stoffwechselprodukt handelt, dessen Ausscheidung der Epidermis zukommt. — E. KAYSER et H. DELAVAL, *Radioactivité, fixateurs d'azote et levures alcooliques*. Die Tätigkeit der Stickstoffbakterien wird durch radioaktive Einwirkung angeregt. — LEVADITI, A. GIRARD et S. NICOLAU, *Action tréponémicide de l'or et du platine*. Gold und etwas schwächer Platin haben spirillicide Eigenschaften.

3. August 1925.

CH. NICOLLE et E. CONSEIL, *Sur la production d'un sérum expérimental préventif du typhus exanthématique*.

17. August 1925.

A. DAUVILLIER, *Recherches sur le tube de Crookes*. — W. H. HOBBS, *L'asymétrie de la circulation atmosphérique*.

24. August 1925.

J. CABANNES et J. DUFAY, *Mesure de l'altitude de la couche d'ozone dans l'atmosphère*. Die Autoren haben photometrisch die Hugginsbanden im Absorptionsspektrum des atmosphärischen Ozons studiert und berechnen daraus die Höhe der ozonführenden Atmosphärenschicht zu etwa 50 km.

7. September 1925.

F. BALDET, *Sur la présence du spectre rouge du cyanogène dans la comète Daniel (1907 d)*. Der Autor hat im Spektrum des Kometen Daniel eine intensive Bande gefunden, die bei $\lambda = 655 \mu\mu$ beginnt. Diese rote Bande scheint eine der im Bogenspektrum des Cyans auftretenden zu sein, die hier zu besonderer Intensität entwickelt ist.

5. Oktober 1925.

A. DUFOUR, *Sur l'expérience de Michelson*. Berichtigung eines Rechenfehlers, die dazu führt, einfach das klassische Versuchsergebnis zu bestätigen.

National Academy of Sciences, Washington

15. September 1925.

A. J. DEMPSTER, *The passage of slow canal rays through hydrogen*. Protonen mit einer Geschwindigkeit von $4,16 \times 10^7$ cm pro Sekunde (900 Volt) können durch viele Wasserstoffmoleküle hindurchfliegen, ohne neutralisiert zu werden. Ihre Geschwindigkeit wird beim Durchfliegen der Moleküle jedenfalls um weniger als 2 Volt geändert. — SAMUEL K. ALLISON and ALICE H. ARMSTRONG, *Note on the experimental determination of the relative intensities of some of the molybdenum and copper K series lines and the tungsten L series lines*. — P. A. ROSS, *X-rays scattered by molybdenum*. Ross hat jetzt auch ionometrisch die COMPTON-Verschiebung von Röntgenstrahlen, die an Material hohen Atomgewichtes gestreut waren, nachweisen können. Um den Streuer einer möglichst intensiven Strahlung auszusetzen, verlegte er ihn in die Röntgenröhre selbst; und zwar benutzte er als Streuer den Kathodenschirm einer Coolidge-Röhre. Es sind bis jetzt die an Molybden gestreuten Linien $W\text{K}\alpha$, $W\text{K}\beta$ und $\text{MoK}\alpha$ unter einem Winkel von 160° und 110° untersucht worden. Über das Intensitätsverhältnis verschobener zu unverschobener Linie sagen die Versuche noch nichts Bestimmtes, da Fluoreszenzerscheinungen den reinen Streuvorgang begleiten. — P. A. ROSS, *Ratio of intensities of unmodified and modified lines in scattered X-rays*. Eine Zusammenstellung einiger von COMPTON gegebener Werte mit einigen Photometrierungsergebnissen des Verf. zeigt für die leichten Elemente, daß in erster Näherung das Intensitätsverhältnis der unverschobenen Linie zur verschobenen Linie proportional dem Atomgewicht des Strahlers ist. Benutzt wurden die Werte für $\text{MoK}\alpha$ bei Beobachtung unter 90° .

15. Oktober 1925.

OTTO OLDENBERG, *On fluorescence radiation of nitrogen*. Die Schwierigkeit bei der Fluoreszenzerregung in Wasserstoff und Stickstoff ist, daß diese Gase nur im äußersten Ultraviolett absorbieren, weswegen sich im Wege des erregenden Lichtes kein Fenster befinden darf. Daher mußten die Versuche so ausgeführt werden, daß Lichtquelle und Gas sich in demselben Gefäß befanden, und zwar bei einem Gasdruck von einigen Zehn-

Millimeter Hg, um Zusammenstoß der erregten Moleküle zu vermeiden. Auf diesem Wege wurden 17 Fluoreszenzbanden beobachtet. Von diesen gehören mindestens 4 dem ionisierten Stickstoffmolekül an, wie Verf. durch elektrische Ablenkung nach Wien feststellen konnte. Für die Bildung dieser angeregten Ionen wird außer der gleichzeitigen Ionisation und Anregung durch Absorption eines Quants noch ein anderer Weg als möglich vorgeschlagen. Das Strahlen eines Ions kann nämlich auch dann auftreten, wenn ein durch Absorption eines Röntgenstrahls aus einem inneren Niveau entferntes Elektron von den äußeren Schalen sukzessive nachgeliefert wird. Der letzte Schritt bei dieser Wiederherstellung des stabilen Zustandes ist der Sprung eines äußeren Elektrons, der wohl mit sichtbarer Strahlung verknüpft sein kann. Da bei dem ganzen Prozeß ein Elektron nach außen abgegeben ist, handelt es sich hierbei um Strahlung eines Ions. — A. H. COMPTON and R. L. DOAN, *X-ray spectra from a ruled reflection grating*. Es ist den Verff. gelungen, sich ein Beugungsgitter herzustellen, mit dessen Hilfe sich die Wellenlängen einiger Röntgenlinien mit ziemlicher Genauigkeit feststellen ließen. Um überhaupt nennenswerte Energiemengen an einem solchen Spiegel reflektieren zu können, muß man innerhalb des Winkels der totalen Reflexion arbeiten. Da dieser für die hier verwendeten Wellenlängen (kleiner als $1,6 \text{ \AA}$) weniger als 25 Bogenminuten beträgt, bedeutet das fast streifende Inzidenz. Um noch mehrere Ordnungen innerhalb dieses Winkels beobachten zu können, mußte die Gitterkonstante verhältnismäßig groß gewählt werden, $D = 2 \times 10^{-3}$ cm. Wenn man die Unsicherheit in der LOHSCHMIDTSchen Zahl, die in alle Wellenlängenberechnungen aus Krystalldichten eingeht, zu 1% ansetzt, so ist die in der vorliegenden Arbeit gegebene Unsicherheit (0,003 Å) nicht mehr viel größer als die bei der Beugung an Krystallgittern (0,002 Å). Dabei ist aber zu bemerken, daß bei dieser letzteren die relativen Ungenauigkeiten um Zehnerpotenzen kleiner sind. — P. W. BRIDGMAN, *The viscosity of liquids under pressure*. Die Messung der inneren Reibung einer großen Reihe organischer Flüssigkeiten zwischen den Drucken 1–12 000 kg/qcm bei 30° und 75° C ergibt, daß keine der bisher aufgestellten Theorien die Abhängigkeit der inneren Reibung von Volumen und Temperatur annähernd richtig wiedergibt. Zwischen den angegebenen Drucken ändert sich die innere Reibung in einem Extremfall um ihr 10^7 -faches. Die Änderung hängt anscheinend eng mit der größeren oder geringeren Kompliziertheit der Moleküle zusammen. Der Druckeffekt auf die innere Reibung ist größer, als der auf irgendeine andere bisher untersuchte physikalische Eigenschaft. Eine genauere Untersuchung wird über die Viscosität des Wassers angestellt, die bei tiefen Temperaturen und kleinen Drucken insofern eine einzig dastehende Anomalie aufweist, als hier der Druckkoeffizient negativ wird. Dieser Effekt ist zweifellos ebenso wie die vielen anderen Anomalitäten des Wassers dem sich rasch ändernden Assoziationsgrad zuzuschreiben. — J. H. VAN VLECK, *On the quantum theory of the polarization of resonance radiation in magnetic fields*. Verf. zeigt, daß unter Zugrundelegung der ORNSTEIN-BURGERSchen Übergangswahrscheinlichkeiten für die Zeemankomponenten der NaD-Linien sich eine Abhängigkeit des Polarisationsgrades der Resonanzstrahlung von den Versuchsbedingungen ergibt, die gut mit neueren experimentellen Ergebnissen übereinstimmt, wenn man das Intensitätsverhältnis D_1/D_2 zwischen $1/2$ und 1 ansetzt.

Die Entwicklung der zoologischen Stationen.

Von AD. STEUER, Innsbruck.

Die von LINNÉ durchgeführte Reform der gesamten Naturgeschichte war auch der zoologischen Erforschung des Meeres zugute gekommen: immer zahlreicher ziehen seit jenen Tagen Zoologen an die Küsten, um hier zu sammeln und zu beobachten. Zunächst galt es durch Beschreibung der entdeckten neuen Arten die Formenkenntnis zu erweitern, durch Aufstellung von Faunenlisten sie zu vertiefen. Aber bald wurde der Sammler zum Beobachter, als sich nämlich das Verlangen einstellte, am Meere, der Quelle alles Lebens, das Leben selbst in seiner Vielfältigkeit zu erforschen. Mit der Verfeinerung der Untersuchungsmethoden komplizierte sich aber immer mehr das Inventar des am Meere arbeitenden Zoologen. Genüigten einst Sammelgläser und als Fanggeräte die landesüblichen Netze, so mußte heute mancher Biologe ein ganzes Laboratorium mit sich an die See führen. In der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts waren Studienreisen der damaligen Zoologen an die See — namentlich an das so überaus artenreiche Mittelmeer — allgemein üblich, aber nicht immer so erfolgreich, wie sie hätten sein können. Unkenntnis der örtlichen Verhältnisse, der jahreszeitlichen Einflüsse auf das Erscheinen der gesuchten Tiere, Unkenntnis wohl auch der Sprache und Sitten der Bewohner waren vielfach schuld daran. So zog in den Jahren 1845 und 1846 KARL ERNST VON BAER aus Rußland nach Triest, um hier Echinodermenlarven zu studieren. Aber die Resultate seiner Bemühungen waren — wohl aus den angeführten Gründen — wenig ermunternd [STENTA (13)]. Wesentlich erfolgreicher arbeitete einige Jahre später der nicht minder berühmte JOHANNES MÜLLER im nahen Fischerstädtchen Muggia¹⁾. Wenn auch die Ungebundenheit freien Wanderlebens ihre Reize hat und wenn auch heute noch einige Zoologen freiwillig oder durch die gestellte Aufgabe gezwungen, ihre Studien nicht an dazu errichteten Forschungsstätten betreiben, die meisten Forscher ziehen doch wohl eingerichtete Küstenlaboratorien vor. Das älteste derartige Institut wurde [nach P. MAYER (8)] von J. J. COSTE im Jahre 1859 in Concarneau gegründet. Nach KOFOID (7) sollen allerdings schon vorher temporäre Stationen gegründet worden sein. So soll nach SAND (11) P. J. VAN BENEDEN schon 1843 ein belgisches Laboratorium in Ostende eröffnet haben.

Im Jahre 1863 [CHANCEY JUDAY (6) schreibt: 1867] folgte die Gründung der Station von Arcahon, eine der ersten, die ihre Tore unentgeltlich der wissenschaftlichen Welt eröffnet hatte [KO-

¹⁾ Seinem Fischer, dem „alten PULGHER“, hatte ich selbst noch wiederholt Seetiere abgekauft.

FOID (7)]. Im selben Jahre soll [nach P. MAYER (8)] von H. LACAZE-DUTHIERS im Mittelmeer, dicht an der spanischen Grenze, in Banyuls-sur-mer das Laboratoire ARAGO gegründet worden sein.

So bescheiden diese ersten Versuche auch anfänglich gewesen sein mögen, die zoologischen Stationen hatten damit doch dem Sehenden ihre Daseinsberechtigung erwiesen, und für ein organisatorisches Talent war ein ergiebiges Arbeitsfeld gegeben. Das aber fand sich just zur rechten Zeit in dem jungen Jenenser Privatdozenten ANTON DOHRN. Im Winter des Jahres 1870 begab sich DOHRN zur Verwirklichung seiner großen Pläne nach Neapel, um sich im Herbst des folgenden Jahres dauernd dort niederzulassen. Nach einer oft beschriebenen „wahren Odyssee von Irrfahrten“ konnte im Februar 1874 die zoologische Station in Neapel, „the Mecca of biologists in every quarter of the globe“ [JUDAY (6)], eröffnet werden. Wenige Jahre vorher (1871) hatte A. KOVALEVSKY die russische Station in Sebastopol geschaffen, 1872 gründete der schon genannte ausgezeichnete französische Forscher H. LACAZE-DUTHIERS eine weitere Station in Roscoff, im Jahre 1873 folgte Wimeraux, von A. GIARD gegründet, 1875 die österreichische Station in Triest usw.

Vor dem Kriege waren allein in Europa gegen 100 zoologische Stationen, in Amerika über 20, in Asien 2, in Afrika eine, in Australien keine. Seit dem Weltkriege hat sich allerdings auch auf diesem Gebiete manches geändert. Das in unruhigen Zeiten auftauchende Gründungsfieber zeitigte namentlich in den Siegerstaaten weitgehende Pläne, die sich aber bald als kaum ausführbar erwiesen; in Ägypten sogar und Palästina sollten Stationen gegründet werden. Eine Kriegsgründung von kurzer Dauer war die Anstalt am Bosphorus [WILHELM (19)], die letzte Gründung in Deutschland war die Station in Büsum [MÜLLEGGER (9)]. Einige Stationen wurden aufgelassen, so die von Fiume und Triest, nachdem sie Italien übernommen hatte; wohl alle ausnahmslos leiden heute mehr minder unter der Not der Zeit.

In Dankbarkeit muß ich aller jener zoologischen Stationen in den von der europäischen Katastrophe weniger betroffenen Ländern gedenken, die unsere Wissenschaft und ihre Vertreter in den notleidenden Staaten nach besten Kräften unterstützt hatten. Den zoologischen Universitätsinstituten ist in dieser Zeit kostenlos Material für Forscher und Studenten gespendet worden, so von Helder (Direktor REDEKE) und Rovigno (damals Direktor ISSEL). Reisestipendien ermöglichten den verarmten und physisch herabgekommenen Gelehrten den Besuch ausländischer Stationen

(Dänemark, Schweden z. B.). Und in diesem Liebeswerk zeigte sich der *internationale Charakter* dieser wissenschaftlichen Institute im schönsten Lichte.

Gerade die ihr in weiser Voraussicht schon von ihrem Gründer aufgeprägte Internationalität scheint die bedeutendste unter ihnen, die Neapler Station, auf ihre bisher von keiner ähnlichen Anstalt der Welt erreichte Höhe gebracht zu haben. Kurz vor Kriegausbruch konnte noch der Prager Physiologe A. VON TSCHERMAK in einem in Berlin 1914 gehaltenen Vortrag behaupten, diese Station erscheine keinem der dort Arbeitenden, seien es Italiener, Engländer oder Amerikaner, als „Ausland“. „Ich kann es nur als einen großen Vorzug der Station bezeichnen, daß sie kein staatliches Institut, sondern ein Privatunternehmen ist.“ Ich spreche aus bitterer Erfahrung, wenn ich die Bevormundung einer Station durch ein Kuratorium („Hofkriegsrat“ nennt TSCHERMAK diese bürokratische Einrichtung) für nicht vorteilhaft erkläre. „Nur einem *Privatmann* war es möglich . . . jeder neu auftauchenden Richtung in wahrhaft biologischer Anpassung sofort die geeigneten Arbeitsmittel zur Verfügung zu stellen und dadurch oft deren Entfaltung erst zu ermöglichen.“ Dieser freien Entwicklungsmöglichkeit hat es die Neapler Station zu verdanken, wenn zu ihrem 25 jährigen Jubiläum im Jahre 1897 gesagt werden konnte: „Wir vermögen uns überhaupt keine Vorstellung davon zu bilden, welches der Stand der biologischen Wissenschaften zur Zeit sein würde, wenn der von der zoologischen Station ausgehende Einfluß unterblieben wäre.“

Daß die Neapler Station bis zum Kriege ihren privaten Charakter bewahren konnte, verdankt sie dem Umstand, daß sie nicht nur mit privaten Mitteln gegründet wurde, sondern auch, daß ihre Erhaltungskosten durch drei durchaus originelle Gedanken ihres Gründers gesichert schienen. Wie BOVERI (1) in seiner bekannten Gedächtnisrede auf ANTON DOHRN ausführte, war der eine Gedanke der, „mit dem Laboratorium ein öffentliches Aquarium zu verbinden, wie solche schon in London, Hamburg und Berlin damals bestanden. Der Gewinn, der dort Aktionären zufließt, sollte bei der zoologischen Station der Wissenschaft zugute kommen“; Der zweite Gedanke war, der Station durch Vermieten der Arbeitsplätze an Regierungen und Korporationen eine weitere feste Einnahme zu verschaffen, und dieses sog. „Tischsystem“ war es in erster Linie, das der Station ihren internationalen Charakter verlieh.

Der dritte Gedanke endlich war, durch Verkauf konservierter Tiere an Museen und zoologische Institute der Station eine weitere Einnahmequelle zu verschaffen. Daß die Präparate der Neapler Station heute weltbekannt sind, ist ein Verdienst des unvergeßlichen ersten Konservators der Station, des im Jahre 1910 verstorbenen Dr. h. c. SALVATORE LO BIANCO.

Der Personalstand der zoologischen Station ist gegenwärtig folgender: Direktor Prof. REIN-

HARD DOHRN, der Sohn des Gründers; Abteilungsvorsteher: für Zoologie Prof. MARCO FEDELE, für Physiologie Dr. ENRICO SERENI; Assistenten: Dr. JULIUS GROSS, Dr. SILVIO RANZI.

Sehr reichhaltig ist die Bibliothek. Es ist ein schöner alter Brauch in unserer Gelehrtenrepublik, von allen Arbeiten unseres Forschungsgebietes einen Sonderabdruck der Neapler Station zu widmen.

An Publikationen gibt die Station seit den Jahren 1879 bzw. 1880 heraus: Die „Mitteilungen a. d. z. St. N.“, den „Zoologischen Jahresbericht“ und das Prachtwerk: „Fauna und Flora des Golfes von Neapel“.

Wenn die marine Biologie vor dem Kriege in allen Kulturstaaen so eifrig gepflegt wurde, so ist das wohl zum guten Teile auf die vielen Anregungen zurückzuführen, die von den zoologischen Stationen ausgingen, vor allem von Neapel, dieser nach KOFOID (7) „marine university“ der modernen Hydrobiologie.

Freilich darf nicht verschwiegen werden, daß durch eine gewisse einseitige Bevorzugung der marinen Tierwelt die Limnologie etwas vernachlässigt worden war. Es ist bezeichnend, daß erst im Jahre 1888 der tschechische Zoologe A. FRITSCH (= FRİČ) das erste zur Untersuchung der Süßwasserfauna bestimmte Laboratorium, und zwar als übertragbare zoologische Station, an einem böhmischen Teiche eröffnen konnte¹⁾, und erst 1891 erfolgte die erste Gründung eines derartigen Institutes auf deutschem Boden: die von O. ZACHARIAS geschaffene Station am Plönersee; die letzte Gründung ist die zoologische Station an der alten Donau bei Wien (1924)²⁾.

Manche hydrobiologischen Stationen verfolgen nach wissenschaftlichen Methoden rein praktische Zwecke (Fischzucht, Untersuchung der Fischkrankheiten, der Wasserverschmutzung). Wieder andere Stationen dienen der Erforschung der Landfauna (wie das Laboratoire spéléobiologique in Saint Paër in Frankreich, das Höhlenbewohner erforscht), teilweise auch wieder im Dienste der Praxis, wie die verschiedenen landwirtschaftlichen und entomologischen Stationen.

Mögen auch einige dieser Stationen schon recht lange bestehen, die R. stazione d'entomologia agraria in Florenz z. B. wurde schon 1875 gegründet, man denkt doch in erster Linie an Meereslaboratorien, wenn man von zoologischen Stationen spricht. Und das hat seinen guten Grund. Das Meer stellt nicht nur den größten Lebenskreis dar, den wir auf der Erde kennen, die Tierwelt, die ihn bis in die größten Tiefen bewohnt, zeigt auch die größte Mannigfaltigkeit der Baupläne und Erscheinungsformen: nur 2 von 36 Tierklassen fehlen im Meer ganz — die Tausendfüßler und die Am-

¹⁾ Eine originelle Abart der „übertragbaren“ sind die „schwimmenden Stationen“.

²⁾ Eine Verbreitungskarte der Süßwasserstationen vom Jahre 1898 gibt H. B. WARD (18). Ebenda auch eine Abbildung eines „Floating Laboratory“.

phibien [HESSE (5)]. Von den Pflanzen dagegen, die zudem in der Hauptsache nur die Küsten und die belichteten Zonen der Hochsee bewohnen, gehören nur wenige Gruppen der Kryptogamen und ganz wenige der Phanerogamen auch dem Meere an. Das erklärt, warum mit wenigen Ausnahmen (z. B. Helgoland und früher Triest) auch größere Stationen noch keinen ständigen Botaniker unter ihrem Personal haben, obwohl schon vor 20 Jahren der internationale Fischereikongreß in Wien die Forderung stellte, es möge das Studium der biologischen Verhältnisse der Flora der Gewässer intensiver betrieben werden [BRUNNTHALER (2) (3)].

In den 70er und 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts stand die Zoologie ganz im Banne der Abstammungslehre, und so wurde auch an den zoologischen Stationen erst morphologisch-systematisch bzw. faunistisch, später immer intensiver vergleichend-anatomisch und entwicklungs-geschichtlich gearbeitet. Bald kamen mit W. Roux' bahnbrechenden Werken entwicklungsmechanische Arbeiten hinzu. Wiederum war es die Neapler Station, an der BOVERI, DRIESCH, HERBST, WILSON, um nur einige zu nennen, ihre grundlegenden Versuche an Echinodermenlarven anstellten. Allmählich gewann die Tierphysiologie, die länger als ihre ältere Schwester, die Zootomie, eine Magd der Medizin geblieben war, an Bedeutung. Dem trug die Neapler Station alsbald Rechnung durch Schaffung eines physiologischen und eines chemischen Laboratoriums, so daß schon 1905 UEXKÜLL auf Grund der dort gesammelten Erfahrungen eine Anleitung zu dem damals den meisten Physiologen noch ziemlich fremden Studium der experimentellen Biologie der Wassertiere herausgeben konnte. An dem physiologischen Laboratorium arbeiteten in der Folge beispielsweise: BETHE über das Nervensystem der Krabbe, F. B. HOFMANN und R. F. FUCHS über Farbenwechsel der Tintenfische, hier stellten ihre später viel umstrittenen Experimente HESS über den Farbensinn der Tiere und PÜTTER über die Ernährung der Meerestiere an, während im chemischen Laboratorium HENZE, VERNON, WINTERSTEIN den Chemismus des Blutes der Seetiere, WEINLAND, HERVERDEN, SCAFFIDI u. a. die Chemie der Verdauung und der Fermentproduktion bei ihnen näher untersuchten. Genug! Wer sich heute zum Nachmittagstee in der Loggia der zoologischen Station einfindet, sieht dort nach den Worten FRÉDÉRIC HOUSSAYS „un congrès permanent de zoologie“ [P. FRANCOU (4)], bei dem wirklich *alle* Zweige der modernen Biologie vertreten sind: Die Neapler Zoologische Station ist nicht dem Namen, doch dem Wesen nach wirklich eine *biologische Station* geworden.

Werfen wir zum Schluß noch einen flüchtigen Blick in die Zukunft. In welcher Richtung werden sich die biologischen Meeresstationen zu entwickeln haben?

Grundbedingung für ein gedeihliches Arbeiten an irgendeiner hydrobiologischen Station ist genaueste Kenntnis der örtlichen Verhältnisse im

weitesten Sinne. Wiederum möchte ich (15) wie schon 1913 und kürzlich (1924) das Verlangen stellen nach einer genauen „Inventarisierung“ der gesamten Flora und Fauna. Es muß getrachtet werden, einen Meeresabschnitt so zu „beherrschen“, daß man imstande ist, jederzeit auch sog. seltene Arten zu beschaffen. In Bergen wurde mir seinerzeit erzählt, ein bekannter nordischer Meeresbiologe und Leiter einer zoologischen Station hatte sich in Gesellschaft von Kollegen gerührt, einen damals nur in wenigen Exemplaren in den Museen vorhandenen Fisch jederzeit beschaffen zu können; in seinem „Museum“ sei er in großer Menge. Und nach einiger Zeit konnte er wirklich einige Stücke vorweisen. Auf die Frage, wie das zugegangen sei, antwortete er trocken: „Mein Museum ist das Meer — ich habe die Exemplare einfach für Sie gefischt.“

In den formenreichen Südmeeren freilich ist eine so genaue Vertrautheit mit den Fischereigründen ungleich schwieriger. Und doch muß die mühevolle und zeitraubende Bestandsaufnahme gemacht werden.

Es wirkt heute geradezu komisch, wenn man liest, daß sich ANTON DOHRN im Kampfe um die Verwirklichung seiner großen Idee im Jahre 1872 von dem alten Berliner Zoologen EHRENBURG sagen lassen mußte: wenn er der Fauna Neapels mit einem solchen Arsenal von Hilfsmitteln und Arbeitskräften zu Leibe gehen wolle, würde es in 5 oder 10 Jahren dort wohl nichts mehr zu erforschen geben. Tatsächlich könnte heute, nach 50 Jahren, noch ein Heer von Spezialisten (leider!) allein mit der systematischen Bearbeitung noch ungenügend bekannter Tiergruppen des Golfes beschäftigt werden. Noch fehlt an den Mittelmeerstationen fast ausnahmslos die so notwendige genaue kartographische Aufnahme der Fangplätze, deren Kenntnis zumeist der mündlichen Überlieferung der Stationsfischer überlassen bleibt. An den freilich artenärmeren Küsten der Nordmeere sind derartige Aufnahmen (sogar nach quantitativen Methoden) in vorbildlicher Weise von PETERSEN (10) ausgeführt worden. Glücklicherweise ist der Golf von Neapel, soweit mir bekannt, im letzten Sommer in der angedeuteten Weise floristisch aufgenommen worden. Für eine so dringend notwendige faunistische Kartierung des Golfes wäre nach LO BIANCOS Tod wohl R. GAST der berufenste gewesen; nun hat auch ihn uns im letzten Sommer allzufrüh das unerbittliche Schicksal geraubt.

Eine gute faunistische Aufnahme kann nur von Forschern in Angriff genommen werden, die lange genug an der betreffenden Station arbeiten können. Es wäre ökonomisch, wenn auch die physiologischen und chemischen Assistenten nur solche Themen bearbeiten würden, die Serienbeobachtungen über viele Monate hinaus notwendig machen, und darum nur von ständig an der See Arbeitenden gelöst werden können. Weniger Zeit erfordernde Arbeiten kann man den Gästen der Station überlassen.

Mit der floristischen und faunistischen Erforschung hätte die weitere Ausgestaltung einer

„Typensammlung“ parallel zu gehen; in Neapel war tatsächlich GAST zugleich auch Verwalter der Stationssammlung, die vorläufig allerdings nur größere Tiere enthält. Sind solche Stationssammlungen öffentlich zugänglich, dann könnten auch die geologischen und meteorologischen Verhältnisse des Untersuchungsgebietes, die physikalisch-chemischen Besonderheiten des Meerwassers, die an der Station üblichen Sammel- und Fangapparate u. dgl. gezeigt werden.

Auch in den Schauaquarien ließe sich vielleicht noch manches verbessern. Wie ich schon seinerzeit (14) näher ausführte, ist man in der Anlage und Besiedlung der Seewasseraquarien bisher ziemlich schablonenmäßig vorgegangen. In großen Becken mit vielfach allzu phantastischen Grottenbildungen sind allerhand Großtiere untergebracht — die Kleintierfauna käme in so großen Behältern nicht zur Wirkung — und vor dem Becken ist bestenfalls ein Namensverzeichnis der Gefangenen, mitunter sogar mit Bildern zum besseren Erraten der einzelnen Arten. In einem modernen Seewasseraquarium sollten vor allem *naturwahre Ausschnitte aus dem Meeresleben* gezeigt werden, Bewohner der Flachküste, der Steilküste, der Spritzzone mit den anschließenden Stufen des Eulitorals, die Lebewelt der Rockpools wie die der Salinen, daneben Muschel- und Fischzuchten u. v. a. Neben großen Behältern müßten auch kleine Glasbecken für die Kleinfafauna des Meeres aufgestellt werden, auch solche für Betrachtung von oben! TH. KRUMBACH hatte seinerzeit in Rovigno einige Becken nach ähnlichen Gesichtspunkten eingerichtet. Mustergültig sind ferner einige Becken im neuen Aquarium des Berliner Zoologischen Gartens.

Von größter Bedeutung sind schließlich die an vielen biologischen Stationen regelmäßig abgehaltenen Lehrkurse für Hochschüler und andere Freunde der Hydrobiologie, wie sie nach dem Kriege in Deutschland z. B. wieder regelmäßig an der Helgoländer Anstalt stattfinden und vor dem Kriege an der zoologischen Station in Triest als Doppelkurse (für Botaniker und Zoologen) zweimal jährlich (im Frühjahr und Herbst) abgehalten wurden.

Es ist nicht zu leugnen, daß seit dem Kriege im deutschen Sprachgebiete das Interesse der Zoologen an der marinen Biologie nachgelassen hat, und ich möchte nicht der bei einer Versammlung der Deutschen Zoologischen Gesellschaft vor einigen Jahren geäußerten Meinung beipflichten, daß es zu begrüßen sei, wenn die Zoologen heute sich mehr Vererbungsfragen zuwenden, statt mit der Bearbeitung umfangreichen marinen Expeditionsmaterials Jahre zu verlieren.

Mir scheint es gesünder, wenn *alle* Zweige einer Wissenschaft *gleichmäßig* gepflegt werden und jeder Forscher in der Wahl seines speziellen Arbeitsgebietes sich mehr von seinen persönlichen Neigungen und Fähigkeiten leiten läßt als von der augenblicklichen Mode und dem Verlangen nach möglichst raschen Erfolgen. Wenn hydrobio-

logische Arbeiten wirklich zeitraubender sind als andere, so würde ich das als Vorteil ansehen. Wir wollen gar nicht mehr dieses Wettrennen der Expeditionsschiffe, das ebenso rasche als flüchtige Veröffentlichungen der Ergebnisse, das in einzelnen Staaten in der Vorkriegszeit üblich war. Dafür fordern wir eine solide, allseitige, nicht einseitige Heranbildung des Nachwuchses. Ich würde sogar verlangen, daß nach dem Beispiele einiger Nordstaaten auch unsere angehenden Naturforscher während ihrer Hochschulstudien *verpflichtet* sein sollten, mindestens einen Lehrkurs an einer zoologischen Station zu besuchen. Das schiene mir ebenso wichtig wie ein Pflichtkolleg über theoretische Pädagogik, Philosophie oder Unterrichtssprache.

Für den mittel- und süddeutschen Studenten ist nun mal an der adriatischen Küste wegen ihrer geographischen Lage die beste Gelegenheit, das unvergleichlich reiche Mittelmeerleben kennenzulernen. Als Stationen kommen in Betracht die Orte Triest, Rovigno oder irgendein Punkt an der dalmatinischen Küste; eben jetzt (Oktober 1925) kreuzt das gewesene österreichische Forschungsschiff „Najade“ als „Sitnica“ unter der Flagge des SHS-Staates in der Adria, um einen passenden Platz ausfindig zu machen. Sobald er gefunden ist, soll mit dem Bau einer jugoslawischen zoologischen Station begonnen werden. Die Station in Triest wurde bekanntlich nach dem Kriege aufgelassen, und die Triester Zoologen haben seither sich vergeblich bemüht, ihre Wiedereröffnung bei ihrer Regierung zu erwirken [STENTA (12)].

Literatur:

1. TH. BOVERI, Gedächtnisrede auf ANTON DOHRN. In: Verhandl. d. 8. Intern. Zool. Kongresses zu Graz 1910. 1912.
2. J. BRUNNTHALER, Zusatzantrag zum Vortrag von Dr. OTTO ZACHARIAS. In: Intern. Fischereikongreß zu Wien (Juni 1905).
3. J. BRUNNTHALER, Die Botanik an den marinen biologischen Stationen. In: Internat. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr. 3. H. 3 und 4. 1910—1911.
4. P. FRANCOTTE, Les laboratoires maritimes étrangers à l'exposition de Liège. In: Chasse et Pêche, Bruxelles 1905.
5. R. HESSE, Tiergeographie. Jena: G. Fischer 1924.
6. CH. JUDAY, Some European Biological Stations. In: Transact. Wisconsin Acad. of soc. Arts a. Lett., 16, Part 2. 1910.
7. CH. A. KOROID, The Biological Stations of Europe. U. S. Bureau of Education, Bulletin 4. 1910.
8. P. MAYER, Zoologische Stationen. In: Handwörterbuch der Naturwissenschaft 10, 1028—1035. 1915.
9. S. MÜLLEGER, Bericht über die zoologische Station Büsum. In: Schriften der Z. S. B. (sic!) für Meereskunde Nr. 1. 1919.
10. C. G. J. PETERSEN, Report of the Danish Biological Station to the Board of Agriculture 1911, 1913, 1914, 1918 u. a.
11. R. SAND, Les laboratoires maritimes de zoologie. In: Rev. Univ. de Bruxelles, Bd. 3. 1897.
12. M. STENTA, Sulla importanza di Trieste nella biologia marina e specialmente sulla stazione Zoologica

- di Trieste. In: Rendiconto della 12. assemblea ordinaria e del convegno dell'Unione Zoologica Italiana in Trieste 1921.
13. M. STENTA, Trieste negli studi di biologia marina. In: Atti della società Italiana per il progresso delle scienze, 11. Riunione, Trieste Ott. 1921, 1922.
14. AD. STEUER, Die Einrichtung mariner Schauaquarien. In: Die Flagge, Organ des österr. Flottenvereins 1906.
15. AD. STEUER, Ziele und Wege biologischer Mittelmeerforschung. In: Verhandl. d. Ges. d. Naturforscher u. Ärzte, Leipzig 1913.
16. AD. STEUER, Die künftige Mittelmeerforschung. In: Internat. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr. 12, H. 3/4. 1924.
17. A. v. TSCHERMAK, Die zoologische Station in Neapel. In: Meereskunde, Sammlung volkstüml. Vorträge, Heft 86. Berlin 1914.
18. H. B. WARD, The fresh-water biological stations of the world. In: Studies from the zool. Lab. Nebraska Acad. of soc. Nr. 40. 1898, oder: Science, April 7., Vol. 9, Nr. 223. 1899, oder: Rep. Smith. Inst. 1898, S. 499 (ohne Tafeln!).
19. J. WILHELMI, Über die Gründung eines hydrobiologischen Institutes am Bosphorus. In: Zool. Anz. 50. 1918.

Über langsam veränderliche Wechselströme in der Erde und einige Fragen der Geophysik.

Von R. COURANT, Göttingen.

Im folgenden möchte ich über einige physikalische Fragen berichten, die im Zusammenhang mit Problemen der Nachrichtentechnik entstanden sind, wie sie sich im Laufe des Krieges ergaben.

Als mit Beginn des Schützengrabenkrieges die Methode des Trommelfeuers erfunden wurde, zeigte sich sofort, daß die vom Frieden her vorgesehene Art der Nachrichtenübermittlung durch das Telephon in der vordersten Gefechtszone bei jedem ernstlichen Kampfe vollständig versagte. Keine Telephonleitung hielt, auch nur für Stunden. Jegliche Verbindung innerhalb der in vorderster Linie kämpfenden Truppe wurde binnen kurzem zerstört, und die Folgen waren oft genug verhängnisvoll. Es ist daher kein Wunder, daß vielfach von solchen Frontsoldaten, welche aus ihrer Vergangenheit technisches und physikalisches Verständnis mitbrachten und welche nun die katastrophale Wirkung des Abreißens der Verbindungen am eigenen Leibe erlebten, vielerlei Anregungen zur Abhilfe ausgingen.

Das Problem war, ein Signalgerät zu schaffen, welches auch in schwierigen Situationen sich leicht transportieren, gebrauchsfertig machen und handhaben läßt, und welches die Möglichkeit vollständig gedeckter oder gar unterirdischer Aufstellung gewährt, dafür aber nur geringe Distanzen, etwa bis $1\frac{1}{2}$ km, im späteren Verlauf des Krieges vielleicht etwas mehr, zu überbrücken brauchte. Die Funktelegraphie war hierzu nicht geeignet, einmal, weil ihre Einrichtungen für den Schützengrabenkrieg nicht primitiv genug waren, sodann, weil es notwendig oder wenigstens wünschenswert war, ihre Antennen mehr oder weniger ungedeckt aufzustellen, damit der leitende Erdboden nicht allzuviel von der ausgestrahlten Energie absorbiert.

Es lag daher nicht fern, auf eine Art der Nachrichtenübermittlung zurückzugreifen, welche schon Jahrzehnte vorher gelegentlich von RUBENS und RATHENAU zur Signalgebung über den Wannensee bei Berlin herüber versucht worden war und welche auf der Verwendung von Wechselströmen mit niedrigen Frequenzen beruht, die unmittelbar in einem Telephon als Töne in den

gut hörbaren Tonbereichen vernehmbar sind. Versuche dieser Art wurden gelegentlich eines Heimaturlaubes im Frühsommer 1915 bei Göttingen von mir gemeinsam mit DEBYE, SCHERRER und CARL RUNGE unternommen; die Ergebnisse waren überraschend gut und bildeten den Ausgangspunkt für die Entwicklung der Erdtelegraphie als Nachrichtenmittel in der deutschen Armee, während, nebenbei bemerkt, etwa gleichzeitig eine ähnliche Entwicklung hinter der englischen und französischen Front sich vollzog.

Als Sender wurde ein kleiner handlicher Unterbrecher benutzt, welcher Gleichstrom aus einer Akkumulatorenbatterie in Wechselstrom von Tonfrequenzen verwandelte und sehr sicher ansprach. Der Stromkreis des Akkumulators wurde durch eine Morsetaste geschlossen und geöffnet; der sekundäre Stromkreis des Unterbrechers wurde in zwei Punkten, deren Entfernung voneinander bis auf wenige Meter verringert werden konnte, in die Erde geleitet. Damit war die Sendestation fertig. Die Erdleitung konnte im Notfalle in sehr primitiver Weise hergestellt werden. Sobald etwas mehr Zeit für den Einbau verfügbar war, konnte man eine größere Anzahl von Erdleitungen herstellen und diese durch einen Wechselschalter wahlweise miteinander kombinieren, womit die Möglichkeit gegeben wurde, Länge und Richtung der Sendebasis zu verändern. Die Empfangseinrichtung besteht aus ebensolchen Erdleitungen, nur ist statt des Unterbrechers ein Telephon, möglichst mit vorgeschaltetem Verstärker, angebracht.

Die Möglichkeit, mit einer größeren Anzahl solcher erdtelegraphischer Verbindungen ohne gegenseitige Störung in einem verhältnismäßig kleinen Geländeabschnitt zu arbeiten, ergibt sich leicht dadurch, daß man in den Richtungen der Sende- und Empfangsbasis noch weitgehende Freiheit besitzt — selbstverständlich müssen Sende- und Empfangsbasis einander möglichst so entsprechen, daß die Empfangsbasis in den Stromlinienverlauf des Sendestromes hineinfällt —, und daß man ferner die verschiedenen Stationen durch verschiedene Tonhöhe voneinander unter-

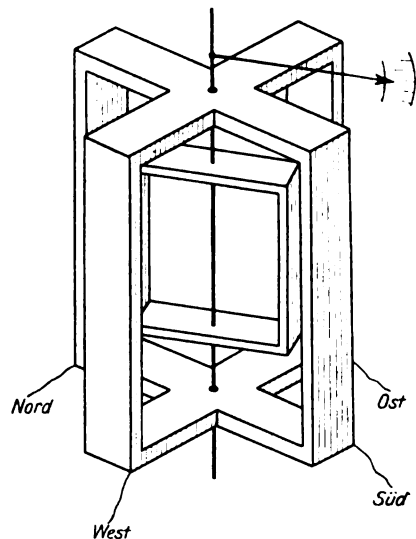
scheiden und, wenn man will, auch durch akustisch selektiv wirkende Empfangsgeräte trennen kann. Es genügt bei einigermaßen günstigen Bodenverhältnissen (verhältnismäßig gut leitende, nicht zu dicke obere Erdschicht auf schlecht leitendem Untergrund) wenige Watt Energie in die Erde zu senden, um mit Sicherheit Reichweiten von mehreren Kilometern zu erzielen.

Wenn auch all diese Dinge in militärischer Hinsicht heute nur noch historisches Interesse besitzen, und wenn hier nicht der Ort ist, um auf die Frage einzugehen, welche Hemmungen auf unserer Seite einer wirklich erfolgreichen Benutzung dieses Nachrichtenmittels so stark entgegengewirkt haben, ganz im Gegensatz zu den Armeen auf der anderen Seite der Schützengräben, so glaube ich doch, daß eine Reihe von Untersuchungen und Beobachtungen, welche ich im Zusammenhang mit der Erdtelegraphie seinerzeit angestellt habe, noch genügend praktisches und wissenschaftliches Interesse bieten, um einige Bemerkungen darüber zu rechtfertigen, die vielleicht eine Anregung in der einen oder anderen Richtung geben können. Ich selbst bin durch anders gerichtete Berufsaufgaben verhindert, diese im Kriege begonnenen und dann abgebrochenen Beobachtungen systematisch von neuem aufzunehmen.

Die erste Frage ist die nach der Natur der Ausbreitung von Wechselströmen niedriger Frequenz in der Erde. Es handelt sich für die in Betracht kommenden Entfernungen durchaus um quasi-stationäre Vorgänge; aber auch im einfachsten Grenzfalle einer unendlich dünnen, leitenden Schicht auf nichtleitender Unterlage darf man nicht etwa dasselbe Stromlinienbild erwarten, welches sich bei stationärem Gleichstrom ergeben würde, nämlich ein Büschel von Kreisen mit den Endpunkten der Basis als Grundpunkten, oder im Grenzfalle kleiner Basis ein Büschel von Kreisen, die sich an der Sendestelle in der Richtung der Basis berühren. Vielmehr sieht man von vornherein, daß die magnetische Feldstärke, welche durch die Veränderlichkeit des Sendestromes entsteht, ihrerseits wieder auf den Sendestrom zurückwirkt. Der Effekt wird eine Abplattung der kreisförmigen Stromlinien nach der Richtung der Basis hin sein. Die theoretische Berechnung des Stromlinienverlaufes ist wenigstens im Grenzfalle einer unendlich dünnen leitenden Schicht ohne größere Schwierigkeiten durchführbar. MAX ABRAHAM hat diese Aufgabe in seiner letzten Arbeit angegriffen¹⁾. Die Lösung ist jedoch noch nicht bis zur wirklichen numerischen oder graphischen Beherrschung des Problems durchgeführt und beruht auf so weitgehenden Idealisierungen, daß man gut tun wird, sich zunächst lieber auf das Experiment zu stützen. Eine solche experimentelle Bestimmung des Strom-

linienverlaufes — Intensitätsbestimmungen an jeder Stelle bieten überhaupt kein Problem — läßt sich in einfacher und eleganter Weise mit Hilfe eines Apparates durchführen, den ich für diesen Zweck konstruiert habe, und der auch für eine Reihe anderer Untersuchungen nützliche Dienste leisten kann. Das einfache, auch bei anderer Gelegenheit schon verwandte Prinzip dieses Apparates ist das folgende:

Zwei kongruente, gegeneinander vollständig isolierte offene Spulen sind fest um eine Achse so angeordnet, daß die eine, die Nordsüd-Spule, durch Drehung um einen rechten Winkel in die andere, die Ostwest-Spule, übergeführt werden würde (vgl.



die Figur). Drehbar um dieselbe Achse, also beweglich gegen die beiden zueinander senkrecht stehenden festen Spulen, ist eine dritte Spule angebracht, welche einen auf einer Skala spielenden Zeiger trägt. In den 4 Eckpunkten eines Quadrats, dessen Diagonalen in nordsüdlicher bzw. ostwestlicher Richtung laufen, werden möglichst punktförmige Erdleitungen hergestellt. Nunmehr werden die offenen Enden der Nordsüd-Spule mit der nördlichen bzw. südlichen und entsprechend die Enden der Ostwest-Spule mit der östlichen bzw. westlichen Erdleitung verbunden, während die bewegliche Spule durch ein Telefon, nötigenfalls mit vorgeschaltetem Verstärker, geschlossen wird. Die OHmschen Widerstände der Nordsüd- und der Ostwest-Verbindung werden nötigenfalls durch Zusatzwiderstände einander gleichgemacht. Fließt jetzt ein Wechselstrom von akustischen Frequenzen in die Erde, so bringt man durch Drehung der beweglichen Spule den Ton im Telefon zum Verschwinden. Die Zeigerstellung liefert uns dann bei einer geeigneten Skala, deren Eichung leicht im Laboratorium herzustellen ist, genau die Richtung der Stromlinien im Mittelpunkt des Quadrates, sobald dieses nicht allzu klein gewählt ist.

Im einzelnen mag bezüglich dieses Apparates

¹⁾ ABRAHAM, Die Induktion von Wechselströmen in einer ebenen leitenden Schicht. Zeitschr. f. angew. Mathem. u. Mech. 2, 109—131. 1922.

noch bemerkt werden, daß zweckmäßigerweise die Möglichkeit vorgesehen wird, sich verschiedenen Größen des Erdwiderstandes anzupassen. Dies kann geschehen, indem man aus den festen Spulen durch einen Schalter wahlweise mehr oder weniger große Teile ausschaltet. Die durchschnittliche Größe für den Wechselwiderstand der Spulen bei mittlerer Tonhöhe ist am besten etwa mit 100 Ohm zu wählen. Die von mir gebauten Apparate besaßen feste Spulen von quadratischer Form und etwa 30 cm Seitenlänge; ihre Herstellung war wegen der Arbeit des Wickelns, die recht sorgfältig ausgeführt werden mußte, nicht mühelos. Dafür erzielte man außerordentlich scharfe Minima, so daß eine Ablesung bis auf $1,5^\circ$ Genauigkeit möglich war. Durch Verwendung von Eisenkernen kann man zwar die Arbeit des Wickelns wesentlich erleichtern und mechanisieren; es scheint aber, daß man dann auch viel von der Präzision der Messung aufgeben muß, da die Minima viel flacher und verwaschener werden.

Mit Hilfe eines oder mehrerer solcher Apparate kann man nun in einem gegebenen Gelände sehr schnell den Verlauf der Stromlinien bestimmen, wenn man voraussetzt, daß dieses Gelände homogene Beschaffenheit besitzt. Man stellt einfach eine größere Reihe von Sendestationen im Gelände auf, deren jede ihre Sendebasis stufenweise bis 180° herumdrehen kann. Ebenso verteilt man eine Reihe von Empfangsstationen über das Gelände und stellt an jeder dieser Empfangsstationen für jede Sendestation und jede von deren Sendebasisrichtungen die Richtung der ankommenden Stromlinien mit Hilfe unseres Richtungsmessers fest. Man erhält so in wenigen Stunden eine große Menge von Daten für den Winkel zwischen den Stromlinien und der Verbindungslinie nach der Sendestelle — die wir in einiger Entfernung als Dipol auffassen können — als Funktion der Entfernung von der Sendestelle und des Winkels zwischen Sendebasis und Verbindungslinie vom Sender zum Empfänger. Aus diesen Daten für die gekennzeichnete Funktion ist es nun ohne weiteres möglich, das Stromlinienbild zu konstruieren. Man findet tatsächlich einen Stromlinienverlauf von dem oben beschriebenen abgeflachten Typus.

Leider sind die seinerzeit von mir in der Ebene nördlich des Harzes erzielten Messungsergebnisse und die dazugehörigen Stromlinienbilder bei der Demobilmachung verlorengegangen, ebenso wie auch die von mir im Laboratorium konstruierten Apparate. Ich muß mich daher bei der Schilderung der Ergebnisse auf einige nicht ganz bestimmte allgemeine Bemerkungen nach meinem Gedächtnis beschränken. Die auffallendste Erscheinung war, daß anscheinend das Stromlinienbild sich mit dem Wechsel der Leitfähigkeit der oberen Erdschicht nicht merklich änderte, wenigstens nicht bei den Schwankungen der Leitfähigkeit, welche durch verschiedene Witterung (Trocken-

heit — Regen) bedingt waren. Auch schien die Abhängigkeit von der Beschaffenheit des Geländes nicht so groß zu sein, wie ich anfangs erwartet hatte. Die bemerkenswerteste, auch theoretisch vorauszusehende Erscheinung aber ist wohl die Stabilität des Stromlinienverlaufes gegenüber lokalen Störungen, wie sie durch Einbettung von Hindernissen mit anderen Leitfähigkeitsverhältnissen gegeben sind, z. B. kleinen Sümpfen, kleinen Wassertümpeln, Metallhaufen u. dgl. Die Störung des normalen Stromlinienverlaufes beschränkt sich auf die unmittelbare Umgebung dieser Hindernisse.

So liegt der Gedanke nahe, die Richtungsmessung von Stromlinien dazu zu benutzen, um verborgene derartige Hindernisse oder Anomalien in der oberen Erdkruste festzustellen, indem man Unregelmäßigkeiten im Stromlinienverlaufe einer oder mehrerer bekannter Sendestellen konstatiert. Man hat damit eine neue Handhabe zur Untersuchung der Struktur der oberen Erdschicht, und zwar ein Hilfsmittel, welches in verschiedener Hinsicht ausbaufähig erscheint und für die Aufgaben der praktischen Geophysik nützlich sein kann. Die große Genauigkeit, mit welcher Richtungsbestimmungen elektrischer Ströme möglich sind, scheint überhaupt den Richtungsmessungen neben Intensitätsmessungen eine wichtige Rolle bei den Methoden der Erforschung des Erdinneren zu sichern, auch über den Rahmen der hier besprochenen Anwendungen hinaus. Hier sei nur bemerkt, daß die Anwendung des beschriebenen Richtungsbestimmers natürlich nicht auf die oberste Erdschicht beschränkt ist, daß man vielmehr z. B. auch in Bergwerken ihn wird handhaben können, und daß man die Methode leicht auch so ausgestalten kann, daß sie zur räumlichen Richtungsbestimmung dienlich wird. Eine wesentliche Voraussetzung zur praktischen Anwendung derartiger Methoden, z. B. im Bergbau, scheint mir allerdings zu sein, daß man über den Stromlinienverlauf und die Natur der Störungen sich zuvor ein ziemlich umfangreiches Erfahrungsmaterial verschafft, bevor man daran geht, aus derartigen Messungen Schlüsse über die Art der störenden Substanzen, wie Kohle, Erz oder Wasser, zu ziehen, und daß man andere Methoden gleichzeitig wird anwenden müssen, um sicher zu gehen. Ich nehme an, daß die verschiedenen wirtschaftlichen Unternehmungen zur Erforschung des Erdinneren schon mehr oder weniger Methoden der hier geschilderten Art verwenden.

Neben derartigen mehr praktischen Gesichtspunkten möchte ich eine andere wissenschaftliche Anwendungsmöglichkeit des geschilderten Apparates hervorheben. Wenn man ein Telefon mit vorgeschaltetem Verstärker an zwei Stellen mit der Erde verbindet, so hört man neben den künstlich erzeugten Störungen, wie z. B. Telefongesprächen, noch andere Geräusche, die durch natürliche elektrische Ausgleichsvorgänge in der Erde erzeugt werden. Das Studium dieser erd-

elektrischen Erscheinungen ist meines Wissens kaum in Angriff genommen, jedenfalls wohl nicht systematisch gefördert worden, während man die atmosphärischen elektrischen Störungen, veranlaßt durch die drahtlose Telegraphie, viel besser kennengelernt hat. Ich möchte daher hier aus meinem Gedächtnis einige Beobachtungen über solche erdelektrische Erscheinungen mitteilen, in der Hoffnung, daß dadurch vielleicht eine Nachprüfung, Präzisierung und systematische weitere Untersuchung angeregt wird. Es gibt eine ganze Reihe deutlich voneinander verschiedener Arten solcher „Erdgeräusche“, die sich nicht nur durch ihren akustischen Charakter unterscheiden, sondern ebenso durch die Art, wie sie mit anderen Phänomenen, wie Temperatur, Sonnenstrahlung, Bewölkung, Luftfeuchtigkeit, zusammenhängen. Gewisse dieser Geräusche scheinen mir entschieden ihren Ursprung in elektrochemischen Vorgängen zu haben, welche stark durch die Bodenbeschaffenheit bedingt sind, z. B. in sumpfigen oder moorigen Geländen recht ausgeprägt sein können. Sie haben oft den Charakter von Brodeln und Kochen; diese Entladungen bevorzugen, wie man mit unserem Richtungsbestimmer feststellen kann, keine Richtung. Andere Geräusche müssen mit atmosphärischen Erscheinungen und der Sonnen-

strahlung zusammenhängen. Sie sind stark von der Tageszeit und der Witterung abhängig. Hierher gehören vermutlich gewisse pfeifende Geräusche, welche an vorüberfliegende Infanteriegeschosse erinnern. Es scheint, daß diese Entladungen bestimmte Richtungen bevorzugen. Daß akute elektrische oder magnetische Gewitter ebenfalls in einer solchen Abhöreinrichtung wahrnehmbar werden, versteht sich von selbst; darüber hinaus aber hatte ich den Eindruck, als ob überhaupt vielleicht ein Zusammenhang zwischen erdmagnetischen und gewissen der wahrgenommenen Entladungen bestünde.

Bei allen solchen Untersuchungen ist der Richtungsbestimmer ein wesentliches Hilfsmittel, um Klarheit über die Art der Entladungen zu gewinnen. Freilich sind diese oft so kurz, daß keine Zeit zu einer genauen Messung bleibt und daß erst Durchschnittswerte vieler Messungen eine zuverlässige Entscheidung ermöglichen werden.

Wenn ich auch über diese Dinge nicht weitere präzise Angaben machen kann, so darf ich doch die Ansicht aussprechen, daß es eine lohnende und keineswegs mit besonderen experimentellen Schwierigkeiten verbundene Aufgabe wäre, den geschilderten Zusammenhängen weiter nachzugehen.

Besprechungen.

LIETZMANN, W., Methodik des mathematischen Unterrichts. 3. Teil; Didaktik der angewandten Mathematik. Leipzig: Quelle & Meyer 1924. XII, 234 S., 50 Textfiguren und 4 Tafeln. 17 × 24 cm. Preis geh. 8,40, geb. 10 Goldmark.

Der 3. Band des in Lehrerkreisen wohlbekannten und vielbenutzten LIETZMANNschen Werkes umfaßt einen sehr ausgedehnten Stoff. Ich zähle die Titel der 7 Kapitel auf: I. Linearzeichnen, II. Werkunterricht, III. Geodäsie und Astronomie, IV. Staatsbürgerkunde und Wirtschaftslehre, V. Mechanik, VI. Physik, VII. Philosophie. — Ich fürchte, daß diese lange Liste an und für sich die meisten Leser zu heftigem Widerspruch reizen wird. „Wieso? Ist dies alles angewandte Mathematik?“ — Sicherlich nicht. Aber in allen diesen Gebieten finden sich interessante und wichtige Fragen, die durch die Mathematik wesentlich geklärt werden können, sogar durch die Mathematik der Mittelschulstufe, und der Verf. sammelt derartige Fragen zur Belebung des Unterrichtes. — „Soll der Mathematiklehrer dies alles unterrichten? Der Arme! Und die bedauernswerten Jungen!“ — Der Verf. gibt Ihnen eine Auswahl und den Rat, nicht dies alles zu unterrichten, sondern nur einiges hieraus, was Ihre Schüler interessiert und Sie wirklich verstehen. — „Ist er selber Fachmann in allen diesen Gebieten?“ — Ich glaube nicht; ich bin es sicher nicht und Sie sind es vielleicht auch nicht. — „Wie kann er dann 7 heterogene Gegenstände mit Autorität und in 15 Bogen behandeln?“ — Er gibt doch keine erschöpfende Behandlung und erhebt, soweit ich sehe, keinen Anspruch, als Autorität in jedem behandelten Gebiet zu gelten. Er hebt nur einige didaktisch heikle Punkte hervor, orientiert Sie über mögliche Lehrpläne, teilt Ihnen seine Lehrerfahrungen mit, macht auf wirkungsvolle

Aufgaben und glückliche Wendungen aufmerksam, ferner teilt er Literatur mit, wo noch mehr über Lehrpläne, Lehrerfahrungen, Aufgaben und scherzhafte Wendungen zu finden ist. Das alles ist, finde ich, sehr nützlich für den Mittelschullehrer und ganz amüsant für jeden in der Mathematik allgemein Interessierten. Sie werden es selber finden, wenn Sie es lesen, auch wenn Sie vielleicht im Gebiet, wo Sie Fachmann sind, nicht mit allen Einzelheiten einverstanden sein werden. Ich bedaure nur, daß zu den vielen anderen nicht noch ein Kapitel über Biologie hinzukam, und daß die nichtdeutschsprachige Literatur etwas stiefmütterlich behandelt wurde. G. PÖLYA, Zürich.

GIESE, FR., Theorie der Psychotechnik. Grundzüge der praktischen Psychologie I. Bd. 13 der Sammlung: Die Wissenschaft. Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn, Akt.-Ges. 1925. VIII, 180 S. 13 × 21 cm. Preis geh. 7,50, geb. 9 Goldmark.

Nach ursprünglich steilem Anstieg zu einer gewissen Gegenwartsbedeutung ist die Psychotechnik (GIESE versteht darunter die gesamte praktische Anwendung der Psychologie im Dienst industrieller, wirtschaftlicher und sozial-kultureller Ziele) in eine Art Krisis geraten, und sie bedarf zu ihrer Gesundung einer eigenen Theorie, weil die Erkenntnisse der allgemeinen Psychologie für die praktische Wirklichkeit der Anwendung nur zum geringsten Teil benutzbar sind. Dennoch läßt sich die gesuchte Theorie nach GIESE gerade dadurch gewinnen, daß die praktische Psychologie aus ihrer Wirklichkeitsnähe heraus zu den Lehren der theoretisch-abstrahierenden Seelenkunde Stellung nimmt. Eine solche Stellungnahme versucht GIESE zunächst gegenüber den verschiedenen Forschungsrichtungen, die er in der theoretischen Psychologie unterscheidet, dann

gegenüber ihren wichtigsten Fiktionen (so nennt er die sachlichen und methodischen Grundbegriffe), endlich noch gegenüber den Grenzwissenschaften der praktischen Psychologie. Seine Ausführungen dürften in ihrer jetzigen Form wohl auch solchen Psychologen schwer verständlich sein, die sich in allen von ihm aufgeführten Richtungen zu Hause fühlen. Die theoretische Psychologie selbst braucht es freilich nicht weiter zu stören, daß ihre Begriffe für die Zwecke der Psychotechnik umgebogen, erweitert, verstümmelt oder verschoben werden, denn: Die Gewinnung von Methoden, das Sehen von Problemen, die Behandlung von Menschen und Sachverhalten: das darf auf diesem Gebiete nicht fachlich-ernst, nicht streng-trocken genommen, nicht in jener Pseudoexaktheit des Gelehrten gepackt werden! Dem Interesse der Psychotechnik aber würde GIESE vielleicht mehr dienen, wenn er seine „Theorie“ zu einer „Empirie“ umgestaltete: wenn er die Wege zeigte, die er selbst in seiner Praxis gegangen ist, wenn er genau darlegte, worauf es in den einzelnen konkreten Fällen ankam, worauf der Erfolg oder Mißerfolg, die Verbesserung oder Verschlechterung beruhte, und wie dies alles festgestellt und geprüft wurde — kurz, wenn er seine eigene reiche Erfahrung der Psychotechnik so konkret zugänglich und so durchsichtig machte, daß sie möglichst unmittelbar daraus lernen könnte.

KARL GERHARDS, Aachen.

KÜSTER, F. W., **Logarithmische Rechentafeln für Chemiker, Pharmazeuten, Mediziner und Physiker.** Bearbeitet von A. THIEL. 30.—34. verb. u. verm. Aufl. Berlin u. Leipzig: Walter de Gruyter & Co. 1925. 148 S. und 1 Logarithmentafel in Deckeltasche. 19 × 14 cm. Preis geh. 4,80, geb. 6 Goldmark.

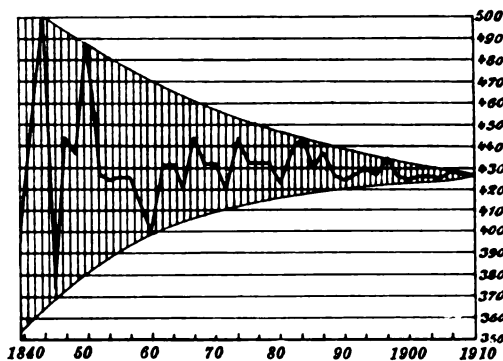
Ein Buch, das in 31 Jahren 34 Auflagen erreicht hat, bedarf sicher keiner Empfehlung; es sei deswegen nur festgestellt, daß der Herausgeber — abgesehen von der Benutzung der neuesten Atomgewichtswerte — wiederum an den Tabellen eine ganze Reihe von wesentlichen Veränderungen vorgenommen hat, die Wünschen aus dem Benutzerkreise Rechnung tragen.

I. KOPPEL, Berlin.

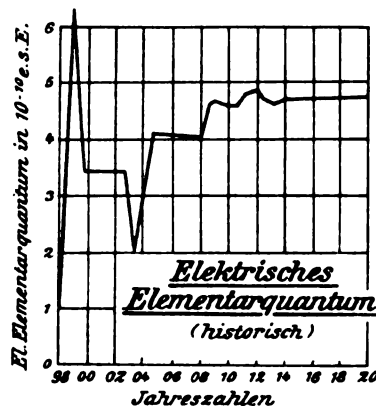
AUERBACH, FELIX, **Physik in graphischen Darstellungen.** 2. Auflage. Leipzig: B. G. Teubner 1925. 1557 Figuren auf 257 Tafeln mit erläuterndem Text. Preis geb. 14 Goldmark.

Für viele Bücher der physikalischen Literatur gilt, was GOETHE einmal von einer Geschichte der neueren Kunst gesagt hat: „Wenn man darin liest, so erfährt man etwas, aber man schaut nichts an.“ Das gilt vor allem für Lehrbücher, wenn sie auf den in Formeln gefaßten Zusammenhang der Dinge zu viel Gewicht legen und auf den der Anschauung zugänglichen zu wenig. Der Einwand, daß, wer aus der Formel den Zusammenhang nicht ohne weiteres sieht, der Physik fernbleiben soll, ist hinfällig. Der Mediziner, der Chemiker und mancher andere fordert mit Recht, daß man ihm das „Nebenfach“ in einer ihm zugänglichen Weise nahebringt. Auch für den Physiker ist manche Formel und manche Gleichung „geheimnisvoll am lichten Tag“. Und wenn selbst MAXWELL sich in seinem *Elementary Treatise on Electricity* schließlich zu den methods akin to those of Faraday als zu den überlegeneren bekannt hat (sein *Treatise on Electricity and Magnetism* war damals längst geschrieben), wird man auch den An-

spruch des Physikers auf die Anschaulichkeit der Darstellung als gut begründet ansehen dürfen. AUERBACHS Physik in graphischen Darstellungen darf daher als eine wertvolle Bereicherung der physikalischen Lehrmittelliteratur gelten. Sie macht viele Dinge anschaulich, die die Physik zwar in Formeln faßt, die aber ohne Übersetzung der Formel ins Graphische der Anschauung nur schwer oder gar nicht zugänglich sind. Sie faßt mancherlei graphisch zusammen, was sonst da und dort in der Literatur nur in der Form der Tabelle vorhanden ist — ein Beispiel, das die neueste Auflage des LAN-



Arbeitsäquivalent der Wärme (Geschichte der Messungen).



DOLT-BÖRNSTEIN an vielen Stellen befolgt hat. Sie gibt auch gelegentlich ein Bild von dem Fortschritt der physikalischen Meßkunst, wie die beiden hier wiedergegebenen Abbildungen zeigen, und wirkt nach vielen Richtungen belehrend und anregend. Daß AUERBACH dann und wann über das Ziel hinausschießt, wie z. B. wenn er den Versuch macht, Dimensionsformeln graphisch wiederzugeben, die dadurch keineswegs anschaulich werden, fällt nicht ins Gewicht. Er hat mit seinem großen Wissen und seiner großen Belesenheit eine ungeheure Stoffmenge bewältigt und ein Buch geschaffen, das jeden (auch den Nichtphysiker) belehren und anregen wird. Es ist wohl nur der Ungunst der Zeiten zuzuschreiben, daß erst zwölf Jahre nach dem Erscheinen der ersten Auflage die zweite erscheint.

ARN. BERLINER, Berlin.

Mitteilungen aus dem Gebiete der physikal.-chem. Mineralogie und Petrographie.

Studien an übersättigten Lösungen. I. Über den Mechanismus der Ausscheidung von Salzen aus übersättigten Lösungen und die Bildung rhythmischer Niederschläge in Gallerten. (W. M. FISCHER, Zeitschr. f. anorg. Chem. 145, 311–364. 1925.) Die bekannte Erklärung der von PRINGSHEIM und LIESEGANG untersuchten rhythmischen Fällungen in Gallerten durch die Übersättigungstheorie von W. OSTWALD erklärt noch nicht die hypothetischen „metastabilen Grenzen“ übersättigter Lösungen, welche in keinem Fall trotz aller Bemühungen haben nachgewiesen werden können. Auch die von H. FREUNDLICH und E. SCHUCHT (Zeitschrift f. phys. Chem. 85, 660. 1913) aufgestellte Theorie, nach welcher die bei der rhythmischen Fällung entstehenden Niederschläge als kolloide Gele zu betrachten sind, vermag nicht der Tatsache gerecht zu werden, daß bei vielen rhythmisch gefällten Salzen nur kristalline Niederschlagsbildung in Frage kommt. Verfasser hat in zahlreichen Einzeluntersuchungen, welche in der vorliegenden Arbeit zusammengefaßt sind, gefunden,

oder des Zusammenießens der Lösungen eine momentane Krystallisation; die Zeit-Konzentrationskurven zeigen vom Nullpunkt der Zeit an eine Verminderung der Konzentration. Die Ausscheidungskurven vom zweiten Typus verhalten sich bei großen Übersättigungen analog; geht man aber mit dem Übersättigungsgrade herunter, so gelangt man in ein Übersättigungsgebiet, in welchem beim Impfen oder Rühren keine augenblickliche Ausscheidung erfolgt, sondern eine „Induktionsperiode der Ausscheidung“ einsetzt, d. h. eine gewisse Zeit verstreicht, während der die Lösung optisch leer verbleibt. Erst nach Ablauf der Induktionsperiode setzt dann eine spontane Krystallisation ein. Die Periode wird bei immer kleineren Übersättigungen immer länger, und schließlich gelangt man in ein Übersättigungsgebiet, in welchem auch nach sehr langer Zeit keine plötzliche Ausscheidung mehr erfolgt, sondern nur die wenigen zugefügten Krystalle langsam wachsen. Die Induktionsperioden wechseln von Stoff zu Stoff und betragen bei denselben relativen Übersättigungen von

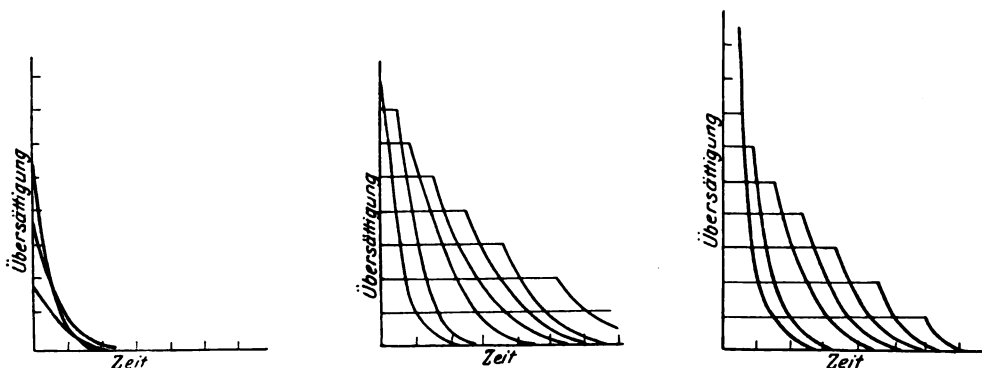


Fig. 1 a–c. Zur Ausscheidungsgeschwindigkeit von Salzen aus übersättigten Lösungen: a) die einfachen Salze vom Wertigkeitsprodukt 1 nach VAN'T HOFF, b) Salze mit höheren Wertigkeitsprodukten, c) Natriumpikrat.

daß der Vorgang der Ausscheidung fester Salze aus übersättigten Lösungen nicht nur durchaus un stetig verläuft, sondern, daß er auch in hohem Maße von der Natur und Konstitution des betreffenden Salzes abhängt. Auch in den Fällen einer rhythmischen Niederschlagsbildung in Gegenwart von Gelatine oder Agar-Agar handelt es sich stets um einen Krystallisationsvorgang aus einer echten und nicht aus einer kolloid-dispersen Lösung.

Mit seinen Schülern hat W. M. FISCHER sehr eingehend die Ausscheidungsgeschwindigkeit bestimmter Salze aus übersättigten Lösungen untersucht, und zwar durch Bestimmung der Konzentrationsänderung mit der Zeit, je nach dem Grade der Übersättigung. Trägt man die Konzentrationsänderungen vom Augenblick des Impfens, oder bei schwerlöslichen Salzen vom Augenblick des Vermischens zweier Lösungen, die einen schwerlöslichen Niederschlag ergeben, so in ein Koordinatennetz ein, das die Zeit als Abszisse, die Konzentration (Übersättigung) als Ordinate eingetragen wird, so erhält man Kurven dreier Typen (Fig. 1 a–c). Zum ersten Typ zählen die einfachen Salze vom Wertigkeitsprodukt 1 nach VAN'T HOFF, also alle Salze einbasischer Säuren, welche bei 0–25° wasserfrei krystallisieren. Zum zweiten Typus rechnen Salze mit höheren Wertigkeitsprodukten, der dritte Typus ist bisher nur am Natriumpikrat beobachtet worden. Bei den Salzen vom ersten Typus erfolgt im Augenblick des Impfens

mehreren Sekunden bis zu mehreren Stunden. Der dritte Typus endlich ist dadurch gekennzeichnet, daß auch bei den höchsten realisierbaren Übersättigungen eine scheinbar konstante Induktionsperiode auftritt, während andererseits auch bei den kleinsten bestimmbar Übersättigungen eine plötzliche Krystallisation stattfindet.

Die Induktionsperioden stellen keineswegs etwa die Keimbildungsperioden dar, dagegen spricht vor allem die Tatsache, daß diese nicht mit einer Änderung der Leitfähigkeit parallel gehen, und daß auch diese Eigenschaft eine konstitutive ist. Das Problem der Induktionsperioden ist aber innig mit der Größe der *kubischen Krystallisationsgeschwindigkeit* verbunden, welche nach der Methode von R. MARC an einer großen Zahl kleiner Krystalle gleichzeitig bestimmt werden kann. Es zeigt sich nach den Untersuchungen von FISCHER c. s., daß bei denjenigen Stoffen die kubische K.G. kleiner ist als die Auflösungsgeschwindigkeit (L. G.), wo Induktionsperioden der Ausscheidung beobachtet werden können. Es zeigt sich, daß die Induktionsperiode bei gegebener Übersättigung um so länger ausfällt, je kleiner das Verhältnis K.G. : L.G. ist. Bei einwertigen Salzen (ohne Induktionsperiode) ist dieser Quotient bei gleichen Oberflächen und Temperaturen gerade etwa = 1. Sehr wesentlich ist ferner, daß die Induktionsperioden durch die gleichen Faktoren verlängert werden können, welche auch die K.G. verringern; als solche Faktoren wirken

kolloide Medien wie Gelatine und Agar-Agar, ferner adsorbierte Farbstoffe. Die Induktionsperioden lassen sich in ihrer Entstehung leicht aus den besprochenen Verhältnissen erklären.

Der Typus der Ausscheidungskurve der Salze aus übersättigten Lösungen entspricht einem autokatalytischen Reaktionsverlauf; er kommt besonders deutlich dort zum Vorschein, wo das Keimbildungsvermögen gering ist, und wo der Einfluß der kleinen K.G. gegenüber der L.G. hervortreten kann. Da das Auftreten der Induktionsperioden nur bei zwei- und höherwertigen Salzen zu beobachten ist, so müßte somit auch das Keimbildungsvermögen eine konstitutive Funktion sein. Trägt man die Abhängigkeit der Länge der Induktionsperioden von der Übersättigung so ein, daß auf den Abszissen an Stelle der Zeiten t des Eintritts der spontanen Krystallisation die Werte $\sqrt{t}$ eingetragen werden, so erhält man statt der Kurve eine gerade Linie, und es gilt in Abhängigkeit von der Übersättigung x die einfache Beziehung $x/\sqrt{t} = \text{konst.}$, welche bereits von MORSE und PIERCE, sowie von VANZETTI für die Abstände rhythmischer Schichtungen gefunden worden war. An Hand des bekannten Versuches über rhythmische Fällungen von PbJ_2 (nach NOTBOOM) zeigt nun

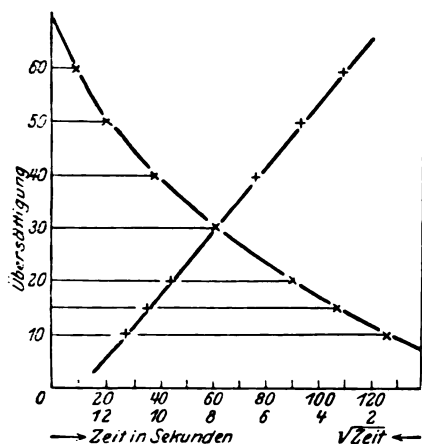


Fig. 2.

FISCHER das Zustandekommen derselben durch Diffusion; die K.G. ist bei diesem Salze groß, aber kleiner als die L.G., was sich in den kurzen Induktionsperioden bei niedrigen Übersättigungen (weniger als 2) anzeigt. Dort, wo im NOTBOOMSchen Versuch die Lösung von $\text{Pb(NO}_3)_2$ mit der von KJ in Berührung kommt, bildet sich bei den vorherstehenden Konzentrationen augenblicklich ein Niederschlag von PbJ_2 ; diffundiert nun das Nitrat weiter, so wird die Konzentration des gebildeten PbJ_2 geringer, und bei einer 2–0,25 fachen Übersättigung scheidet das Jodid sich nicht mehr momentan aus, sondern nur ein Teil durch Krystallisation auf dem bereits gebildeten festen Jodid. Da die Krystallisation langsam verläuft, so kann der Überschuß der übersättigten Lösung durch Diffusion sich aus dem Bereich des festen Jodids entfernen; wenn seine Konzentration 0,25–2 erreicht hat, so bildet sich in einer gewissen Entfernung von der ersten Fällung eine neue Schicht von PbJ_2 , wonach sich der Vorgang wiederholt. Eine „metastabile Grenze“ übersättigter Lösungen braucht gar nicht mehr angenommen zu werden. Wie weit die Schichten voneinander abliegen, ist lediglich durch die Länge der Ausscheidungsperioden bedingt. Auch bei

solchen Stoffen wie die schwerlöslichen Sulfate BaSO_4 , SrSO_4 und Gips, welche bisher nicht in rhythmischer Form gefällt werden konnten, sieht diese Theorie die Möglichkeit einer solchen durchaus gegeben; in der Tat zeigen alle 3 Sulfate in wässrigen Lösungen sehr gut ausgebildete Induktionsperioden (Fig. 1b). BaSO_4 hat die kleinste, Gips die größte kubische K.G.; Analoges gilt für das Verhältnis K.G. : L.G.

Auch in 0,5proz. Gelatinelösung zeigt sich bei Leitfähigkeitsmessungen der gleiche Typus der Ausscheidungskurven wie in rein wässrigen Systemen, nur werden die Induktionsperioden länger, und bei niedrigen Übersättigungen werden diese sogar unendlich, d. h. es bleibt die plötzliche Fällung aus. Die Gelatine vermindert also die kubische K.G., und schließlich kann bei niedrigen Übersättigungen sogar eine stabile übersättigte Lösung bestehen bleiben. Bei Agar-Agar in 0,2proz. Lösung ist die Wirkung noch auffallend stärker. Durch einfache Diffusionsversuche in Röhrchen findet FISCHER sogar für BaSO_4 und SrSO_4 die Bedingungen für rhythmische Fällungen heraus, nur sind wegen der geringen ausgefällten Mengen naturgemäß die Schichtungen recht dünn ausgebildet. Bemerkenswert ist, daß auch das rhythmisch ausgefällte BaSO_4 und SrSO_4 sofort nach der Fällung deutlich *krystallin* entwickelt war, *keineswegs aber flockig-kolloidal*. Auch die Gelatine behindert keineswegs die Diffusion oder die Krystallisation. Außer den genannten Gelen wirken auch Farbstoffe ein; FISCHER untersuchte z. B. eingehend die stark die Induktionsperioden verlängernde Wirkung von Erythrosin und Naphtholgrün auf BaSO_4 und SrSO_4 ; besonders SrSO_4 wird in ungewöhnlich schönen Schichtungen ausgefällt, deren Dicke mit der Entfernung vom Diffusionsanfang linsenförmig zunahm. Fügt man Erythrosin aber zur Gelatine, so wird die letztere stark angefärbt, und der Farbstoff wirkt alsdann nicht mehr auf das Salz ein; bei Agar-Agar findet eine solche Anfärbung nicht statt. Jedenfalls aber lassen sich in kolloiden Medien durch Farbstoffe stabile, äußerst stark übersättigte (bis 70 fach) Lösungen herstellen, welche zweifellos *echte krystalline Lösungen*, *keine kolloid-dispersen* darstellen. Selbst bei Salzen wie AgCl , TiCl usw. lassen sich unter solchen Umständen deutliche rhythmische Fällungen herbeiführen, weil alsdann die K.G. sehr stark erniedrigt wird und eine kurze Induktionsperiode sich einstellt.

Betreffs der experimentellen Einzelheiten sei auf den wundervoll reichhaltigen Versuchsteil der Originalarbeit hingewiesen.

The system sodium nitrate-sodium sulphate-water, and the minerals Darapskite and Nitroglauberite. (H. W. FOOTE, Americ. Journ. of science [5] 9, 441–447. 1925.) MASSINK (Zeitschr. f. phys. Chem. 92, 304. 1918), hatte in dem gleichen System neben dem Doppelsalz $\text{NaNO}_3 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (*Darapskit*) angeblich noch die merkwürdigen Doppelsalze $3 \text{NaNO}_3 \cdot 4 \text{Na}_2\text{SO}_4$ und $3 \text{NaNO}_3 \cdot 2 \text{Na}_2\text{SO}_4$ gefunden. In der vorliegenden Arbeit wird gezeigt, daß nur der Darapskit eine wohl definierte Krystallart ist. Die Salzgleichgewichte bestimmte Verfasser unter Kontrolle der Zusammensetzung mit Hilfe der Restmethode nach SCHREINEMAKERS für die Temperaturen 0°, 25° und 35° in vollständigen Schnitten des Raumdiagramms; außerdem wurde der Übergangspunkt O für die Gleichgewichte zwischen dem Doppelsalz und den Einzelsalzen bei 13,5° genau festgelegt. Der Übergangspunkt O' für das Gleichgewicht zwischen Glaubersalz und Thenardit im Gleichgewicht mit dem Doppelsalz ergab sich zu 24,5° im Mittel. Die Zusammensetzung der Gleichgewichtslösungen zeigt die untenstehende Tabelle.

In dem Diagramm, Fig. 1, geben die gestrichelten Linien die Isothermen für 25° und 35° an; man erkennt die beiden Übergangspunkte O und O', ferner den Übergangspunkt C zwischen reinem Glaubersalz und Thenardit. Es fand sich nicht die geringste Andeutung für die von MASSINK angenommenen beiden anderen Doppelsalze, und seine Beobachtungen enthalten offenbar ungenügende Beweise für die Existenz jener Verbindungen.

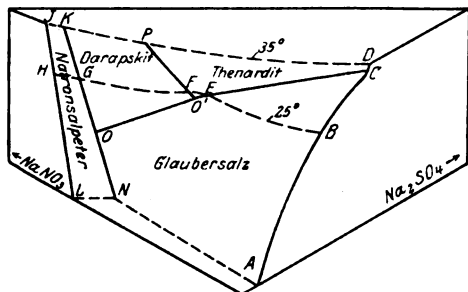


Fig. 1.

Der Darapskit ist in erheblichen Mengen in Chile natürlich gebildet; nach dem gegebenen Raumdiagramm muß derselbe jedenfalls oberhalb 13,5° gebildet worden sein. Es ist aus der starken Neigung der Kurve O', P gegen die Kurve OGK anzunehmen, daß vielleicht bei ungefähr 50° wiederum ein Quintupelpunkt gelegen sein müsse, oberhalb desselben der Darapskit auch nicht existenzfähig ist. Auch ist wesentlich, daß der Darapskit inkongruent sich im Wasser auflöst (Carnallittypus), d. h. unter Abscheidung von Glaubersalz bzw. Thenardit. Das angebliche Mineral Nitroglauberit, $6\text{NaNO}_3 \cdot 2\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, existiert nicht, sondern ist ein Gemenge von Natronsalpeter und Darapskit.

Punkte in Fig. 1	t = 0°; Sättigung an	Gleichgewichtslösung ¹⁾
		% Na ₂ SO ₄ ; % NaNO ₃
A	Na ₂ SO ₄ · 10 H ₂ O	4,5 —
L	NaNO ₃	— 42,2
N	Na ₂ SO ₄ · 10 H ₂ O + NaNO ₃	4,61 38,01
	t = 25°; Sättigung an	
B	Na ₂ SO ₄ · 10 H ₂ O	21,75 —
H	NaNO ₃	— 48,10
E	Na ₂ SO ₄ + Na ₂ SO ₄ · 10 H ₂ O	15,22 24,5
F	Na ₂ SO ₄ + NaNO ₃ · Na ₂ SO ₄ · H ₂ O	13,9 26,3
G	NaNO ₃ + NaNO ₃ · Na ₂ SO ₄ · H ₂ O	3,0 45,47
	t = 35°; Sättigung an	
D	Na ₂ SO ₄	33,10 —
J	NaNO ₃	— 50,22
K	NaNO ₃ + NaNO ₃ · Na ₂ SO ₄ · H ₂ O	2,5 48,2
P	Na ₂ SO ₄ + NaNO ₃ · Na ₂ SO ₄ · H ₂ O	8,85 34,1
	t = 13,5°; Sättigung an	
O	NaNO ₃ + NaNO ₃ · Na ₂ SO ₄ · H ₂ O + Na ₂ SO ₄ · 10 H ₂ O	4,1 41,6
	t = 24,5°; Sättigung an	
O'	Na ₂ SO ₄ + NaNO ₃ · Na ₂ SO ₄ · H ₂ O + Na ₂ SO ₄ · 10 H ₂ O	14,2 25,9
Ausscheidungsfelder Krystallart		
A B C E O' O N	Na ₂ SO ₄ · 10 H ₂ O	
D C E O' F P	Na ₂ SO ₄	
P F O' O G K	NaNO ₃ · Na ₂ SO ₄ · H ₂ O	
L N O G K J H	NaNO ₃	

Über die Gitterenergien von Ammoniakaten. (W. BILTZ und H. G. GRIMM, Zeitschr. f. anorg. Chem. 145, 63–87. 1925.) Die Bildung von Salzammoniakaten kann man sich so geleitet denken, daß zunächst das Krystallgitter des Salzes unter Aufwendung einer Auf-

¹⁾ Hier Mittel aus den Bestimmungen in der Originalarbeit angeführt. E.

weitungarbeit so weit gedehnt wird, wie es im Ammoniakat erscheint; und daß zweitens Ammoniak unter Freimachung einer Anlagerungsarbeit in das gedehnte Gitter eingelagert wird. Es entspricht dieses Verfahren dem von FAJANS („Die Naturwissenschaften“ 9, 729. 1921) beschrittenen Wege der Zerlegung von Lösungs- und Ionisierungsvorgängen. Die Gesamtbildungswärme des Ammoniakates stellt sich dann dar als die Summe der Anlagerungsarbeiten bei Einlagerung von Ammoniak, vermindert um die Summe der aufgewandten Aufweitungsarbeiten. Mit Hilfe eines erweiterten BORNschen Kreisprozesses läßt sich dann aus den Versuchsdaten die Gitterenergie derjenigen Ammoniakate berechnen, bei welchen die Gitterenergie U des ammoniakfreien Salzes bekannt ist. Die Gitterenergie U' eines Ammoniakates ist dabei gegeben durch die Wärmemenge, welche beim Zusammentreten gasförmigen Ammoniaks mit den isolierten Gasionen eines Salzes zum festen Ammoniakat frei wird (Kap. 1). Der Vergleich dieser Gitterenergien gibt zu besonderen Schlüssen Veranlassung, wenn es sich um Reihen von Salzen handelt, die früher (W. BILTZ, Zeitschr. f. anorg. Chem.

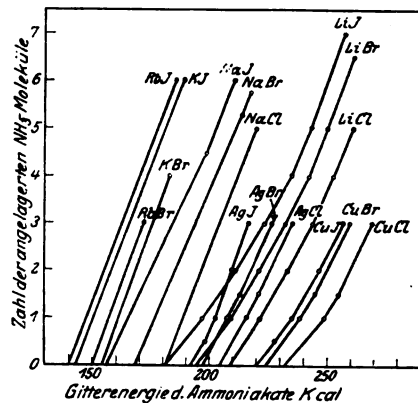


Fig. 1.

130, 129. 1923) infolge des entgegengesetzten Ganges ihrer „Teilbildungswärmen“ als „normal“ oder „invers“ bezeichnet wurden (Kap. 2; als Teilbildungswärme wird die bei der Anlagerung des ersten bis m-ten Mols Ammoniak beobachtete Wärmemenge bezeichnet). Ferner wird auf einen Versuch von K. FAJANS eingegangen, diese Verhältnisse durch Berücksichtigung des Einflusses der Deformation der Elektronenhüllen auf den Gang der Gitterenergien der reinen Salze zu deuten. Der letzte Abschnitt (Kap. 3) bringt einen ausgezeichneten Versuch, mit Hilfe der Krystallgittertheorie von M. BORN und A. LANDÉ in einigen Fällen durch Näherungsrechnung die absoluten Werte der Aufweitungsarbeiten und Anlagerungsarbeiten (s. oben) zu bestimmen.

Im einzelnen enthält die vorliegende Arbeit eine Fülle der interessantesten und theoretisch bedeutsamsten Resultate, von denen hier nur folgende hervorgehoben werden können. Die Teilbildungswärme ist gleich der Differenz zwischen der Gitterenergie des Ammoniakates und des ammoniakfreien Salzes; man kann also aus den von BILTZ gemessenen Teilbildungswärmen und den von GRIMM mit Hilfe des BORNschen Kreisprozesses berechneten U-Werten die Gitterenergie der Ammoniakate bestimmen. Graphische Darstellungen mit den Gitterenergien als Abscissen und der Zahl der angelagerten Ammoniakmoleküle als Ordinaten (Fig. 1 u. 2) veranschaulichen die Zugehörigkeit von

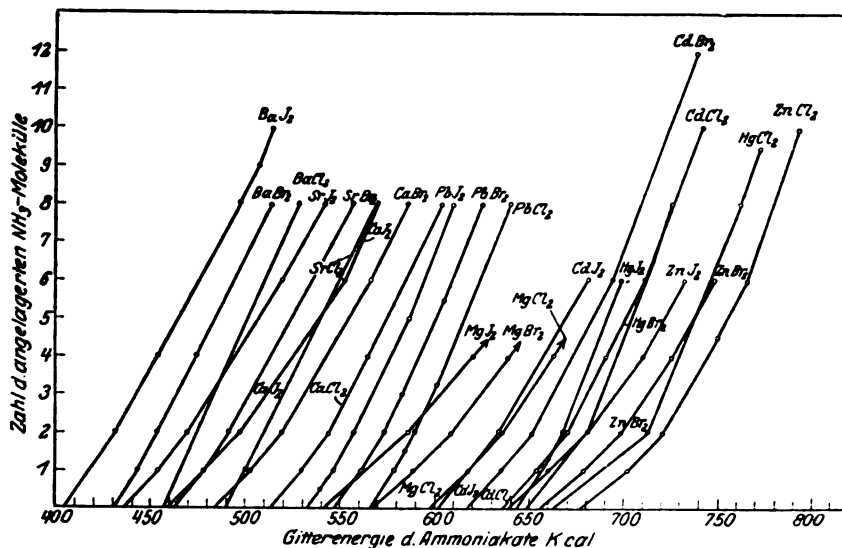


Fig. 2.

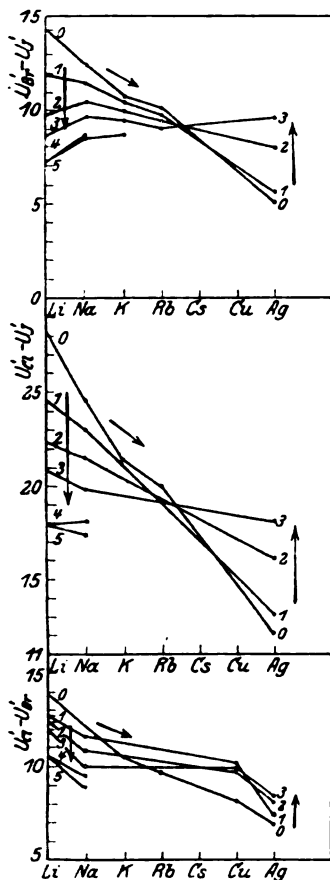


Fig. 3.

Nebervalenzzahl und Energiegröße. Ferner erkennt man, daß die Gitterenergien von Ammoniakaten mit der gleichen Anzahl addierter Ammoniakmoleküle mit steigendem Radius sowohl des Kations wie des Anions

fallen, wenn die verglichenen Ionen die gleiche Zahl von Außenelektronen besitzen. Die Gitterenergien der Ammoniakate von Salzen, deren Kationen 18 bzw. 20 Außenelektronen haben, sind höher als die der entsprechenden Ammoniakate mit den Kationen derselben Periode des periodischen Systems, die 8 Außenelektronen haben. Die Gitterenergien der verschiedenen Ammoniakate des gleichen Salzes steigen mit der Zahl der angelagerten NH_3 -Moleküle. Der Zuwachs der Gitterenergien für je 1 Mol NH_3 nimmt mit der Zahl der schon angelagerten Ammoniakmoleküle ab. Der letztere Satz ist eine interessante neue Fassung des BILTZschen „Valenzenergiesatzes“, nach welchem bei der Vereinigung von NH_3 mit Salzen verschiedenen Sättigungsvermögens die Wärmeentwicklung um so kleiner ist, je weiter die Absättigung vorgeschritten ist. BILTZ hat diesen Vorgang schon 1909 so verständlich gemacht, daß er die Addition mehrerer Liganden an ein Zentralatom mit der Aufladung eines Kondensators in Analogie setzte; in neuerer Auffassungsweise findet eine Anlagerung von Dipolen an ein geladenes Ion statt, so daß die Energieabgabe mit wachsender Zahl der NH_3 -Dipole durch die Abstoßungskräfte zwischen ihnen abnehmen muß. Die Differenzen zwischen den Gitterenergien der Ammoniakate mit gleicher NH_3 -Zahl vom selben Kation und mit 2 verschiedenen Halogenionen fallen mit steigender Zahl eingelagerter NH_3 -Moleküle, wenn das Kation 8 Außenelektronen hat; sie steigen dagegen, wenn das Kation 18 oder 20 Außenelektronen besitzt (Fig. 3). Es entspricht dies der von BILTZ festgestellten Regel, daß bei den Ammoniakaten von Salzen mit Kationen der *Hauptreihen* des periodischen Systems die Teilbildungswärmen von Chloriden zu Jodiden *zunehmen* („normale“ Reihen), dagegen bei Salzen mit Kationen der *Nebenreihen* *abnehmen* („inverse“ Reihen). Je vollständiger die an sich verschiedenen Zentralatome von einer Ammoniakhülle umschlossen sind, um so geringer werden auch die Unterschiede zwischen den Kationen; es entspricht dies der bekannten Tatsache, daß z. B. in den Hexamminen von Co^{III} und Cr die Individualität des Zentralatoms derartig maskiert ist, daß der Komplex schon zertrümmert werden muß, wenn man den Unterschied der Metalle analytisch er-

kennen will. Ähnliche Beziehungen sind übrigens auch zu erwarten, wenn statt NH_3 andere Dipolmoleküle wie H_2O , HCl usw. angelagert werden. Die Veränderlichkeit der Beständigkeit der Ammoniakate mit variierendem Anion wird in erster Linie bestimmt durch die Variation der Gitterenergien der reinen Salze bei Wechsel des Anions. Auch sind im Sinne der Vorstellungen von FAJANS keineswegs bei Berechnung der Gitterenergien neben der COULOMBSchen Anziehung die Deformationsenergien zu vernachlässigen, besonders z. B. bei den Silberhalogeniden.

Von hohem Interesse sind die Ansätze und Berechnungen von GRIMM, der mittelst der BORNSchen Gittertheorie die Aufweitungsarbeit bestimmte, die nötig ist, um das Gitter des ammoniakfreien Salzes auf das Volum

Die magnetischen Eigenschaften der Nickel-Eisenlegierungen, nach M. PESCHARD, Sur l'aimantation des ferronickels (Propriétés thermomagnétiques). (Cpt. rend. 180, S. 1475–1478. 1925; vgl. auch R. VOGEL, Zeitschr. f. anorg. Chem. 142, S. 193–228. 1925; Bericht dieser Zeitschrift H. 30, S. 668.) Es werden die für die Meteoritenstruktur so wichtigen Verhältnisse der magnetischen Umwandlungen im System Fe-Ni untersucht, und es ergibt sich, daß die Legierungen mit 34,4% Ni und mehr völlig umkehrbar sind, d. h. ihr Ferromagnetismus verschwindet und kehrt zurück in den CURIESchen Punkten. Legierungen mit weniger als 34,4% Ni (entsprechend der Verbindung Fe_3Ni , nach GUILLAUME, WEISS, FOEX und CHEVENARD) sind irreversibel. Solche Legierungen erfahren beim Übergang

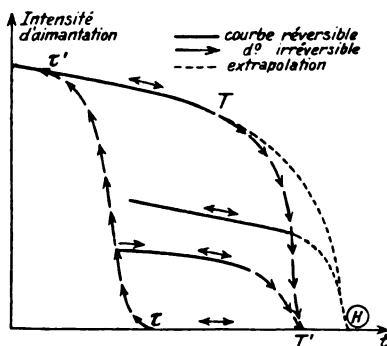


Fig. 1.

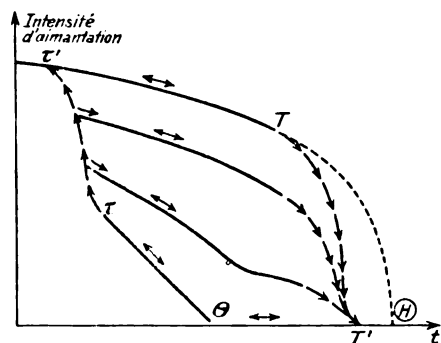


Fig. 2.

Die thermomagnetischen Eigenschaften der Nickel-Eisen-Legierungen.

des Ammoniakates auszuweiten (unter der Voraussetzung, daß im Gitter des letzteren Anion und Kation wie im Gitter des ursprünglichen Salzes angeordnet seien). Es ergibt sich die bemerkenswerte Tatsache, daß in Gittern, die auf ein Mehrfaches des normalen Volumens gedehnt worden sind, die Abstoßungspotentiale sich kaum noch bemerkbar machen, es also nur noch auf die COULOMBSche Anziehung ankommt. Es läßt sich dann z. B. für $\text{KJ} \cdot 6 \text{NH}_3$ die Anlagerungsarbeit pro Mol NH_3 etwa zu 14 kcal überschlägig berechnen, bei Hexaminen der Erdalkalimetallionen etwa auf das Doppelte bestimmen. Interessant ist die Tatsache, daß für ein Hexammincalciumfluorid sich aus der Rechnung eine negative Bildungswärme ergibt. In der Tat waren Versuche von W. BLTZ und E. RAHLFS, an Fluorcalcium Ammoniak anzulagern, erfolglos. Das kleine Molekularvolumen und die hohe Gitterenergie des Flußspates bedingt eine große Aufweitungsarbeit.

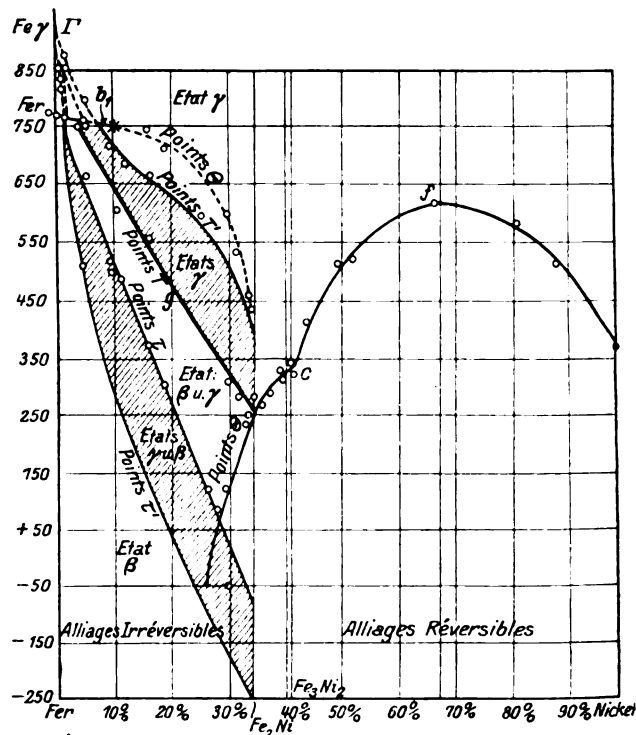


Fig. 3.

von $\gamma \rightarrow \beta$ eine starke Magnetisierbarkeit; erhitzt man sie wieder, so geht die Umwandlung $\beta \rightarrow \gamma$ in einem Intervall vor sich, in welchem von einer bestimmten Temperatur T ab (Fig. 1) die Magnetisierbarkeit eine irreversible Kurve durchläuft, bis sie praktisch bei einer bestimmten Temperatur T' ganz verschwindet. Bei der Abkühlung erscheint die Magnetisierbarkeit wiederum bei einer tiefer gelegenen Temperatur τ , und nimmt dann mit der Umwandlung $\gamma \rightarrow \beta$ rasch irreversibel wieder zu, bis von einer Temperatur τ' ab sie im Gebiet von β reversibel wird.

Ein solcher thermomagnetischer Zyklus spielt sich nur in den Fällen ab, wenn der CURIESche Punkt für das Nickelisen im Felde γ tiefer liegt als der Punkt τ ; diese Bedingung ist nicht erfüllt für Legierungen zwischen 28% Ni und Fe_3Ni . In diesem Fall ist die Wiederkehr des Ferromagnetismus zuerst reversibel auf der Kurve $\theta - \tau$ (Fig. 2), dann setzt die Umwandlung $\gamma \rightarrow \beta$ ein, und eine irreversible Kurve schließt sich an die rever-

sible an. Der CURIESCHE Punkt Θ für den Zustand β wird bei sehr Fe-reichen Legierungen auch beobachtet; es liegt alsdann Punkt T unterhalb des Punktes Θ . Im Gebiete von 2,5–5,5% Ni liegt die Umwandlung $\beta \rightarrow \gamma$ ganz oberhalb des CURIESCHEN Punktes, die Umwandlung $\gamma \rightarrow \beta$ aber unterhalb desselben. Legierungen von 0–2,5% Ni sind dagegen unter allen Umständen reversibel. In einem Zustandsdiagramm (Fig. 3) sind diese Verhältnisse zusammengefaßt; in diesem sind die Umwandlungsgebiete zwischen T' und T'' und zwischen der umgekehrten Umwandlung $\tau-\tau'$ angegeben, außerdem die Kurve der CURIESCHEN Punkte Θ der reversiblen Legierungen von Fe_2Ni ab, sowie der ganz Fe-reichen Legierungen. Es tritt bei 41% Ni ein Knickpunkt auf, welcher sehr wahrscheinlich einer Verbindung Fe_3Ni_2 entsprechen könnte, außerdem ist der Punkt für die Verbindung FeNi_2 zu ersehen.

A piezo-electric oscillograph. (C. E. WYNN-WILLIAMS, Philosop. mag. 49, 289. 1925; s. a. F. E. BEACH, Americ. Journ. of science [5] 9, 515f. 1925.) Die bisher gebräuchlichen Typen von Oscillographen, welche nach dem elektrostatischen Prinzip arbeiten, benötigen zum Betriebe hohe Spannungen; Oscillographen für niedere Spannungen werden aber bis jetzt nur mit Strom betrieben und eignen sich infolgedessen nicht für elektrostatische Untersuchungen. In dem gewöhnlich vorliegenden Fall, daß ein mechanisches System die Schwingungen ausführt, muß dieses eine hohe Eigenperiode besitzen. Damit keine Störungen vorkommen, muß diese Eigenperiode mindestens 5–10 mal größer sein als die aufzuzeichnende Frequenz. Es lag nun nahe, das umgekehrte piezoelektrische Phänomen an Krystallen zur Konstruktion eines Oscillographen zu benutzen, welcher den Vorteil bieten mußte, daß man auch bei niederen Spannungen noch elektrische Messungen anstellen könnte. Verf. untersucht die Anwendbarkeit dieses Prinzips, nach welchem ein Krystall in einem entsprechenden elektrischen Felde eine mechanische Kraft entwickelt, auf den Oscillographen. Besonders geeignet fanden sich Krystalle von Rochelsalz (Natrium-Kaliumtartrat), welche im

elektrischen Felde eine Torsion zeigen, welche auf die Ablenkung eines Lichtstrahls sich übertragen läßt. Ein nach diesem Prinzip konstruierter Oscillograph ist durch seinen hohen Widerstand und seine hohe Impedanz bei entsprechend kleiner Kapazität zu elektrostatischen Messungen wohl geeignet, besonders im Gebiet von etwa 200–1000 Volt. Die Eigenfrequenz liegt bei etwa 3000 in der Sekunde, so daß sich Schwingungen im Gebiet von 0–600 vor allen Dingen verfolgen lassen. Das einfache und handliche Instrument ist natürlich nur für diese verhältnismäßig niederen Frequenzen geeignet.

The mineralogical phase rule. (N. L. BOWEN, Journ. Washington Acad. sciences 15, 280–284. 1925.) Die von V. M. GOLDSCHMIDT (1911) ausgesprochene Regel, daß die maximale Zahl fester Mineralien im stabilen Gleichgewicht untereinander gleich ist der Anzahl der Komponenten, die in den Mineralien enthalten sind, ist zweifellos als Leitprinzip für die Petrologie von großem Werte. Sie muß aber mit Vorsicht angewandt werden, wenn in polynären Systemen eine Beschränkung der Komponentenzahl durch Isomorphiebeziehungen mehrerer unter diesen vorgenommen wird, besonders wenn nicht eine lückenlose Mischkrystallreihe besteht. Verf. zeigt dies am Beispiel des Systems Nephelin-Anorthit und dem petrographisch noch häufigeren Fall des Zusammenvorkommens von Augiten und Hornblenden in Systemen mit zuviel Krystallarten. Derartige Fälle hat man oft einem mangelnden Gleichgewicht zugeschrieben, wobei eine Krystallart ein „instabiles Relikt“ (ESKOLA 1920) darstelle. In solchen Fällen zeigte sich aber, daß man zu wenige Komponenten berücksichtigt hatte. Ähnliche Schwierigkeiten bestehen z. B. auch in der von TILLEY (Geol. mag. 60, 101. 1923) beobachteten Paragenese von Spinell, Sillimanit, Korund und Cordierit; sie ist auch im Gleichgewicht zu erwarten, wenn man sie auf das quaternäre System $\text{MgO}-\text{FeO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ bezieht. Vgl. auch TILLEY, Quart. Journ. geol. soc. 80, 68 f. 1924.

W. EITEL.

Astronomische Mitteilungen.

Eine neue Bestimmung der Sonnenparallaxe wurde während der letzten Marsopposition 1924 an der Kapsternwarte ausgeführt, worüber S. JONES und J. HALM in den Monthly Notices 85, 832 ff. berichten. Trotz der vielen Messungsreihen, die im Laufe der Jahrzehnte angestellt worden sind, diese fundamentale astronomische Konstante nach teilweise prinzipiell verschiedenen Methoden zu bestimmen, können wir ihren Wert noch nicht auf ein Hundertstel Sekunde verbürgen. Von dem heute allgemein angenommenen Wert $\pi = 8''80$ wissen wir nur soviel, daß er der Wahrheit wohl schon sehr nahe liegt, aber verschiedene neuere Beobachtungsreihen deuten auf einen um 1 bis 2 Hundertstel Sekunde größeren Wert hin, und bei der fundamentalen Rolle, welche die Sonnenparallaxe in der Astronomie spielt, ist jede neue Messungsreihe wertvoll, von der man annehmen kann, daß sie frei ist von systematischen Fehlern.

Wegen der großen Annäherung des Mars an die Erde während der Opposition im Jahre 1924, bei welcher die Horizontalparallaxe des Planeten bis auf 23''6 anwuchs, wurde auf der Kapsternwarte der Versuch gemacht, die Sonnenparallaxe aus Marsbeobach-

tungen zu bestimmen. Wegen seiner roten Farbe und seiner großen Scheibe, die zur Zeit der Opposition 25'' Durchmesser hatte, ist Mars kein günstiges Objekt für Präzisionsmessungen ersten Ranges, wie sie für die Bestimmung der Sonnenparallaxe notwendig sind, und alle früheren Beobachtungsreihen an Meridiankreisen hatten auch wegen der chromatischen Dispersion der Atmosphäre, welche bedingt, daß der rotgefärbte Planet in einer zu großen Zenitdistanz gesehen wird, übereinstimmend einen zu großen Wert der Sonnenparallaxe ergeben. Um ein Urteil über die Brauchbarkeit des Mars für diese Messungen zu erhalten, wurden am Kap gleichzeitig zwei voneinander völlig unabhängige Messungsreihen ausgeführt, von denen die eine aus photographischen Aufnahmen mit dem Himmelskartenrefraktor, die andere aus visuellen Beobachtungen mit den Heliometer bestand. Beide Beobachtungsreihen erstreckten sich auf korrespondierende Abend- und Morgenbeobachtungen des Planeten in günstigen Stundenwinkeln zwischen $3\frac{1}{2}$ und $4\frac{1}{2}$ Stunden östlich oder westlich vom Meridian. Bei beiden Reihen wurde das Hauptaugenmerk auf die Ausmerzung der die Messungen entstellenden systematischen Fehler per-

sönlicher oder instrumenteller Natur gerichtet, soweit wir bisher Einblick in ihre Entstehung haben.

Bei den photographischen Aufnahmen gelangte ein Farbfilter zur Verwendung, das nahe vor der Platte vor einem schnell rotierenden Sektor montiert war, durch den das Planetenbild so weit abgeschwächt werden konnte, daß in 40 Sekunden gut geschwärzte Bilder erzeugt wurden. Das Filter war durchlässig für Strahlen der Wellenlängen zwischen $\lambda 425 \mu\mu$ und $\lambda 453 \mu\mu$, so daß die auf die Platte wirkenden Strahlen für den Planeten im Durchschnitt etwa dieselben waren wie für die ohne Filter aufgenommenen Vergleichsterne. Dadurch wurde ein Fehler infolge der verschiedenen Dispersion des Lichtes des Planeten und der Vergleichsterne weitgehend vermindert. Die Morgenplatten wurden durch das Glas hindurch aufgenommen, während die Abendplatten mit der Schichtseite nach dem Objektiv exponiert wurden. Auf diese Weise war es möglich, die beiden Plattenserien in streng differentieller Weise gegeneinander auszumessen, indem eine Abendplatte und die darauf folgende Morgenplatte, Schicht auf Schicht gelegt, zusammen im Meßapparat gemessen wurden. Durch Aufnahmen einer Standardgegend auf eine jede Platte wurde die Möglichkeit geschaffen, den Skalenwert unter strenger Kontrolle zu halten. Die Reduktion der mit der größten Umsicht ausgeführten Messungen der 189 erhaltenen Platten führt für die Sonnenparallaxe zu dem Werte $\pi = 8''.809 \pm 0''.005$, von dem angenommen werden kann, daß er von systematischen Fehlern weitgehend frei ist.

In auffallendem Widerspruch zu dieser photographischen Beobachtungsreihe stehen die Heliometermessungen. Bei ihnen wurde der Planet an insgesamt 15 Sterne angeschlossen, die in bezug auf Helligkeit und Lage zur Marsbahn als Vergleichsterne in Frage kamen. Bei den Messungen wurden die Sterne auf die Mitte der Planetenscheibe eingestellt, wobei zur Vermeidung von systematischen persönlichen Fehlern bei der Mittenschätzung die Einstellungen unter Verwendung eines Reversionsprismas vor dem Okular vorgenommen wurden, und Fehler in der Justierung des Objectives durch Beobachtungen in entgegengesetzten Stellungen der Objektivhälften und des Positionskreises eliminiert wurden. Da die Helligkeiten der Vergleichsterne zwischen $5^m.7$ und $8^m.1$ lagen, war es nötig, das Bild des Planeten so weit abzublenden, daß der Vergleichssterne auf der Planetenscheibe noch deutlich erkannt werden konnte, wozu drei verschieden dichte Gazegitter zur Verwendung kamen. An den Beobachtungen nahmen 3 Beobachter teil, JONES, HALM und WILKIN. Im ganzen wurden an 42 Abenden 108 Messungen und an 31 Morgen 82 Messungen von Positionswinkeln und Distanzen zwischen Planet und Vergleichssterne erhalten. Zur Kontrolle der Instrumentalkonstanten wurde regelmäßig der Bogen zwischen zwei Standardsternen gemessen.

Die Reduktion dieser Heliometerbeobachtungen führt nun überraschenderweise zu dem auffallend kleinen Wert der Sonnenparallaxe $\pi = 8''.758 \pm 0''.011$, der ohne Frage viel zu klein ist, aber der von GILL 1877 ebenfalls aus Heliometermessungen des Mars gefundenen Sonnenparallaxe $\pi = 8''.78$ nahekommt. Das

Überraschende beider Reihen liegt darin, daß beide einen zu kleinen Wert für π liefern, während man von vornherein infolge der roten Farbe des Mars einen zu großen Wert erwarten sollte. Beide Heliometerreihen müssen also durch systematische Fehler stark entstellt sein, und in der Aufdeckung dieser Fehlerquelle liegt die Bedeutung der neuen Kapreihe.

Die Vergleichung der Endresultate der 3 Beobachter läßt große Differenzen erkennen. HALM findet aus seinen Messungen $\pi = 8''.70$, für JONES folgt $\pi = 8''.77$ und für WILKIN $\pi = 8''.81$, so daß also Fehler persönlicher Natur vorhanden zu sein scheinen. Die Diskussion der Beobachtungen zeigt nun, daß als *einzigste Fehlerquelle die Verwendung des Gazegitters* zur Abblendung des Planetenbildes in Frage kommen kann. HALM bevorzugte bei seinen Messungen das dichteste Gitter, während WILKIN möglichst wenig abblendete und JONES je nach den Umständen irgendeines der drei Gitter benutzte. In der verschieden starken Abblendung des Planeten ist nun die Fehlerquelle zu sehen, welche die Heliometerbeobachtungen systematisch verfälscht, denn wegen der chromatischen Dispersion in der Atmosphäre wird das Auge eines Beobachters infolge des PURKINJE-Phänomens bei geringerer Helligkeit des Planetenbildes empfindlicher für den blauen Teil als für den roten, und man verlegt daher den Planeten in eine zu kleine Zenitdistanz, wodurch man eine zu kleine Sonnenparallaxe erhält, wie es bei HALM der Fall ist, der vorzugsweise die stärkste Abblendung vornahm.

Die Heliometerbeobachtungen am Kap haben somit den sehr wichtigen Nachweis geliefert, daß, entgegen der bisher bestehenden Ansicht, durch die Verwendung von Gazegittern zur Abblendung heller rötlicher Objekte die Messungen in systematischer Weise verfälscht werden, und daß speziell eine Bestimmung der Sonnenparallaxe aus Heliometerbeobachtungen des Mars unmöglich ist. Günstigere Resultate sind aus der Beobachtung geeigneter kleiner Planeten zu erwarten, von denen vor allem Eros zu erwähnen ist, der 1930/31 in ganz außerordentlich günstige Stellung zur Erde gelangt und für dessen Beobachtung zur Bestimmung der Sonnenparallaxe schon jetzt umfangreiche Vorbereitungen getroffen werden. Wenngleich die kleinen Planeten auch nicht so abnorm rot gefärbt sind wie Mars, wird man die Erfahrungen, welche man bei der vorjährigen Marsopposition am Kap gemacht hat, bei den kommenden Erosbeobachtungen nicht außer acht lassen, um die Messungen möglichst frei von systematischen Fehlern der besprochenen Art zu erhalten.

Es sind aber nicht nur Heliometerbeobachtungen, bei denen Gazegitter zur Abschwächung der Helligkeit zur Verwendung kommen, auch bei Meridiankreisbeobachtungen verwendet man sie zur Elimination der Helligkeitsgleichung. Auch hier wird man bei den Deklinationsbeobachtungen heller, roter Sterne, wie α Orionis und α Scorpii, vorsichtig sein müssen, wenn man systematische Fehler persönlicher Natur vermeiden will, die ihren Ursprung in der chromatischen Dispersion des Lichtes haben.

OTTO KOHL.



RÖNTGEN-ZAHNAUFNAHME

hergestellt auf einfach begossenem

„Agfa“-Röntgen-Zahnfilm

Glasklar, reiche Kontraste, neuartige saubere Packung

BERLIN



SO 36

Leitz

monokulare und binokulare

Mikroskope

mit Leitz-Optik

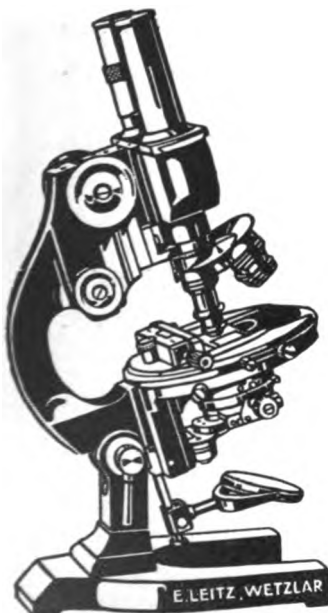
Nebenapparate für alle Untersuchungen
Dunkelfeldkondensoren höchster Apertur

Mikrotome

Taschenlupen, binokulare Präparierlupen

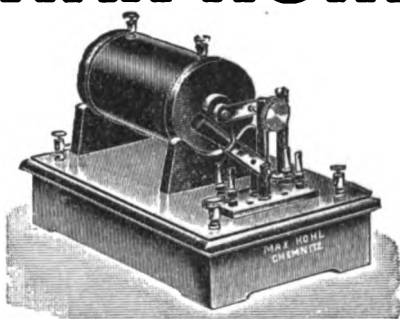
Liste: MIKRO 452 kostenfrei

Ernst Leitz / optische Werke / Wetzlar



MAX KOHL A.G. CHEMHITZ 6

Seit 1876 bestehend



Funkeninduktor mit Platinunterbrecher,
Kondensator und Rhumkorfischem
Kommulator

Physikalische Apparate
Einrichtung von Hörsälen
Experimentier-Schalttafeln
Luftpumpen für Laboratorien
Funkeninduktoren

Listen, Kostenanschläge, Beschreibungen usw. auf Wunsch
(886)

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Einführung in die Geophysik. Von Professor Dr. **A. Prey**, Prag,
Professor Dr. **C. Mainka**, Göttingen, Professor Dr. **E. Tams**, Hamburg.
348 Seiten mit 82 Textabbildungen. 1922. 12 R.M.

(4. Band der Naturwissenschaftlichen Monographien und Lehrbücher,
herausgegeben von der Schriftleitung der „Naturwissenschaften“)

Die Bezieher der „Naturwissenschaften“ erhalten die Monographien zu einem
dem Ladenpreise gegenüber um 10% ermäßigten Vorzugspreis.

Ⓜ **Dynamische Meteorologie.** Von **Felix M. Exner**, o. ö. Pro-
fessor der Physik der Erde an der Universität Wien und Direktor der Zentral-
anstalt für Meteorologie und Geodynamik. Zweite, stark erweiterte Auflage.
429 Seiten mit 104 Figuren im Text. 1925.

In Ganzleinen gebunden 24 R.M.

Isostasie und Schweremessung. Ihre Bedeutung für geologische
Vorgänge. Von Dr. **A. Born**, a. o. Professor der Geologie an der Universität
Frankfurt a. M. 164 Seiten mit 31 Abbildungen. 1923. 9 R.M.

**Die mechanischen Beweise für die Bewegung der
Erde.** Von **R. Grammel**, Professor an der Technischen Hochschule
Stuttgart. 76 Seiten mit 25 Textabbildungen. 1922. 2 R.M.

Das mit Ⓜ bezeichnete Werk ist im Verlage von Julius Springer in Wien erschienen.

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

HERAUSGEGEBEN VON
ARNOLD BERLINER

UNTER BESONDERER MITWIRKUNG VON HANS SPEMANN IN FREIBURG I. BR.

ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE

UND
ORGAN DER KAISER WILHELM-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

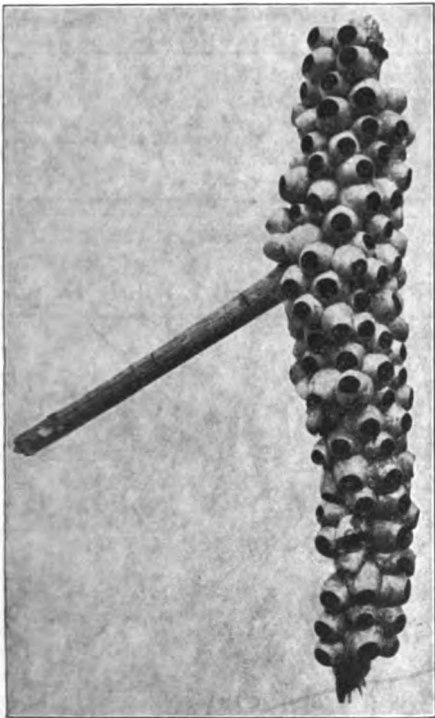
HEFT 5 (SEITE 73—88)

29. JANUAR 1926

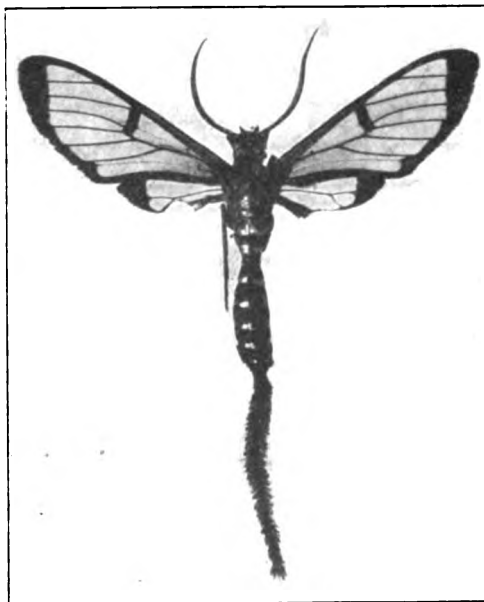
VIERZEHNTER JAHRGANG

INHALT:

Die elektrischen Wellen der drahtlosen Telegraphie. Von FRANZ KIEBITZ, Berlin-Steglitz. (Mit 5 Figuren)	73	durch den Chromosomenmechanismus? Zum Problem der Ocellenfunktion bei den Insekten. Die Wirkung extrem verdünnter Substanzen auf Paramácien	83
Über die neue Form des Massenwirkungsgesetzes für kondensierte und zweiphasige Systeme. Von RICHARD LORENZ, Frankfurt a. M.	81	CHEMISCHE MITTEILUNGEN: Nagaoka zur Frage der Umwandlung von Quecksilber in Gold. Eine neue Methode zur Entfärbung des rezenten und fossilen Chitins, sowie fossiler Zellulose. 38. Hauptversammlung des Vereins deutscher Chemiker. Über Papain-Lipase. Bemerkungen über die Beziehung zwischen Insulin und Trypsin	85
ZUSCHRIFTEN UND VORLÄUFIGE MITTEILUNGEN: Spektroskopische Untersuchung des Reaktionsleuchtens. Von K. LIALIKOV, Ekaterinoslaw, und A. TERENIN, Leningrad	83	ASTRONOMISCHE MITTEILUNGEN: Untersuchungen über die Sonnencorona	88
BIOLOGISCHE MITTEILUNGEN: Erfolgt die Geschlechtsbestimmung bei den Säugern nicht			



Tafel II Abb. 3 Massenansammlungen von Cocons einer Limacodide an einem Zweig, alle Deckel beim Schlüpfen abgesprengt.



Tafel II Abb. 4. Trichura-Art mit Caudal-Anhang.

Aus: **Biologie der Schmetterlinge.** Von Dr. **Martin Hering**, Vorsteher der Lepidopteren-Abteilung am Zoologischen Museum der Universität Berlin. 486 Seiten mit 82 Textabbildungen und 13 Tafeln. 1926. 18 R.M., geb. 19.50 R.M. Bildet Band III der „Biologischen Studienbücher“. Herausgegeben von Walther Schoenichen-Berlin.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

erscheinen in wöchentlichen Heften und können im In- und Auslande durch jede Sortimentsbuchhandlung, jede Postanstalt oder den unterzeichneten Verlag bezogen werden. Preis vierteljährlich für das In- und Ausland 7.50 Reichsmark. Hierzu tritt bei direkter Zustellung durch den Verlag das Porto bzw. beim Bezuge durch die Post die postalische Bestellgebühr. Einzelheft 0.75 Reichsmark zuzüglich Porto.

Manuskripte, Bücher usw. an

Die Naturwissenschaften, Berlin W 9, Linkstr. 23/24. erbeten.

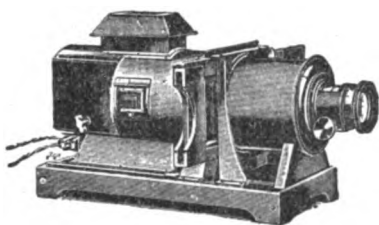
Preis der Inland-Anzeigen: $\frac{1}{2}$ Seite 150 Reichsmark; Millimeter-Zeile 0.35 Reichsmark. Zahlbar zum amtlichen Berliner Dollarkurs am Tage des Zahlungseingangs.

Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. — Bei Wiederholungen Nachlaß.

Auslands-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Klischee-Rücksendungen erfolgen zu Lasten des Inserenten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—55., Telegrammdr.: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto: — Deutsche Bank, Berlin, Depositen-Kasse C.
Postcheckkonto Nr. 118935



Sca

Projektions-Apparate Kinematographen

Preisliste kostenlos

Sca Aktiengesellschaft Dresden 120



Handwörterbuch d. Naturwissenschaften

10 Bände in Halbleder. Herabgesetzter Preis 280 M., auch in bequemen Monatsraten zu beziehen durch die Fachbuchhandlung Hermann Meusser in Berlin W 57/2, Potsdamer Str. 75.

Auch jedes andere größere Werk kann gegen erleichterte Zahlungsbedingungen geliefert werden. (347)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Der Betriebschemiker. Ein Hilfsbuch für die Praxis des chemischen Fabrikbetriebes. Von Fabrikdirektor Dr. Richard Dierbach. Dritte, teilweise umgearbeitete und ergänzte Auflage von Dr.-Ing. Bruno Waeser, Chemiker. 344 Seiten mit 117 Textfiguren. 1921. Gebunden 12 R.M.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Soeben erschien:

Chemiker-Kalender 1926

Ein Hilfsbuch für Chemiker, Physiker, Industrielle,
Mineralogen, Pharmazeuten, Hüttenmänner usw.

Begündet von

Dr. Rudolf Biedermann

Neubearbeitet von

Professor Dr. Walther Roth, Braunschweig, Technische Hochschule

47. Jahrgang — In drei Bänden

In Leinen gebunden — Preis 16.50 R.M.

Der diesjährige Kalender erscheint in drei Ganzleinenbänden (bisher zwei), von denen der erste das Taschenbuch für den Analytiker und Betriebschemiker, der zweite ein reichhaltiges Nachschlagebuch ist. Der dritte Band enthält vollkommen modernisierte, theoretische Abschnitte, so daß der Kalender ein unentbehrliches Kompendium für jeden Chemiker darstellt.

Die elektrischen Wellen der drahtlosen Telegraphie.

VON FRANZ KIEBITZ, Berlin-Steglitz.

So mannigfaltig auch die Systeme sind, deren sich die drahtlose Telegraphie seither bedient hat, so verschiedenartig die Aufgaben, die ihr gestellt worden sind, und so vielgestaltig die Mittel, die zu ihrer Lösung angewendet worden sind, in einer Hinsicht ist die Behandlungsweise drahtloser Probleme sich immer gleich geblieben, nämlich in der dramatischen Form, in der sie der Öffentlichkeit vorgetragen zu werden pflegen. Diese Darstellungsweise bekundet sich in dem Bestreben, nützlichen Verbesserungen die Bedeutung tiefgreifender Umwälzungen beizulegen, die unerwartet ein genialer Erfinder der Welt beschert hat. Diese Behandlungsweise hat einen erheblichen werbenden Wert; sie ist geeignet, weite Kreise zu interessieren; denn sie wird dem Bedürfnis der Fernstehenden gerecht, in anziehender Weise einen wenn auch flüchtigen Einblick in ein fremdes Arbeitsgebiet zu erlangen, in dem der Einheimische nur nüchterne sachliche Arbeit findet. Solange darum die dramatische Behandlungsweise sich auf echte Neuerungen beschränkt, und solange sie die sachliche Arbeit nicht stört, kann sie der Entwicklung nur zum Nutzen gedeihen, indem sie die allgemeine Aufmerksamkeit auf würdige Probleme lenkt.

Leider scheint es sich bei der dramatischen Darstellung nicht immer vermeiden zu lassen, daß Wünsche als vollendete Tatsachen erscheinen und umgekehrt, d. h. daß an Stelle noch ungelöster Probleme eine Kulisse mit Tatsachen zur Schau kommt und umgekehrt an Stelle wohl erforschter Dinge eine Kulisse mit bunten Problemen. In der Gegenwart ist es z. B. noch immer eine schwere Aufgabe, die schwachen elektrischen Ströme zu messen, die in den Empfangstationen aufgenommen werden; gleichwohl werden beständig zahlenmäßige Angaben über Empfangstärken gemacht, die zwar nicht den Wert exakter Messungen haben, aber in Ermangelung solcher große Beachtung finden; nicht selten widersprechen sie einander und beschäftigen dann die Phantasie besonders lebhaft; und die Phantasie greift Theorien aus der Luft und sogar aus der Heavisideschicht, um die vermeintlichen Tatsachen zu erklären. Solche Zustände lebhafter Erregung der Phantasie kann man mit Fieberzuständen vergleichen; sie scheinen eine unvermeidliche Begleiterscheinung starker Entwicklungen zu sein und müssen überwunden werden, indem man sich auf den sicheren Boden der exakten Erkenntnis begibt, der allein die nötige Kritik der Problemstellung ermöglicht. Die folgende Behandlung der grundsätzlichen Fragen über den Gebrauch elektrischer Wellen in der drahtlosen Telegraphie möchte einen Beitrag zu dieser Betrachtungsweise liefern; sie stellt darum

die naturwissenschaftlich-technischen Fragen in den Vordergrund mit der Absicht, die Grenzen erkennen zu lassen, die der Entwicklung, auch der wirtschaftlichen und rechtlichen, von der Natur gezogen sind.

1. Schwingungen und Wellen.

Die Funkerei verwendet periodische elektrische Vorgänge, Schwingungen und Wellen. Schwingungen finden in den Stromkreisen der Stationen statt; Wellen eilen vom Sender zum Empfänger.

Im Sender werden Schwingungen nach verschiedenen Methoden hergestellt. Teilweise verwendet man Wechselstrommaschinen; doch sind die sonst üblichen Wechselströme schon aus dem Grunde für die drahtlose Telegraphie nicht brauchbar, weil sie im Telephon hörbare Töne hervorrufen und darum alle Fernsprechanlagen stören würden, wenn man sie in der Funkerei gebrauchen wollte. Man steigert darum die Frequenz der Wechselströme über die Grenze der Hörbarkeit hinaus und gelangt so in das Gebiet der hochfrequenten Wechselströme; die Maschinen, die man zu ihrer Erzeugung gebaut hat, müssen sehr schnell umlaufen und viele Pole besitzen; eine Hochfrequenzmaschine für 10 000 Hertz (Perioden pro Sekunde) nähert sich bereits der Grenze der technischen Möglichkeiten, und man hat darum, um weiter in das Gebiet der Hochfrequenz vorzudringen, Transformatoren ersonnen, die an der Sekundärseite einen Strom von höherer Frequenz liefern, als ihnen primär zugeführt wird, sog. Frequenztransformatoren.

Die schnellsten Schwingungen, die hergestellt und nachgewiesen worden sind, wurden mit Funken erzeugt, dem ältesten Mittel, mit dem FEDDERSEN vor 70 Jahren zum ersten Male elektrische Schwingungen hergestellt hat. Der elektrische Funke vermag in allen Gebilden, die überhaupt fähig sind, Schwingungen zu führen, solche zu erregen, von der Grenze der hörbaren Töne anfangen, die bei $2 \cdot 10^4$ Hertz liegt, bis hinauf zu 10^{10} Hertz, während die Hochfrequenzmaschinen lange Zeit die Frequenz nicht über 10^6 steigern konnten und erst in den letzten Jahren bis zur Frequenz 10^8 gelangt sind.

Auch das Poulsensystem, das mit Flammenbögen arbeitet statt mit Funkenstrecken, ist im Frequenzbereich beschränkt insofern, als es Schwingungen mit höherer Frequenz als $3 \cdot 10^6$ nur schwach erregt. Dagegen ist die Methode der Schwingungserzeugung mit Elektronenröhren, die in den letzten Jahren in Aufnahme gekommen ist, geeignet, Schwingungen zu erregen, von den langsamsten anfangen bis hinauf zu etwa 10^8 Hertz.

Jeder Sender hat außer der Aufgabe, Schwingungen herzustellen, noch die Aufgabe, Wellen herzustellen. Diese werden selbsttätig von den Antennenkreisen ausgestrahlt, wenn man sie mit Schwingungen beschickt. Entsprechend diesen beiden Hauptaufgaben ist dann der Sender zu meist auch mit 2 Stromkreisen ausgerüstet, einem sog. geschlossenen Kreise, in dem Schwingungen erregt werden, und einem mit ihm gekoppelten offenen Kreise, dem Antennenkreise, der sie ausstrahlt, d. h. in Wellen verwandelt. Die Begriffe Schwingungen und Wellen werden nicht immer streng geschieden; man spricht auch von Wellen, die im Sender erregt werden, und von Schwingungen, die sich vom Sender zum Empfänger ausbreiten. Wenn man streng scheiden will, so muß man von stehenden Schwingungen sprechen, die in den Stromkreisen stattfinden, und von fortschreitenden Wellen, die sich frei von leitenden Gebilden im Raume ausbreiten.

HEINRICH HERTZ hat als erster solche freie Wellen hergestellt und die Gesetze ihrer Ausbreitung formuliert. Das HERTZsche Ausbreitungsgesetz ist außerordentlich einfach im Vergleich mit den Gesetzen, denen die Wasserwellen gehorchen. Es besagt, daß die Amplitude der elektrischen Wellen der Amplitude der Senderschwingung proportional ist; sie ist ferner um so größer, je länger der Sender im Vergleich zur Wellenlänge ist. Die Ausbreitung erfolgt unabhängig von der Amplitude und auch unabhängig von der Frequenz mit der Lichtgeschwindigkeit 300 km/sek. Während bei den Schwingungen die elektrische Kraft (gemessen durch die Spannung am Kondensator) eine Phasenverschiebung von 90° gegenüber der magnetischen Kraft (gemessen durch den Strom im Schließungskreise) aufweist, während also bei der Schwingung die eine Form der elektromagnetischen Kraft ihr Maximum hat, wenn die andere gleichzeitig verschwunden ist, so bildet bei der fortschreitenden Welle an jeder Stelle, die von ihr getroffen wird, die elektrische und die magnetische Kraft gleichzeitig einen Wellenberg oder ein Wellental.

Die konstante Ausbreitungsgeschwindigkeit verleiht dem Begriff Wellenlänge eine besondere Bedeutung. Wie bei allen Wellenvorgängen errechnen wir die Wellenlänge, indem wir die Fortpflanzungsgeschwindigkeit durch die Zahl der Schwingungen pro Sekunde dividieren. Da nun die Fortpflanzungsgeschwindigkeit von der Amplitude und von der Frequenz unabhängig ist, so charakterisiert der Begriff Wellenlänge die Welle ebenso gut wie die Begriffe Frequenz oder Schwingungsdauer. Die Wellenlängen der Funkerei sind bequem vorstellbare Größen (zwischen 100 m und einigen Kilometer); dagegen sind Zahlenwerte der Frequenzen unbequem (zwischen $3 \cdot 10^5$ und $3 \cdot 10^7$ Hertz ungefähr) und ebenso die Zahlenwerte der Schwingungsdauern (millionstel Sekunden). Darum verwendet man die Rechengröße Wellenlänge auch dort zur Charakterisierung der Periode, wo eine

Welle gar nicht auftritt, nämlich im Gebiet der eigentlichen Schwingungen.

Die Wellen der Funkerei breiten sich nun nicht im freien Raume aus, sondern in der Atmosphäre; darum ist entsprechend der von 1 etwas verschiedenen Dielektrizitätskonstanten der Luft die Fortpflanzungsgeschwindigkeit und damit auch die Wellenlänge ein wenig kleiner als im freien Raume. Die Rechengröße Wellenlänge, die wir in der Funkerei benutzen, stimmt schon darum nicht mit der wirklichen Länge der benutzten Wellen überein, sondern mit der Länge der Wellen, die auftreten würden, wenn keine Luft und auch kein Erdreich vorhanden wäre.

Sofern wir die elektromagnetischen Kraftfelder ins Auge fassen, die in der Atmosphäre, also in einem Isolator auftreten, gleichen die funkentelegraphischen Wellen den freien HERTZschen Wellen. Verfolgen wir aber den hochfrequenten Wechselstrom, den der Sender, unter Umständen mit einer Stärke von einigen hundert Ampere, in die Erde schickt, und den andererseits der Empfänger aus der Erde aufnimmt, so ist es für unsere Vorstellung bequemer, zu dem Ausbreitungsvorgang Wechselstrom zu sagen; nur haben wir jetzt keinen Wechselstrom vor uns, der wie in Kraftnetzen oder in Telegraphen- und Fernspreitleitungen linear längs eines Leiters fortschreitet, sondern mit einem, der sich flächenförmig längs der Erdoberfläche ausbreitet.

FARADAY und MAXWELL haben uns gelehrt, das Spiel der Ströme, Spannungen und Ladungen auf Leitern der Elektrizität, das wir mit technischen Meßinstrumenten so bequem zu beobachten verstehen, als Begleiterscheinungen der elektromagnetischen Vorgänge aufzufassen, die sich im umgebenden Isolator abspielen; dort ist der eigentliche Sitz der Kräfte zu suchen, die das Wesen der Vorgänge ausmachen, und so besteht vom Standpunkt der MAXWELLSchen Lehre aus kein wesentlicher Unterschied, ob wir nun die funkentelegraphischen Wellen als HERTZsche Wellen in der Atmosphäre ansprechen oder als Wechselströme in der Erde; denn die einen sind ohne die anderen gar nicht denkbar; und in der Natur geschieht nichts anderes, ob wir nun das eine oder das andere Bild zur Beschreibung des Vorganges verwenden; nur ist bei der Darstellung von Einzelheiten bald das eine, bald das andere Bild bequemer durchzuführen, je nach der Gewöhnung.

Von ihrem umfassenden Standpunkt aus läßt die MAXWELLSche Lehre auch die Lichtwellen und die HERTZschen Wellen als wesensverwandte Vorgänge erscheinen. Wenn wir darum versuchen, die hochfrequenten Wechselströme gegen die langsamen Wechselströme einerseits und gegen die optischen Wellen andererseits abzugrenzen, so finden wir in der Natur keine Grenzsteine. Nach der Seite der Wechselströme setzen wir sie willkürlich dort, wo sie anfangen, mit sinkender Frequenz hörbar zu werden. Nach der optischen Seite ist die Grenze insofern besser bestimmt, als das sichtbare Licht und die Wärmestrahlen sich mit so hohen Frequen-

zen abspielen, wie sie nur innerhalb der Moleküle vorkommen können, so daß auch der beste Feinmechaniker keine Stromkreise mehr bauen kann, in denen sie fließen können. Die schnellsten Schwingungen, die man hat herstellen und nachweisen können, hatten eine Frequenz von ungefähr 10^{11} Hertz (Schwingungen pro Sekunde) entsprechend einer Wellenlänge von 3 mm, und die langsamsten Schwingungen, die für die Funkerei in Betracht kommen, haben die Frequenz 10^6 Hertz, entsprechend einer 30 km langen Welle.

Diesen ganzen Bereich stellt uns die Natur zur Verfügung; Sache der Technik ist es, ihn in wirtschaftlicher Weise für die Nachrichtenübermittlung nutzbar zu machen. Dabei kann uns keine technische Vervollkommenung von den folgenden Aufgaben entbinden: Herstellung hochfrequenter Schwingungen im Sender, Ausstrahlung elektrischer Wellen durch den Sender, Aufnahme der elektrischen Wellen im Empfänger, Indikation der empfangenen Schwingungen. Der Vorgang der Wellenausbreitung vollzieht sich ohne unser Zutun; nur in der Richtungs Telegraphie beeinflussen wir ihn.

2. Die Schwingungskreise.

Die wichtigsten Bestandteile eines jeden Schwingungskreises sind ein Kondensator und eine Spule. Die Größe dieser beiden Bausteine bestimmt die Periode der Schwingungen, die in dem Kreise möglich sind. Das Maß für die Größe des Kondensators ist seine Kapazität C , das Maß für die Größe der Spule ist ihre Selbstinduktion L . Aus diesen beiden Größen berechnet man die Schwingungsdauer T nach der bekannten Formel von THOMSON:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{LC} \quad (1)$$

und mithin die Wellenlänge λ nach der Formel:

$$\lambda = 2\pi c \cdot \sqrt{LC}, \text{ wobei } c = 3 \cdot 10^{10} \text{ cm/sek.}^{-1}. \quad (2)$$

Gibt man dabei Kapazität und Selbstinduktion beide in technischen Einheiten an (Farad und Henry), so findet man die Schwingungsdauer in Sekunden, die Wellenlänge in Zentimetern. Häufig macht man einen anderen Gebrauch von der THOMSONschen Formel; er beruht darauf, daß man die Kapazität und die Selbstinduktion aus den geometrischen Abmessungen des Kondensators bzw. der Spule berechnen kann und aus dem dielektrischen bzw. dem magnetischen Verhalten des Isolators. Sind die Dielektrizitätskonstante und die Magnetisierungskonstante bekannt, so kann man also mit dem Maßstab allein Kapazität und Selbstinduktion ermitteln. Leider gehören die Längenmaße von Kapazität und Selbstinduktion verschiedenen Maßsystemen an; doch kann man sie in derselben Gleichung verwenden, wenn man einen Umrechnungsfaktor berücksichtigt, der die Angaben ineinander überführt; dieser Umrechnungsfaktor ist die Lichtgeschwindigkeit und erscheint als Nenner auf der rechten Seite der Gleichung (2), so daß sie jetzt lautet:

$$\lambda = 2\pi \sqrt{LC} \quad (3)$$

wobei nun Kapazität, Selbstinduktion und Wellenlänge in demselben Längenmaß (zweckmäßigerweise in Metern) ausgedrückt sind.

Der Kondensator ist aber streng genommen nicht der alleinige Sitz der elektrischen Kräfte, sondern auch in der Nähe der Spule und der Verbindungsleitungen beobachtet man elektrische Spannungen. Andererseits treten außer in der Spule auch in der Nähe des Kondensators und der Verbindungsleitungen magnetische Kräfte auf. Ferner gibt es keine vollkommenen Leiter der Elektrizität und auch keine vollkommenen Isolatoren, sondern in jedem sich selbst überlassenen Stromkreise nimmt ein einmal erregter Strom ab, und zwar außerordentlich rasch im Vergleich zu unseren Körperbewegungen, und in jedem sich selbst überlassenen materiellen Isolator nimmt ein erregtes elektrisches Feld mit der Zeit ab; dieses Verschwinden von magnetischen und elektrischen Feldern ist stets mit Wärmeentwicklung verknüpft; wir beschreiben es durch Widerstand der Leiter und durch Leitfähigkeit der Isolatoren.

Solange man mit Kondensatoren von zahlenmäßig großer Kapazität und geringer Leitfähigkeit arbeitet und mit Spulen von großer Selbstinduktion und kleinem Widerstand, beschreibt man die Periode eines Schwingungskreises mit genügender Genauigkeit, wenn man nur die Kapazität seines Kondensators und die Selbstinduktion seiner Spule in Rechnung setzt; je kleiner aber die benutzten Kondensatoren und Spulen sind, um so mehr wird es notwendig, jeden Konstruktionsteil, also auch die Verbindungsleitungen, die Anschlußklemmen, die eingeschalteten Meßinstrumente, die Elektroden und die Sockel von Elektronenröhren usw. als Spulen mit Widerstand und Kondensatoren mit Leitfähigkeit aufzufassen.

Um zahlenmäßig angeben zu können, wie groß der Einfluß der unbeabsichtigten Felder und der Widerstände auf den Schwingungsvorgang ist, empfiehlt es sich, einen Schwingungskreis zu betrachten, in dem die Kapazität aller Einzelteile in einem Kondensator C (Fig. 1) zusammengefaßt

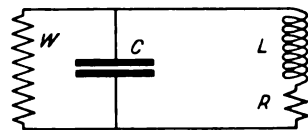


Fig. 1. Schwingungskreis, bestehend aus Kapazität, Selbstinduktion, Leitungswiderstand und Ableitungswiderstand.

ist, die Selbstinduktion aller Teile in einer Spule L , die Leitungswiderstände in einem zur Spule in Reihe liegenden Widerstand R und alle durch Leitfähigkeit der Isolatoren verursachten Verluste in einem zum Kondensator parallel liegenden Widerstand W , den man auch als Ableitungswiderstand bezeichnet.

Bei der Berechnung der Vorgänge, die in einem solchen Schwingungskreise möglich sind, treten

seine Eigenschaften C , L , R und W in 3 Kombinationen auf, die bei der analytischen Behandlung als Rechengrößen erscheinen und sämtlich die physikalische Bedeutung von bestimmten Zeitgrößen haben; es sind die Zeiten:

$$\left. \begin{aligned} t_1 &= 2\pi\sqrt{LC} \\ t_2 &= 2\frac{WC}{R} \\ t_3 &= \frac{2L}{R} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Die Zeit t_1 ist dabei die Schwingungsdauer; streng genommen wird sie durch die Zeiten t_2 und t_3 mitbestimmt, doch ist bei allen Schwingungskreisen, die im Gebiet der Hochfrequenztechnik in Frage kommen, ihr Einfluß auf die Schwingungsdauer zahlenmäßig verschwindend klein neben dem überragenden Anteil von t_1 . (Die Durchführung der einschlägigen Rechnungen habe ich kürzlich in der Zeitschr. f. Fernmeldetechn. 1925, H. 7, S. 95ff. zusammengestellt.) Die Zeiten t_2 und t_3 bestimmen die Dämpfung der Schwingungen, die darin besteht, daß die Amplituden des Stromes und der Spannung mit der Zeit abnehmen in dem Maße, wie in dem unvollkommen leitenden Schließungskreise und in dem unvollkommen isolierenden Isolator Wärme entwickelt wird. Diese Dämpfung erfolgt nach einem Exponentialgesetz, wenn Widerstand und Ableitung für jede Stromstärke und jede Spannung denselben Wert haben. Die Schwingung klingt dann in einer bestimmt angebbaren Zeit auf den *eten* Teil ihres Betrages ab (e ist die Basis der natürlichen Logarithmen = 2,72), und diese Zeit t setzt sich aus t_2 und t_3 reziprok additiv zusammen:

$$t = \frac{t_2 t_3}{t_2 + t_3} \quad (5)$$

Bei den sog. ungedämpften Systemen wird der Energieverlust, den die Schwingung durch Wärmebildung erfährt, in jeder Periode ersetzt, je nach dem System durch Hochfrequenzmaschinen, durch Flammenbögen oder durch Elektronenröhren; darum tritt keine Änderung der Schwingungsamplitude ein; sie fällt nicht mit der Zeit ab, sondern der Einfluß der Dämpfung bestimmt nur die Amplitude, auf der die Schwingung dauernd stehen bleibt, sowie die Zeit, die beim Einschalten vergeht, bis sie eingestellt ist, und beim Ausschalten, bis sie verschwindet.

Die Eigenschaften L , C , R und W des Schwingungskreises sind nicht immer konstant, d. h. unabhängig von Strom und Spannung. Am besten kann die Technik Kondensatoren mit bestimmter Kapazität herstellen; und ihre Ableitung kann für alle Belastungen zahlenmäßig klein gemacht werden. Die Spulen können unmöglich hergestellt werden, ohne daß der aufgewendete Draht einen bestimmten Betrag von OHMSchem Widerstand mit sich bringt; versucht man Eisen in die Spulen zu bringen, um mit geringerem Drahtaufwand dieselbe Selbstinduktion zu erreichen, entsprechend der hohen Magnetisierbarkeit des Eisens, so macht sich die Hysteresis als wärmeentwickelnde Eigen-

schaft bei den raschen Schwingungen in so hohem Maße geltend, daß man von Eisenspulen im allgemeinen ganz absieht. Zudem hängt die Magnetisierung eines Eisenkernes und damit die Selbstinduktion der Spule in hohem Maße von der Stromstärke ab.

In Fig. 2 ist der Verlauf des Stromes in einem durch Leitungs- und Ableitungswiderstand gedämpften Schwingungskreise graphisch dargestellt. Die Dämpfungszeit t , in der die Schwingung auf den *eten* Teil abfällt, ist der reziproke Wert des Dämpfungsfaktors. Ihre physikalische Interpretation scheint mir den Vorzug begrifflicher Anschaulichkeit zu gewähren; auch dürfte die Bedeutung der Zeiten t_2 und t_3 , aus denen sie sich zusammensetzt, nicht weniger universell sein als die der Begriffe Widerstand und Ableitung, ist doch die Zeit t_2 eine Materialeigenschaft, die für jeden

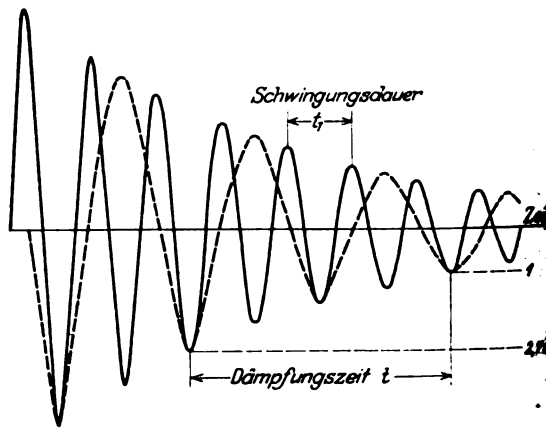


Fig. 2. Verlauf des Stromes in einem durch Leitungs- und Ableitungswiderstand gedämpften Schwingungskreise.

Stoff denselben Betrag hat, unabhängig von der Größe, die W und C einzeln haben.

Der zeitliche Verlauf des Stromes ist in üblicher Weise dargestellt, indem der Strom als Ordinate, die Zeit als Abszisse aufgetragen ist. Die Schwingungsdauer t_1 ist dann der Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Stellen gleicher Phase, wie es in der Figur für die ausgezogene Kurve kenntlich gemacht ist; die Dämpfungszeit ist der Abstand zwischen 2 Stellen gleicher Phase, in denen sich die Stromstärken wie $e : 1$ verhalten. Eine Schwingung mit gleicher Dämpfungszeit, aber doppelter Schwingungsdauer (gestrichelt gezeichnet) nimmt in jeder Periode doppelt so rasch ab, oder anders ausgedrückt: ihr Dekrement ist doppelt so groß. Die doppelte Schwingungsdauer kann man nach Gl. (4) herstellen, wenn man die Kapazität des Kondensators vervierfacht; damit die Dämpfungszeit dabei unverändert bleibt, wählt man am besten einen Kondensator, der praktisch verlustfrei ist, so daß die Dämpfungszeit mit t_3 übereinstimmt. Aus der gebräuchlichen analytischen Behandlungsweise der Schwingungsvorgänge ist im Einklang mit dieser begrifflichen Schlußweise bekannt, daß das Dekre-

ment der Wurzel aus der Kapazität unter sonst gleichen Umständen proportional ist.

Je mehr Schwingungen sich während der Dämpfungszeit abspielen, um so abstimmfähiger sind sie. Wenn die Schwingungsdauer größer als die Dämpfungszeit wird, so verliert sie rasch die Fähigkeit, Resonanzerscheinungen zu bilden.

Wenn man nach diesen Überlegungen die Schwingungskreise der drahtlosen Telegraphie prüft, so zeigt sich, daß zahlenmäßig im Bereich der größten Wellen (rund 10 km) die Kapazität und die Selbstinduktion der Verbindungsleitungen sowie ihr Widerstand und ihre Ableitung keine Rolle neben denselben Eigenschaften der Kondensatoren und Spulen spielen; das bedeutet praktisch, daß die Herstellung gut definierter und berechenbarer Schwingungen im Gebiet langer Wellen leicht ist; dazu kommt als weiterer Vorteil, daß die Kondensatoren so geringe Verluste aufweisen, daß die Dämpfungszeit nur durch die Spulenverluste bestimmt ist. Ein Nachteil dieser langsamen Schwingungen liegt darin, daß die Dämpfungszeit etwa $\frac{1}{250}$ sek. beträgt; diese Zeit ist bereits so groß, daß sie neben den Zeiten eine Rolle spielt, in denen die Schnelltelegraphie ihre Zeichen zu bilden hat. Darum sind für Schnelltelegraphie und noch viel mehr für Telephonie schnellere Schwingungen, also kürzere Wellen vorzuziehen.

Im Gebiet der Wellen unter 100 m gehören zum Bau der Schwingungskreise Kondensatoren und Spulen, deren Kapazität und Selbstinduktion nicht größer ist als die in den Verbindungsleitungen bei langen Wellen verschwendeten. Die Leitungswiderstände treten bei den kleinen Spulen zurück und die Dämpfungszeit wird mit steigender Frequenz mehr und mehr durch die Ableitungswiderstände, d. h. durch Isolationsmängel bestimmt; sie hat Beträge in der Gegend einer hunderttausendstel Sekunde. Ein sich selbst überlassener Schwingungskreis führt dann immer noch mehr als 30 Schwingungen aus, ehe der Strom auf den ersten Teil gesunken ist; das bedeutet, daß man für diese kleinen Wellenlängen unschwer Kreise bauen kann, die eine scharfe Abstimmung zulassen. Schwierig ist dabei nur die Vermeidung aller entbehrlichen Verbindungsleitungen.

3. Die Strahlung.

Wenn in einer Antenne Schwingungen stattfinden, so breiten sich nach allen Seiten elektrische Wellen aus. Der Vorgang, durch den die Wellenbildung sich vollzieht, heißt Strahlung oder Ausstrahlung. Jede Änderung eines elektrischen oder magnetischen Feldes ruft in der Umgebung Kräfte hervor, die sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten und mit der Entfernung abnehmen. Diese Kräfte hat HEINRICH HERTZ aus den MAXWELL'schen Gleichungen berechnet und im besonderen für den Fall erschöpfend dargestellt, wo im Ur-

sprung der Strahlung ein periodisch wechselnder elektrischer Vorgang wirksam ist, also eine elektrische Schwingung. Die Übertragung der HERTZ'schen Darstellung auf die Verhältnisse der drahtlosen Telegraphie verdanken wir MAX ABRAHAM.

Ein Bild der Wellenausbreitung bietet die Fig. 3 dar; sie stellt die elektrischen Kräfte dar, die in einer durch den Sender gelegten senkrechten Ebene auftreten. Sie stehen senkrecht auf der Erdoberfläche und verlaufen in Kreisen, deren Mittelpunkt der Sender ist; ihre Richtung wechselt beständig, wie es die Pfeile andeuten, und ihre Größe nimmt mit steigender Entfernung ab. An der Erdoberfläche sind die Kräfte am größten; sie nehmen mit Annäherung an das Zenit ab und werden senkrecht über dem Sender Null; dies ist durch die Dichte der Pfeile angedeutet, die im Halbkreis um den Sender herum gezeichnet sind.

Will man die Eigenschaften kennen lernen, die der Sender besitzen muß, um ein wirksamer

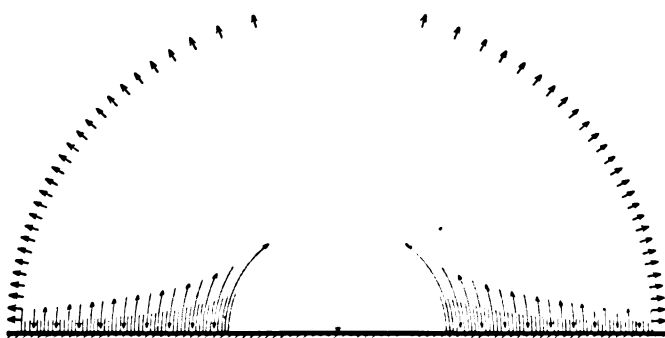


Fig. 3. Bild der Wellenausbreitung. Darstellung der Kräfte, die in einer durch den Sender gelegten senkrechten Ebene auftreten.

Strahler zu sein, so bietet hierzu die Betrachtung des Energiestromes geeigneten Anlaß. Wo immer ein Vorgang elektrische und magnetische Felder zugleich bildet, strömt Energie, und zwar in der Richtung, die senkrecht auf der Ebene steht, in der die Kräfte verlaufen. Den Richtungssinn bestimmt dabei die linke Hand-Regel. Wenn beispielsweise von einem stromdurchflossenen Leiter Arbeit verrichtet wird, so tritt (abgesehen von dem elektrischen Feld, das senkrecht aus seiner Oberfläche austritt) eine Spannung in Richtung des Stromes längs des Leiters auf, die in Fig. 4a durch gestrichelte Pfeile dargestellt ist; die Kreise stellen die magnetischen Kräfte dar, die den Strom umschlingen, und wenn man die Flächen aufsucht, in denen die Kräfte verlaufen, so findet man Kreiszylinder, deren Achse der Leiter ist; in der Richtung senkrecht zu diesen Zylinderflächen, auf den Leiter zu (dicke Pfeile in Fig. 4a), strömt Energie; sie verwandelt sich dort entweder in Wärme (Glühlampen) oder in Bewegung träger Massen (Elektromotoren), oder wieder in elektrische Energie (Transformatoren).

In der Antenne, z. B. in der Zuführung zu einem Antennenschirm, kommt ein entgegen-

gesetzter Vorgang zustande in den Zeiten, wo der Antenne Ladung zuströmt; positiver Strom fließt etwa von unten nach oben, aber zugleich wächst die positive Antennenspannung, und es tritt längs des Leiters ein Feld auf, das dem Strom entgegengerichtet ist (vgl. Fig. 4b); elektrische und magnetische Kräfte sind wiederum auf Zylinderflächen angeordnet wie vorhin; aber mit veränderter Richtung der elektrischen Kraft ändert sich auch die Richtung des Energiestromes, und er tritt jetzt aus dem Leiter hinaus in den Raum, wo er in Form von Strahlung in die Erscheinung tritt.

Jeder Teil der Antenne, in dem der Strom Gelegenheit findet, gegen das von ihm selbst erzeugte elektrische Feld anzufließen, ist darum geeignet, einen Beitrag zur Strahlung zu liefern; ob freilich alle Beiträge sich addieren, ist noch eine Frage für sich. In LECHERSchen Drähten z. B. sind an jeder Stelle die Voraussetzungen für das Austreten der Energie im höchsten Maße erfüllt, denn jedes Stück der Paralleldrahtleitung bildet gleichzeitig elektrische und magnetische Felder; gleichwohl kommt im Außenraum keine erhebliche

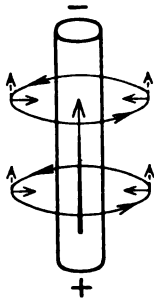


Fig. 4a.

Zur Richtung des Energiestromes.

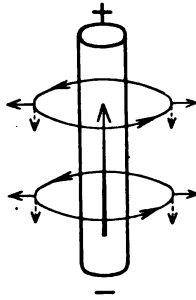


Fig. 4b.

Strahlung zustande, weil der Beitrag, den irgendein Teil liefert, immer gerade durch den gegenüberliegenden Teil des Paralleldrahtes aufgehoben wird, der einen Beitrag von derselben Größe aber entgegengesetztem Vorzeichen liefert.

Die Amplitude $\mathfrak{A}$ der Welle, die ein Sendestrom der Stärke J in der Entfernung r hervorruft, wenn die Antenne die wirksame Höhe h besitzt und mit der Wellenlänge λ betrieben wird, beträgt an der Erdoberfläche

$$\mathfrak{A} = 4 \pi \cdot \frac{h}{\lambda} \cdot \frac{J}{r} \quad (6)$$

oder in technischen Maßen ausgedrückt:

$$\mathfrak{A} = 0,377 \cdot \frac{h}{\lambda} \cdot \frac{J_{(\text{Amp.})} \text{ Volt}}{r_{(\text{km})} \text{ m}} \quad (6a)$$

Während jeder Schwingungsperiode wird in jeder Entfernung eine Halbkugelschale von der Dicke λ mit einem elektrischen und einem magnetischen Wechselfeld von dieser Amplitude erfüllt, und zwar nicht gleichmäßig, sondern mit einer gegen das Zenit abnehmenden Dichte, so wie es die Fig. 3 veranschaulicht. Den Energieinhalt $\mathcal{A}$ dieser mit elektromagnetischen Kräften erfüllten

Schale kann man nach HERTZ berechnen; er beträgt für jede Entfernung:

$$\mathcal{A} = \frac{16}{3} \pi^2 \cdot \lambda \cdot \left(\frac{h}{\lambda} \right)^2 I^2 \quad (7)$$

(I = effektiver Strom).

Dieser Energieaustritt verursacht eine Dämpfung der Erregerschwingung; denn er erfolgt auf ihre Kosten. Die Schwingung ist die Quelle, aus der die ausgestrahlte Welle genährt wird. Aus der Form der Gleichung (7) kann man schließen, daß in jeder Periode ein Bruchteil der schwingenden Energie ausgestrahlt wird, der unabhängig von dem zahlenmäßigen Betrage der Energie ist. Dieselbe Gesetzmäßigkeit waltet bei der Dämpfung durch Wärmeentwicklung in Widerständen ob, und darum sind wir in der Lage, die Größe der Strahlung durch einen Widerstand anzugeben, der, in den Kreis der Antenne eingeschaltet, dieselbe Dämpfung hervorruft, die die Strahlung tatsächlich hervorruft. Dieser kann entweder ein Ableitungswiderstand von der Größe

$$W_s = \frac{3}{4} c \left(\frac{L}{h} \right)^2 = 22,5 \left(\frac{L_{(\text{cm})}}{h_{(\text{cm})}} \right)^2 \Omega \text{hm} \quad (8)$$

oder ein Leitungswiderstand von der Größe:

$$R_s = \frac{16}{3} \pi \cdot c \cdot \left(\frac{h}{\lambda} \right)^2 = 1579 \left(\frac{h}{\lambda} \right)^2 \Omega \text{hm} \quad (9)$$

sein. Diese letztere Rechengröße wird im allgemeinen zur Beschreibung der Strahlung angeführt und als Strahlungswiderstand bezeichnet.

Er ist nach der Formel (9) um so genauer zu berechnen, je kleiner die Antennenhöhe neben der Wellenlänge ist; wenn sich die Antennenhöhe der Viertelwelle nähert, liefert die Formel (9) zu große Werte. Den größtmöglichen Strahlungswiderstand unter allen Gebilden, die in ihrer Grundschwingung erregt werden, besitzt ein senkrechter einfacher Draht; er beträgt 73,2 OHM.

Besonderes Interesse bietet es, den Strahlungswiderstand mit dem Gesamtwiderstand einer Antenne zu vergleichen, der sich aus Verlusten und Strahlung zusammensetzt; denn das Verhältnis dieser beiden Größen mißt zugleich das Verhältnis der ausgestrahlten Leistung zu der Leistung der Antennenschwingung; dieses Verhältnis heißt der Strahlungswirkungsgrad. Man kann den Gesamtdämpfungswiderstand eines Antennenkreises messen; die Messung des Strahlungswiderstandes ist schwierig, weil man dazu die ausgestrahlten Felder bestimmen muß, die meist kleine, der Messung schwer zugängliche Werte haben; doch ermöglicht die Formel (9) in vielen Fällen eine hinreichend genaue Berechnung des Strahlungswiderstandes.

In Fig. 5 ist der durch Gl. (9) dargestellte Zusammenhang zwischen Antennenhöhe und Strahlungswiderstand graphisch durch eine Kurve dargestellt. Die Verlustwiderstände der Antennenkreise pflegen bei den ausgeführten Stationen zwischen 2 und 5 OHM zu liegen, also in dem in der Figur einfach schraffierten Gebiet. Das Verhältnis

Antennenhöhe zu Wellenlänge hat bei Sendern, die mit längeren Wellen als Rundfunkwellen betrieben werden, meist Werte zwischen 0,05 und 0,01, entsprechend dem punktiert schraffierten Gebiet in der Figur. Man sieht leicht, daß im Gebiet der langen Wellen die Antennenverluste die Strahlung im allgemeinen überwiegen; nicht selten beträgt die Strahlung nur einen winzigen Bruchteil der Verluste. Im Gebiet der Rundfunksender ändert sich das Bild wesentlich zugunsten der Strahlung. Die Antennenhöhe pflegt der 20. bis 10. Teil der Wellenlänge zu sein (0,05 bis 0,10 in der Figur), während die Verluste nicht größer sind als im Gebiet der langen Wellen; damit erhebt sich die Strahlung über die Verluste, der Strahlungswirkungsgrad beträgt mehr als 50%. Im Gebiet der kurzen Wellen von weniger als 100 m Länge verschiebt sich das Bild noch einmal; schon bei 10 m

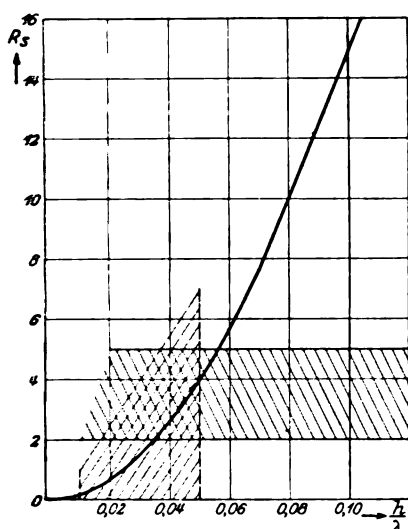


Fig. 5. Zusammenhang zwischen Antennenhöhe und Strahlungswiderstand.

hohen Antennen (rechts von dem Strich in Fig. 5) liegen die Strahlungswiderstände über 15 Ohm und nähern sich rasch dem Betrag von 73 Ohm, während die Verluste gegenüber den längeren Wellen nicht zu steigen brauchen, so daß die Strahlungswirkungsgrade sich nicht mehr merklich von 1 unterscheiden; die Sender für kurze Wellen stellen also in dieser Hinsicht etwas Vollkommenes dar.

Hierauf beruht zum guten Teil der Erfolg, den die Verwendung kurzer Wellen mit sich bringt. Die geringen Strahlungswirkungsgrade, die mit langen Wellen und irdischen Antennen erreichbar sind, haben zur Folge, daß eine große Station, die mit 100 Kilowatt und sehr langen Wellen betrieben wird, keine stärkere Strahlung auszusenden braucht als eine nur 1 Kilowatt starke Station, die mit kurzen Wellen arbeitet.

Es ist also mit geringem Aufwand möglich, für den Betrieb mit kurzen Wellen wirksame Antennen zu errichten. Besondere Aufmerksamkeit

erfordert aber hier der Bau der Erdleitung; schon meterlange Verbindungsdrähte können einen starken Spannungsabfall hervorrufen und damit unbeabsichtigte elektrische Felder mit Ableitungsverlusten.

4. Die Ausbreitung der Wellen.

Die drahtlose Telegraphie spielt sich dicht über der Erdoberfläche ab; für den Vorgang der Wellenausbreitung ist es darum wichtig, vor allem das Verhalten der elektrischen Kräfte an dieser Fläche zu kennen. Die Erfahrung lehrt, daß die elektrische Kraft der Wellen allenthalben senkrecht auf dem Erdboden steht, und daß wagerechte Komponenten der elektrischen Kraft normalerweise weit hinter den senkrechten zurücktreten. Man kann durch direkte Messungen dieses Verhalten feststellen; außerdem gibt es auch eine Erscheinung, aus der indirekt die senkrechte Lage der elektrischen Kräfte mit besonderer Schärfe folgt; sie besteht im folgenden: Ein HERTZscher Sender, der geradlinig ausgestreckt wird und in der Form einer halben Welle schwingt, sendet in seiner eigenen Richtung keine Wellen aus, sondern die Strahlung hat ihren größten Betrag in der Ebene, die auf dem Sender senkrecht durch seine Mitte gelegt werden kann. Dies stimmt indessen nur, wenn der Sender im freien Raume aufgestellt ist; befindet sich jedoch eine leitende ebene Fläche in seiner Nähe, die in kleinem Abstand parallel zum Sender verläuft, so kehrt sich das Verhalten vollkommen um: In der Richtung des Senders kommt jetzt die größte Strahlung zustande, während in der Richtung senkrecht zum Sender keine Wellen ausgestrahlt werden. Die Erklärung dieses umgekehrten Verhaltens ergibt sich aus dem Leitvermögen der Fläche, das jede elektrische Kraft längs der Fläche ausschließt. Spannt man nun einen Halbwellen-sender über der Erde aus, so strahlt er bekanntlich am stärksten in seiner Längsrichtung; hierauf beruht ja die gerichtete drahtlose Telegraphie. Aus diesem der Strahlung eines HERTZschen Senders entgegengesetzten Verhalten folgt also, daß die Erde sich den elektrischen Wellen der drahtlosen Telegraphie gegenüber wie ein Leiter der Elektrizität benimmt, daß also in wagerechter Richtung keine elektrischen Kräfte wirksam sind.

Für Wellen bis herab zu 100 m ist dieses Verhalten erwiesen; ob kleinere Wellen auch merkliche wagerechte Komponenten des elektrischen Feldes bilden können, ist meines Wissens bisher nicht zum Gegenstand besonderer Untersuchungen gemacht worden.

Die Beschreibung der Wellenausbreitung über große Entfernungen, bei denen die Krümmung der Erdoberfläche in Betracht kommt, fällt nicht ohne weiteres unter die Darstellung der Wellenausbreitung im freien Raume, die HERTZ gegeben hat; der Übergang von dem von HERTZ beschriebenen Fall der Wellenausbreitung im freien Raume zu der Ausbreitung an der gekrümmten Erdoberfläche ergibt sich unter dem Gesichtspunkt, daß die elek-

trische Kraft immer senkrecht auf der Erde stehen muß.

Vielfach werden die Wellen der drahtlosen Telegraphie mit Lichtwellen verglichen, und da sie mit diesen wesensverwand sind, kommt man auch zu richtigen Schlüssen, insbesondere was die Fortpflanzungsgeschwindigkeit anlangt. Hinsichtlich der Ausbreitungsvorgänge verhalten sich die Wellen der Funkerei jedoch nicht ebenso wie Lichtwellen, sondern lassen sich besser mit dem Verhalten von Schallwellen vergleichen. Beim Licht sind wir nämlich gewöhnt, geradlinige Strahlen mit scharf begrenzten Schatten zu beobachten. Die Schatten Grenzen sind durch die außerordentliche Kleinheit der Lichtwellenlängen gegenüber den Abmessungen der schattenwerfenden Gegenstände bedingt. Schon bei Schallwellen, deren Länge zwischen einigen Metern und einigen Millimetern liegt, sind einigermaßen scharf begrenzte Strahlen eine seltene Erscheinung; im Gebiet der elektrischen Wellen hat HERTZ mit Wellen von ähnlicher Größe durch Spiegelung an Parabolspiegeln eine Konzentration der Strahlung in eine bevorzugte Richtung erreicht, wobei die Abmessungen der Spiegel ein Vielfaches der Wellenlänge betragen mußten.

In den größeren Verhältnissen der Funkerei wird man ähnliche Beziehungen zwischen Wellenlänge und Spiegelgröße innehalten müssen, um zu einer deutlichen Konzentration der Strahlung in eine bevorzugte Richtung zu gelangen. Keinesfalls kann man erwarten, daß unter irdischen Verhältnissen eine Strahlbildung im optischen Sinne bei Wellen von mehr als 100 m Länge mit einigermaßen scharfen Grenzen erreichbar ist; nur besonders kurze Wellen bieten Aussicht zu einer merklichen Konzentration der Wellen in eine bevorzugte Richtung, wie die Erfolge zeigen, die MARCONI in den letzten Jahren erzielt hat.

Leider ist eine vollständige Beschreibung der funkentelegraphischen Ausbreitungserscheinungen durch 2 Umstände noch sehr erschwert. Erstens gelingt es selten, genaue Messungen der fernen Felder auszuführen, die ein Sender ausstrahlt; Messungen, die auf 50% zuverlässig sind, stellen schon fast die Grenze dar, die in diesem schwierigen Meßgebiet bisher mit den besten Methoden erreicht worden sind. Zweitens sind die fernen Felder unregelmäßigen Schwankungen unterworfen, die aus Änderungen der Empfangstärke bekannt sind, die man beim Abhören ferner Stationen beobachtet. Die zahlreichen Theorien, die zur Erklärung dieser Wahrnehmungen ersonnen worden sind, vereinfachen sich in dem Maße, wie die Beobachtungen an Zuverlässigkeit zunehmen; heute kann als gesichert gelten, daß lange Wellen immer mit kleineren Beträgen ankommen, als man erwarten muß, wenn man eine ungestörte Ausbreitung berechnet. Vielleicht wird sich mehr und mehr die Annahme als richtig erweisen, daß sich die Schwankungen der Empfangstärken hinreichend durch die Luftströmungen in der Atmosphäre erklären lassen, die

mit Dichteänderungen verbunden sind, welche ihrerseits die Atmosphäre für den Durchgang drahtloser Wellen in ähnlicher Weise trüben, wie es Luftschlieren bei Lichtwellen tun.

Dehnen wir den obigen Vergleich mit akustischen Wellen auf die Unregelmäßigkeiten der Ausbreitung aus, so fällt auf, daß die Schalleindrücke, die wir von einer Glocke empfangen, ebenfalls starken Schwankungen unterliegen; im Straßenlärm können wir eine Glocke vielleicht schon in 100 m Entfernung nicht mehr hören, die auf ruhigem Feld in vielen Kilometern Entfernung noch deutlich gehört wird; und daß mit Wind und Wetter die Fernwirkung der Glocke schwankt, ist eine Wahrnehmung, die uns zu geläufig ist, als daß wir viel darüber nachdächten, wie wir sie streng beschreiben sollten.

Häufig wird in der Funkerei von Reichweiten gesprochen; solange man darunter die Entfernung versteht, in der ein bestimmter Empfänger unter bestimmten Umständen die Zeichen eines bestimmten Senders aufnimmt, ist damit ein diskutabler Begriff verbunden; hingegen ist es kein einwandfreier Gebrauch des Wortes Reichweite, wenn man von der Reichweite einer Station spricht; denn jede irdische Station reicht 20 000 km weit, nämlich bis zu den Antipoden, wenn es auch von vielen Nebenumständen abhängt, bis zu welchem Bruchteil dieser Entfernung im Einzelfalle die Zeichen verstanden werden können.

Für den Fall einer ungestörten Wellenausbreitung kann man aus den oben mitgeteilten Formeln den Bruchteil η der Leistung eines Senders berechnen, der beim Gebrauch einer bestimmten Wellenlänge λ in einer Empfangstation in der Entfernung r wirksam gemacht werden kann. Wenn η_1 der Strahlungswirkungsgrad des Senders ist und η_2 der Strahlungswirkungsgrad des Empfängers, so gilt die Formel:

$$\eta = \frac{9}{16\pi^2} \cdot \eta_1 \eta_2 \cdot \left(\frac{\lambda}{r} \right)^2.$$

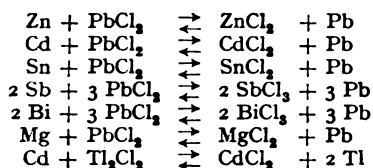
Diese Gleichung besagt, daß die Leistung, die ein ferner Empfänger aufnimmt, mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt. Mit dem Quadrat der Wellenlänge nimmt sie unter sonst gleichen Umständen zu, d. h. wenn Sender und Empfänger ihren Strahlungswirkungsgrad mit steigender Wellenlänge nicht verändern. Leider sind dies Umstände, die sich in der Wirklichkeit nicht gleich halten lassen; sondern wie an der Hand der Fig. 5 oben erläutert wurde, sinken die Strahlungswirkungsgrade auf winzige Beträge herab, wenn die Wellenlänge allzusehr gesteigert wird. Für die Praxis ergibt sich hieraus der Gesichtspunkt, daß man zur Überbrückung großer Entfernungen die größten Wellen benutzen soll, die man mit gutem Wirkungsgrad ausstrahlen und mithin auch empfangen kann, also Wellen von 1–2 km Länge, und Antennen von der Höhe von Schornsteinen.

Über die neue Form des Massenwirkungsgesetzes für kondensierte und zweiphasige Systeme.

Von RICHARD LORENZ, Frankfurt a. M.

In den letzten Jahren sind in meinem Laboratorium in Gemeinschaft mit Prof. FRAENKEL von verschiedenen Mitarbeitern eine Reihe von Gleichgewichten von Systemen äußerster Kondensation (Konzentration) mit Erfolg gemessen worden. Die Erkenntnis der Natur solcher Systeme ist seit langer Zeit ein oft geäußerter Wunsch vieler Chemiker gewesen, weil sich in ihnen die denkbar einfachste Art von Reaktionen betätigt, nämlich die ausgesprochene chemische „Wahlverwandtschaft“ im ursprünglichsten Sinne. Es handelt sich um die Gleichgewichte von geschmolzenen Salzen mit ihren geschmolzenen Metallen.

Folgende Systeme sind bisher einer genauen Untersuchung unterzogen worden:

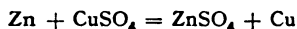


Bei diesen Reaktionen vermischen sich die beiden Salze im Schmelzflusse ineinander, ebenso die beiden Metalle. Metalle und Salze bilden dann 2 Phasen: über der flüssigen Metallphase lagert die flüssige Salzphase.

Es ist wichtig, sich die Eigenart solcher Reaktionen völlig klar zu vergegenwärtigen. Sie entsprechen nicht dem Typus derjenigen, die den gewöhnlichen Daniell-elementen zugrunde liegen, obwohl dies zunächst so scheinen könnte. Schreiben wir die dem Daniell-elemente:



zugrunde liegende Reaktion als

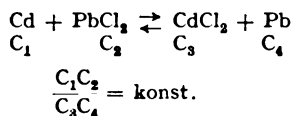


so erhalten wir zwar eine obigen Formeln scheinbar völlig analoge Gleichung, in Wirklichkeit bestehen aber zwischen ihr und den obengenannten Reaktionen doch grundlegende Verschiedenheiten. Im Daniellelemente verbleiben nämlich, auch wenn sich dasselbe noch so lange Zeit betätigt, Zink und Kupfer stets im reinen Zustande; bei der Einwirkung von geschmolzenem Cadmium auf geschmolzenes Bleichlorid aber mischt sich das ausscheidende Blei mit dem reagierenden Metalle, dem Cadmium; auch das sich bildende Cadmiumchlorid mischt sich mit dem Bleichlorid. Die Reaktion ist also dadurch charakterisiert, daß die entstehenden Stoffe im Augenblick ihrer Bildung von den reagierenden Stoffen verdünnt werden, und umgekehrt, die vorhandenen von den entstehenden.

Es ist daher begreiflich, daß die Reaktionen zwischen Metallen und Salzen im Schmelzflusse nicht nur von theoretischem Interesse sind, ihr Studium bildet auch den Schlüssel zur Lösung des vielleicht ältesten Problems der praktischen Chemie und Metallurgie, nämlich der Frage des Zusammenhanges zwischen Metall und Schlacke. Welche Gleichgewichte mögen wohl die Erscheinungen der Schmelzoperationen in Tiegelöfen oder in Öfen beherrschen und vielleicht für die Ausbeuten von maßgebendem Einfluß sein? Begreiflicherweise ist man in der metallurgischen Abteilung meines Laboratoriums damit beschäftigt, solche Fragen auch nach dieser Richtung hin aufzuklären. Bis zu kosmischen

Konsequenzen sind solche Probleme in jüngster Zeit von G. TAMMANN durchgedacht worden. TAMMANN sieht unsere Erdkugel mit ihrem Metallkern und ihrer mineralischen Schale als ein „System: Metall und Schlacke“ an und zieht aus dieser Anschauung eine Reihe von äußerst interessanten und wichtigen Schlußfolgerungen für die Geophysik und Kosmologie der Erde.

Da bei den Reaktionen zwischen Metallen und Salzen im Schmelzflusse von einem neutralen unbeteiligten Lösungsmittel im allgemeinen nicht die Rede ist, vielmehr nur reine Stoffe und deren Mischungen vorkommen, war eine Gültigkeit des Massenwirkungsgesetzes in der üblichen Form:



von vornherein schon nicht zu erwarten, denn dies Gesetz ist ja, wie die Thermodynamik zeigt, an die Gültigkeit der idealen Gasgleichung gebunden. Daß diese bei so kondensierten Systemen, wie dies geschmolzene Salze und geschmolzene Metalle sind, praktisch entweder versagen muß oder, selbst wenn sie die Ergebnisse der Beobachtung einigermaßen wiederzugeben imstande wäre, trotzdem nicht angewendet werden kann, ist vollkommen klar. Es war daher erforderlich, diesen Gegenstand auch theoretisch zu behandeln. Dies führte zur Ableitung eines neuen Massenwirkungsgesetzes für kondensierte Systeme, dessen Gültigkeit auch dann bleibt, wenn dieselben in mehrphasigem Zustande vorhanden sind. Dies gelingt¹⁾ durch eine richtige Anwendung der Lehre vom thermodynamischen Potential auf solche Fälle. Das neue Massenwirkungsgesetz hat die Gestalt

$$\frac{x}{1-x} \cdot \frac{1-x}{y} = K e^u. \quad (1)$$

Hierin ist K die Konstante des neuen Massenwirkungsgesetzes. Äußerlich anscheinend derjenigen des alten ähnlich, keineswegs jedoch identisch mit ihr. x , $(1-x)$, y , $(1-y)$ bedeuten die Molenbrüche der reagierenden und entstehenden Stoffe, und weiter ist

$$u = \frac{\alpha}{RT} \frac{x^2 - (1-x)^2}{(1+x)^2} - \frac{\alpha'}{RT} \frac{y^2 - (1-y)^2}{(1+y')^2}. \quad (2)$$

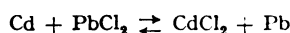
Dieser Ausdruck sieht auf den ersten Blick etwas kompliziert aus, die Erfahrung lehrt aber, daß er sehr einfach ist und man sich leicht an ihn gewöhnt. Es sind in ihm α , α' , r , r' Konstanten, auf deren Natur hier nicht näher eingegangen werden soll. Nur sei erwähnt, daß sich α und α' auf die a - und b -Funktionen²⁾

¹⁾ RICHARD LORENZ, Zeitschr. f. anorg. u. allgem. Chem. 138, 285. 1925; Zeitschr. f. Elektrochem. 30, 371. 1924. Eine ausführliche thermodynamische Ableitung haben J. J. VAN LAAR und RICHARD LORENZ, Zeitschr. f. anorg. u. allgem. Chem. 145, 239. 1925, gegeben.

²⁾ Es ist hier ausdrücklich „Funktionen“ gesagt (siehe hierüber weiter unten).

der VAN DER WAALSSchen Zustandsgleichung bezieht, r und r' aber ausschließlich auf die b -Funktionen. Diese letzteren Konstanten sind aus den Dichten der reinen Stoffe bei den Temperaturen des Gleichgewichtes ohne weiteres berechenbar. Da nun dann nur noch die Konstanten α' und K übrigbleiben, so stellt das neue Massenwirkungsgesetz [Gleichung (1)] eine Gleichung mit nur 3 unbekannten Konstanten dar, wovon außerdem eine, nämlich K , dem früheren Gesetze analog ist. Die 3 Konstanten können aus je 3 Beobachtungen berechnet werden. Dabei umfaßt diese neue Gleichung dann restlos die ganzen Beobachtungsreihen solcher Gleichgewichte durch alle Konzentrationen hindurch. Es ist ein Gefühl der Überraschung und der Befriedigung, welches man bei der praktischen Anwendung dieser Gleichungen bekommt, wenn solche chemische Beobachtungen in zufriedenstellender Weise theoretisch und rechnerisch von ihnen beherrscht werden.

Folgende Tabelle läßt die Anwendung der Gleichung des neuen Massenwirkungsgesetzes an dem Beispiele des Gleichgewichtes



erkennen.

Tabelle 1.

	Pb x	Cd $1-x$	PbCl ₂ y	CdCl ₂ $1-y$	C	$\log^{10} K$
1	0,739	0,261	0,025	0,975	110,37	2,28
2	0,760	0,240	0,035	0,965	87,40	2,24
3	0,780	0,220	0,050	0,950	67,45	2,16
4	0,799	0,201	0,068	0,932	54,57	2,10
5	0,820	0,180	0,080	0,920	52,44	2,14
6	0,840	0,160	0,100	0,900	47,25	2,21
7	0,860	0,140	0,125	0,875	42,98	2,07
8	0,875	0,125	0,152	0,848	38,99	2,08
9	0,900	0,100	0,200	0,800	36,00	2,10
10	0,910	0,090	0,225	0,775	34,78	2,10
11	0,920	0,080	0,250	0,750	34,50	2,13
12	0,934	0,066	0,300	0,700	32,97	2,4
13	0,957	0,044	0,450	0,550	27,15	1,14
14	0,967	0,034	0,550	0,450	24,03	2,11
15	0,975	0,025	0,650	0,350	20,98	2,13
16	0,981	0,019	0,750	0,250	17,48	2,07
17	0,986	0,015	0,850	0,150	11,56	1,98

In dieser Tabelle enthalten die Kolonnen x und $(1-x)$ die Molenbrüche in der Metallphase Pb + Cd, die Kolonnen y und $(1-y)$ die Molenbrüche PbCl₂ + CdCl₂ der mit ihr im Gleichgewicht befindlichen Salzphase. Die angegebenen Werte sind aus zahlreichen Beobachtungen graphisch ausgeglichen und interpoliert. Die Größe

$$\frac{x}{1-x} \cdot \frac{1-y}{y} = C$$

müßte, wenn das „gewöhnliche“ Massenwirkungsgesetz gültig wäre, konstant sein. Sie variiert aber von 110 bis 11, also um das 10fache ihres Betrages. Hingegen zeigt sich die nach dem neuen Gesetz berechnete Größe K als vollkommen befriedigend konstant. Wenn man bedenkt, daß geschmolzene Salze Flüssigkeiten sind, in denen die Konzentrationen (Anzahl der Mole im Liter) 20 bis 25fach normal sind, so dürfte die Leistungsfähigkeit der neuen Formel des Massenwirkungsgesetzes deutlich zutage treten.

Es sei gestattet, einem Einwande zu begegnen, der öfters in bezug auf die Anwendung der Gleichung von VAN DER WAALS bei der Berechnung von thermo-

dynamischen Potentialen erhoben wird. Es wird auf die Unzulänglichkeit dieser Zustandsgleichung hingewiesen und damit bezweifelt, daß mit ihrer Anwendung eine wohlbegründete Lösung eines solchen Problems gefunden werden könne. Eine Kritik in dieser Allgemeinheit ist jedoch unbegründet (auch wenn sie heute vielfach der Gleichung von VAN DER WAALS gegenüber leider fast modern geworden ist). Besser ist es, mitzuberücksichtigen, welche Zwecke und Ergebnisse von der Anwendung einer bestimmten Zustandsgleichung erreicht werden sollen. Soll beispielsweise die Gesamtheit der Zustände eines Stoffes in Gestalt der Isothermenscharen genau beschrieben werden, so wird man sicherlich — das ist wohl heute allgemein bekannt — an die Gleichung von VAN DER WAALS (insbesondere bei deren fehlerhaften Anwendung mit a und b als Konstanten) einen strengen kritischen Maßstab anlegen müssen. Aber um so etwas handelt es sich hier gar nicht, sondern um Verhältnisse, die sich im wesentlichen auf dem Flüssigkeitszweige der Kondensationskurve bei konstanter Temperatur abspielen, und noch dazu in einem relativ kleinen Intervall, das obendrein in der Mehrzahl der Fälle für die Komponenten des Gleichgewichtes ein beinahe „übereinstimmendes“ ist. Daß es in solchem Falle möglich ist, mit Hilfe passend gewählter Größen der α - und b -Funktion der Gleichung von VAN DER WAALS die Zustände zu erfassen, hat doch wohl noch niemand ernstlich bezweifeln können, der solche Rechnungen wirklich ausgeführt hat. Nun bedenke man ferner, daß die neuen Gleichungen der Massenwirkungen sich auch noch bewähren, wenn man die Konstanten r und r' gar nicht einmal willkürlich wählt, sondern rationell berechnet; es dürfte dann einleuchten, daß doch nicht jede Kritik einer Anwendung der Gleichung von VAN DER WAALS richtig ist. Es kommt hinzu, daß man heute durch die prachvollen Untersuchungen VAN LAARS¹⁾ auch theoretisch in hervorragendem Maße darüber aufgeklärt ist, welches die von VAN DER WAALS uns hinterlassenen Funktionen (a , b) = $f(v, T)$ sind und die Vorschriften über die Berechnung der Konstanten α' und r, r' hiernach abgeleitet wurden. Selbst wenn man diesen Untersuchungen die denkbar ungünstigste Wertung zukommen lassen will, so müßte man diese (in den Grundlinien übrigens bereits von VAN DER WAALS selbst gezeichneten) Formeln doch mindestens als ganz vorzügliche und zuverlässige Korrekturen gelten lassen. Nun lehrt aber jetzt schon die Theorie, daß selbst ein solcher Standpunkt nur mit größter Vorsicht ausgesprochen werden dürfte, weil sich für diese Konstanten, ihre Beziehung zu den Mischungswärmen der Stoffe angeben lassen²⁾. Diese theoretisch gefundenen Beziehungen werden zur Zeit durch besondere Experimentaluntersuchungen in meinem Laboratorium verifiziert³⁾.

Mögen diejenigen, die, ohne mit solchen Zweifeln belastet zu sein, sich diesen Experimentalarbeiten gewidmet haben, nach wie vor durch solche Sorgen nicht behindert sein, den Ausbau der physikalischen Chemie gerade nach diesen Richtungen hin freudig fortzusetzen.

¹⁾ Vgl. J. J. VAN LAAR, Die Zustandsgleichung. Leopold Voß, Leipzig 1924.

²⁾ Vgl. hierüber J. J. VAN LAAR und RICHARD LORENZ, Berechnung von Mischungswärmen kondensierter Systeme. Zeitschr. f. anorg. u. allgem. Chem. 146, 41. 1925.

³⁾ Arbeiten hierüber sind in meinem Institute im Gang. Die Notgemeinschaft hat zu diesem Zwecke in dankenswerter Weise Mittel zur Verfügung gestellt.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Der Herausgeber hält sich für die Zuschriften und vorläufigen Mitteilungen nicht für verantwortlich.

Spektroskopische Untersuchung des Reaktionsleuchtens.

In der Absicht, auf optischem Wege einen Einblick in die Kinetik der chemischen Reaktionen zu gewinnen, haben wir die Verbindungsreaktionen von Alkali-Metalldämpfen mit Joddampf spektroskopisch untersucht; diese waren fürs erste gewählt, da ihre Spektren gut bekannt sind.

Die reagierenden Dämpfe wurden durch Erhitzung der Stoffe in 2 Ansätzen eines Quarzglasrohres im Vakuum erzeugt, um allen störenden Einfluß von beigemischten Gasen auszuschließen. Auf diese Weise konnte man leicht eine Lumineszenz in Gestalt einer hell leuchtenden Wolke bekommen, die den ganzen Querschnitt des Rohres an der Stelle, wo die Dämpfe zusammentrafen, erfüllte. Beobachtung erfolgte durch ein Quarzfenster. Die Aufnahmezeiten in einem lichtstarken Quarzspektrographen betrugen 15–30 Min.

Die vorläufigen Ergebnisse sind folgende:

Entsprechend den freiwerdenden Reaktionsenergien werden nur diejenigen Linien der Hauptserie der Alkalien beobachtet, zu deren Anregung diese Energien ausreichen; im allgemeinen überwiegt aber die Intensität des ersten Gliedes der Serie die des zweiten. Ob die Intensitätsverhältnisse dieselben sind wie bei anderen Arten der Erregung, wird die weitere Untersuchung zeigen.

Die Energieverhältnisse sind aus dem folgenden Schema zu entnehmen. Die beobachteten Linien sind mit einem Stern versehen.

Die Linie 3302–3 des Na fehlt auch bei einstündiger Exposition, bei der die D-Linien ganz überexponiert sind.

Neben diesen Serienlinien sind auch Banden vorhanden, die sich den Linien anschließen und scheinen mit den sonst in Fluoreszenz und Absorption bei

Reaktion	Reaktions- wärme in Cal pro Mol	Linien	λ	Anregungs- energie in Cal pro Mol
(Na) + $\frac{1}{2}(J_2)^1$	63,5	18–2p	5890–6*	48
		18–3p	3302–3	86
(K) + $\frac{1}{2}(J_2)$	71	18–2p	7665–99*	37
		18–3p	4044–8*	70
		18–4p	3446–7	82,5
(Rb) + $\frac{1}{2}(J_2)$	71	18–2p	7800–948*	36
		18–3p	4202–16*	67,5
		18–4p	3349–51	85

Alkalidämpfen auftretenden Banden identisch zu sein. Es findet danach eine Anregung von Alkalimolekülen statt. Dagegen fehlt bemerkenswerterweise jegliche Emission seitens des Jodmoleküls oder ein etwaiges Affinitätsspektrum.

Eine interessante Tatsache gibt die Untersuchung der Breite der emittierten Linien im Stufengitter; es sind nämlich die D-Linien sehr verbreitert und verwaschen, mehr als es dem herrschenden Dampfdruck und Temperatur (die ganz gering waren) entspricht. Die D₁-Linie ist dabei merklich breiter als die D₂-Linie, umgekehrt dem gewöhnlichen Verhalten. Daraus ist zu schließen, daß diese Linien wirklich von abnorm schnellen Atomen emittiert werden, die den Überschuß der Reaktions- über die Anregungsenergie als kinetische Energie beibehalten haben. Eine quantitative Durcharbeitung dieser Tatsachen verspricht wichtige Aufschlüsse über den Reaktionsvorgang zu geben.

Leningrad, Optisches Institut, September 1925.

K. LIALIKOV, Ekaterinoslaw und A. TĖRENIN,
Leningrad.

¹⁾ (Na) + $\frac{1}{2}(J_2) = (NaJ) + 63,5$. Die Zahlen für die Reaktionswärme müssen noch auf die Versuchstemperatur reduziert werden.

Biologische Mitteilungen.

Erfolgt die Geschlechtsbestimmung bei den Säugern nicht durch den Chromosomenmechanismus? Durch ein consentium omnium ist seit Jahren nicht mehr in Frage gezogen worden, daß bei allen Säugern inklusive des Menschen die Geschlechtsbestimmung durch den Chromosomenmechanismus erfolgt und es liegen eine Reihe zwingender — wenn auch meist indirekter — Beweise dafür vor, daß bei den Säugern die Männchen heterogametisch sind, d. h. männchen- und weibchenbestimmende Spermatozoen bilden, während die Weibchen nur eine Art von Eiern produzieren. Neuerdings glaubt nun E. LEUPOLD (Die Bedeutung des Cholesterin-Phosphatidstoffwechsels für die Geschlechtsbestimmung, Jena 1924) durch Experimente an Kaninchen nachgewiesen zu haben, daß dem nicht so ist, daß vielmehr die Weibchen die heterogametischen Individuen sind. In einigen Worten sei hier das Resultat, zu dem LEUPOLD bei seinen Experimenten über den Einfluß des Blutcholesterins auf die Sexualproportion kam, resümiert. Auf eine Erörterung über den 2. und 3. Teil der Arbeit („Die Geschlechtsanlage“ und „Die Theorie der Geschlechtsbestimmung“) verzichte ich, da beide völlig in der Luft hängen — es fehlt sowohl die nötige chemisch-physiologische Basis, auf der allein die Spekulationen LEUPOLDS diskussionsfähig wären, wie die Auseinandersetzung mit den Beobachtungsdaten der außer-Leupoldschen Welt, die ja auch unter den neuen Hut gebracht werden müßten.

LEUPOLDS Experimente gingen darauf aus, den Blutcholesteringehalt der Versuchstiere zu ändern. Das wurde erreicht durch verschiedene Fütterungsmethoden, mit denen die Tiere vor der Deckung 14 Tage bis 6 Wochen lang vorbehandelt wurden. Alle Experimente, in denen die Männchen vorbehandelt und dann von ihnen normale Weibchen gedeckt wurden, verliefen negativ, d. h. das Geschlechtsverhältnis der Nachkommen wies die normale, ungefähr gleichmäßige Verteilung auf beide Geschlechter auf. Deshalb berichtet LEUPOLD nur eingehend über die Resultate mit Weibchen. Diese Resultate repräsentieren sich als folgende „Gesetze“: 1. „Die Eizelle des Kaninchens wird nur dann weiblich differenziert, wenn Lecithin in genügender Menge im Blutserum vorhanden ist.“ 2. „Die Eizelle des Kaninchens wird weiblich differenziert, wenn unter Wahrung einer bestimmten Lecithinkonzentration eine Cholesterin-Lecithinvermehrung im Serum eintritt.“ 3. „Die Eizelle des Kaninchens wird männlich differenziert, bei relativer Lecithinarmut des Serums.“ 4. „Die Eizelle des Kaninchens wird männlich differenziert, wenn ein Verlust an Cholesterin und Lecithin im Blutserum eintritt.“

Diese Gesetze lassen sich auch durch Formeln ausdrücken und in schematischen Idealkurven sehr anschaulich darstellen. Zu den tatsächlichen Zahlen, die als Grundlage für die Folgerungen dienen, ist zu sagen, daß sie vollständig ungenügend sind. Dazu diene die

folgende Illustration. In der Besprechung eines seiner Versuche sagt LEUPOLD: „Bei beiden Tieren war die Konzentration der Phosphatide hoch, beide gaben auch entsprechend der ansteigenden Cholesterinkurve einen Weibchenüberschuß.“ Das eine der Tiere warf nämlich 3 ♂♂ und 5 ♀♀, das andere 1 ♂ und 2 ♀♀! Es wäre natürlich lächerlich über solche Schlußfolgerungen auch nur ein Wort zu verlieren. Fassen wir aber alle Daten sinngemäß zusammen, so scheinen sie wirklich eine Veränderung der Geschlechtsproportion durch die Versuchsbedingungen anzudeuten. Sichere Schlußfolgerungen lassen sich freilich auch aus dem Gesamtmaterial noch nicht ziehen.

Nehmen wir an, daß die Phosphatidkonzentration des Blutes des mütterlichen Tieres wirklich einen Einfluß auf das Geschlechtsverhältnis der Nachkommen hat, folgt dann daraus zwangsläufig, wie LEUPOLD es darstellt, daß die Weibchen heterogametisch sind und der verschiedene Phosphatidgehalt die Geschlechtsdifferenzierung der Eier beeinflusst? Keineswegs. Es liegt eine andere Erklärungsmöglichkeit sehr nahe, nämlich daß die Schwankungen der Phosphatidkonzentration im Zeitpunkt der Befruchtung eine selektive Wirkung auf die zur Befruchtung kommenden Spermien ausüben. Man wird dabei zuerst an eine dem Phosphatidgehalt entsprechende Änderung der Hydroxylionkonzentration in den weiblichen Geschlechtswegen denken. Die Annahme, daß unter normalen Ernährungsverhältnissen und dadurch gegebener mittlerer OH-Ionenkonzentration männchen- wie weibchenbestimmende Spermatozoen sich in optimalen Bedingungen befinden, die Befruchtung also zufallsmäßig erfolgt; daß bei Zunahme des Phosphatidgehaltes (Zunahme der OH-Ionenkonzentration) die männchenbestimmenden und im umgekehrten Fall die weibchenbestimmenden Spermien vorzugsweise geschädigt werden, würde uns die Möglichkeit geben, alle Versuchsergebnisse LEUPOLDS zu erklären. Daß eine solche differentielle Schädigung der beiden Spermienarten durch Chemikalien möglich ist, haben die Alkoholversuche von COLE und DAVIS bewiesen (COLE und DAVIS, The Effect of Alcohol on the Male Germ Cells Studied by Means of Double-Matings, Science, N. S. 39, [14]). Experimente in dieser Richtung wären überaus wichtig, weil sie vielleicht einen wesentlichen Beitrag zur Beantwortung der Frage nach den Ursachen der Abweichung des Geschlechtsverhältnisses von der Norm, nämlich 1 : 1, liefern könnten. Die meisten statistischen Angaben, die wir über diese Abweichungen haben, stimmen darin überein, daß die schlechtere soziale Lage sei es einer Bevölkerungsgruppe oder ganzer Bevölkerungen, einen Überschuß von männlichen Geburten verursacht. Es wäre durchaus möglich, daß verschiedene Ernährungsbedingungen durch ihren Einfluß auf den Cholesterin-Phosphatidstoffwechsel in der oben angedeuteten Weise selektiv auf die Spermien wirken und damit ein Übergewicht des einen Geschlechtes bedingen.

WALTER LANDAUER.

Zum Problem der Ocellenfunktion bei den Insekten. (H. Homann, Zeitschr. f. vergl. Physiol. 1. 1924.) Die vielumstrittene Frage nach der Funktion der Stirn- augen (Ocellen) der Insekten wurde von HOMANN erneut in beachtenswerter Weise in Angriff genommen. Er bestimmte die optischen Konstanten der Ocellen von der Fliege *Eristalis tenax* und der Ameise *Formica rufa* ♀. Mit Hilfe eines Vertikalilluminators, der als mikroskopischer Augenspiegel diente, konnte der Abstand der Retina von der vorderen Linsenfläche bei *Eristalis* als durchschnittlich 0,110 mm und bei *Formica* als 0,045 mm betragend festgestellt werden. Der mitt-

lere Krümmungsradius der Ocellenlinse wurde nach der auch beim menschlichen Auge benutzten Methode der Feststellung des Verhältnisses der Größe der Spiegelbilder zur Größe der gespiegelten Gegenstände berechnet und bei *Eristalis* als 0,123 mm betragend festgestellt. Die Schärfe der von der Linse entworfenen Bilder wurde durch das Mikroskop beobachtet und photographisch festgehalten. Ein Fenster mit einem aufgeklebten V konnte gut im Bild erkannt werden, und die Gesichtsfelder der 3 Ocellen stellten sich als kaum verschiedene heraus. Das Auflösungsvermögen der Linse wurde experimentell für *Eristalis* mit 20' für *Formica* mit 42' festgestellt. Im Vergleich zu optisch gut korrigierten Linsen vom Bau dieser Ocellen, deren Auflösungsvermögen 8' bzw. 28' betragen würde, ist dies eine relativ gute Leistung. Die Brennweite betrug für *Eristalis* im Mittel 0,290 mm, für *Formica* 0,075 mm, der Brechungsindex für *Eristalis* 1,52, das Öffnungsverhältnis 1,8 bzw. bei *Formica* 1,5, die Lichtstärke ist also sehr groß. Da die Brennweite der Linse sehr kurz ist, ist in Entfernungen von 3—4 mm bereits eine Einstellung auf „unendlich“ vorhanden, so daß also eine Akkomodation unnötig wäre. Da der Winklabstand der Rhabdome 3—10° beträgt, ist eine genaue Rezeption des an sich scharfen Bildes der Linse nicht möglich, der „Raster“ des Retinabildes ist zu grob. Wenn schon dieses Moment gegen ein Bildsehen der Ocellen spricht, so kommt als wichtigstes Argument dagegen noch die Beobachtung hinzu, daß das Bild bei den meisten Ocellen gar nicht auf die Retina, sondern dahinter, in einzelnen Fällen auch davor fällt. Eine Reihe von Versuchen zeigte, daß die Tiere gegenüber herannahenden Objekten von einem bestimmten Sehwinkel (scheinbare Größe der Objekte) an durch Aufrichten reagierten, und zwar mußte der Sehwinkel um so größer sein, je größer die Entfernung des Objektes war. Diese interessante Erscheinung, die wahrscheinlich durch ein Entfernungsschätzen bedingt ist, wurde auch durch Ausschalten eines Facettenauges nicht aufgehoben. Ausschaltung der Ocellen hatte gar keinen Einfluß auf diese Reaktion, Tiere mit bedeckten Facettenaugen, aber mit erhaltenen Ocellen verhielten sich wie blind. Theoretische Überlegungen führten den Verf. auf Grund seiner Ergebnisse zu dem Resultat, daß die Ocellen weder für Fern- oder Nahsehen, noch auch für eine Entfernungslokalisation da seien, sondern daß sie wegen der Unmöglichkeit einer Bildperzeption und wegen ihrer großen Lichtstärke lediglich der Helligkeitsrezeption und der Richtungslokalisation, also einfachen phototaktischen Reaktionen dienen. Da die Ocellen den Facettenaugen an Helligkeit etwa um das 4¹/₂-fache überlegen sind, gewinnt diese Annahme an Wahrscheinlichkeit. Je besser ein Appositionsauge ist, desto lichtschwächer ist es. Deshalb haben Tiere wie z. B. die Libellen neben ihren guten Facettenaugen noch große Ocellen. Schnell fliegende Tiere benötigen also nicht, wie man bisher angenommen hat, wegen ihrer großen Geschwindigkeit gute Ocellen, sondern wegen ihrer guten Facettenaugen, damit der durch diese bedingte Verlust an Lichtstärke ausgeglichen wird.

Anlässlich Versuchen über Vitaminwirkung und Oberflächenaktivität gelangte H. JUNKER zu sehr merkwürdigen Ergebnissen über die Wirkung extrem verdünnter Substanzen auf *Paramäcen*. (Biol. Zentralbl. 45, H. 1. 1925.) Er konnte beobachten, daß die Wirksamkeit verschiedener Stoffe selbst in Verdünnungen bis zu 1 : 10²⁷ nicht aufgehoben wurde. Die Wirksamkeit der untersuchten Stoffe (Orangensaft, Zitronensaft, Coffein (freie Alkaloidbase) und Atropinum sulfuricum), die mit einer Nährlösung verdünnt wurden,

wurde an den Vermehrungszahlen von Paramácien geprüft, und die Resultate wurden kurvenmäßig aufgezeichnet. Zur Kontrolle wurde die Nährlösung statt mit dem Untersuchungstoff in genau gleicher Weise mit Wasser versetzt. Die Kurven zeigten, daß alle genannten Stoffe in den starken Verdünnungen im Gegensatz zu den Kontrollen ungefähr gleiche Wirkungen ausübten. Ein Minimum in der Vermehrungsstärke zeigte sich durchschnittlich etwa in einer Verdünnung von $1 : 10^8$, ein zweites stärkeres Minimum bei $1 : 10^{12}$ bis 10^{16} und weiterhin etwa bei $1 : 10^{24}$. Zwischen den Minimis, die charakteristische gleichmäßige Bildungen aufweisen, lagen allerdings weniger regelmäßige Maxima

der Vermehrung. Die Versuche deuten also durch die im ganzen große Regelmäßigkeit ihrer Ergebnisse darauf hin, daß von einem gewissen Punkt der Verdünnung ab die Stoffe ihre spezifische Wirksamkeit verlieren und nur noch eine allen Stoffen gemeinsame Wirksamkeit entfalten. Wenn man bedenkt, daß von Verdünnungen von etwa $1 : 10^{20}$ ab nur noch ganz wenige oder gar keine Moleküle des Ausgangsstoffes vorhanden sind, so läßt sich von der Art der Wirkung dieser Stoffe vorläufig schwer eine Vorstellung machen. Von Spekulationen über die Natur der mitspielenden Kräfte sieht der Verf. daher vorerst verständlicherweise ab.

K. BALDUS.

Chemische Mitteilungen.

Nagaoka zur Frage der Umwandlung von Quecksilber in Gold. Die Versuche des Autors haben ursprünglich zum Ziel gehabt, die radioaktiven Umwandlungen zu beschleunigen und künstlich den Zerfall von nichtradioaktiven Atomen durch elektrische Felder extremer Intensität hervorzurufen. Der Autor hat aus einer merkwürdigen Beobachtung Vorteil gezogen, die gemeinsam mit Herrn SUGIURA bei den Versuchen über den Starkkaffekt gemacht worden ist. Bei metallischen Lichtbögen mit einer Selbstinduktion in Serie und einer großen Kapazität im Nebenschluß existiert in der Nachbarschaft der Elektroden ein ungeheures elektrisches Feld. So erreicht dieses Feld bei Silberelektroden den 4400fachen Betrag vom Mittelwert des angelegten Feldes. Das Quecksilber wurde als eine für die Versuche geeignete Substanz ausgewählt, weil die Untersuchung der Feinstruktur seines Spektrums ergeben hatte, daß dieses Element wahrscheinlich als bis zu einem gewissen Grade metastabil betrachtet werden kann. Wenn man mit Hilfe einer Induktionsspule von 120 cm Funkenlänge in Luft eine kondensierte Entladung zwischen einer Wolframelektrode und einer Quecksilberelektrode, die von Paraffinöl oder Transformatoröl überdeckt ist, übergehen läßt, so wandelt sich das Quecksilber teilweise in Gold und in ein weißes Metall um, welches zum größten Teil aus Silber zu bestehen scheint. Das Quecksilber war für diesen Versuch 3 oder 4mal durch Vakuumdestillation unterhalb von 200° gereinigt. Man hat aufs sorgfältigste mit allen bei dem Versuch anwesenden Stoffen Kontrollversuche gemacht. Die schwarze pastenartige Masse, die bei der Entladung entsteht, wurde durch chemische Mittel untersucht oder, was bequemer ist, durch Bildung von Rubinglas als goldhaltig erwiesen. Dieses wurde in Form zahlreicher Flecken am Boden eines speziellen Destillationskolbens erhalten. Das Quecksilber und die Kohle, die der Entladung ausgesetzt gewesen waren, waren abgetrennt. Die mikroskopische Beobachtung zeigte die Anwesenheit von Gold in Form kleiner Teilchen und hauptsächlich in kolloidalem Zustand. Diese Teilchen ergaben im reflektierten und im durchgehenden Licht Komplementärfarben. Es scheint ein kritischer Wert für die Intensität des zur Umwandlung erforderlichen Feldes zu bestehen, und das Ergebnis ist in jedem Falle vieltätig. Silber erhält man hauptsächlich, wenn man die Entladung durch Quecksilbertropfen gehen läßt, die in das Öl fallen. Die gleichzeitige Umwandlung von Quecksilber in Silber und in Gold scheint eine große Bedeutung in kosmologischer Hinsicht zu haben. Die Betrachtung der Isotopen der verschiedenen Elemente zeigt, jedenfalls für den Augenschein, eine gewisse Verwandtschaft zwischen der Struktur verschiedener Kerne, z. B. zwischen Hg und Sn, zwischen Sn und Cd, zwischen Xe und Sn, zwischen Kr und Se usw. Durch das Studium der verschiedenen Atomumwandlungen

kann man in gewisse Fragen nach dem Atomkern, die bisher dunkel sind, Licht bringen.

Eine neue Methode zur Entfärbung des rezenten und fossilen Chitins, sowie fossiler Zellulose. Während chemischer Untersuchungen an fossilem Chitin, welche ich im weiteren Verfolg meiner Arbeit über Graptolithen¹⁾ im Geologischen Institut²⁾ der Universität Königsberg i. Pr. ausführte, habe ich eine neue Methode zur Entfärbung des vollständig dunkel und undurchsichtig gewordenen fossilen Chitins gefunden, über die ich hier in Kürze berichten will. Mit dieser Methode konnte ich auch beim Aufhellen rezenten Chitins und beim Angreifen verschiedener tierischer Inkrusten sehr gute Resultate erzielen. Gegenüber der bekannten Bleichung mit „Diaphanol“-Chlordioxydessigsäure³⁾ stellte sich bei der neuen von mir angewandten Methode heraus, daß dabei nicht nur dieselben, sondern sogar bessere Ergebnisse erzielt wurden, wobei noch besonders die weit kürzere Zeitdauer des Bleichungsprozesses ins Gewicht fällt; hier wurde nämlich in wenigen Minuten das Gleiche erreicht, wie bei Anwendung von Diaphanol in einem Zeitraum von 1–3 Tagen.

Besonders für mikroskopisch kleine Objekte ist diese sehr einfache Methode gut geeignet, weil man die Bleichung in ca. 10–20 Minuten unmittelbar auf dem Objektträger vornehmen und direkt unter dem Mikroskop kontrollieren kann. Man verwende für diesen Zweck tunlichst ein Mikroskop, das bereits zu solchen chemischen Untersuchungszwecken diene, da das Chlor und die Säuredämpfe die Metallteile matt beschlagen lassen. Jedoch auch bei einem solchen ist es ratsam, die Metallteile, besonders des Objekts, vorher mit Vaseline einzureiben.

Man verfahre bei der Bleichung folgendermaßen: Ist das Objekt klein, so lege man es auf einen in der Mitte mit Hohlschliff versehenen Objektträger, wie solche bei bakteriologischen Untersuchungen für Hängertropfenkulturen benutzt werden, und bringe auf dasselbe ein bis zwei Tropfen reine, konzentrierte Salzsäure. Danach läßt man auf die Oberfläche dieses Tropfens einige Kryställchen von Kaliumchlorat-chlorsaures Kalium = KClO_3 (offizinelle Bezeichnung in Deutschland „Kalium chloricum“) fallen. Es bilden sich dann sofort um diese Kryställchen Bläschen von

¹⁾ „Ontogenetische Entwicklung und Biologie von Diplograptus und Monograptus“ erscheint in der Palaeontol. Zeitschr. 1925, H. 4.

²⁾ Auch für diese Arbeit stellte Herr Professor Dr. K. ANDRÉE in zuvorkommender Weise die Hilfsmittel seines Institutes zur Verfügung, wofür ich ihm an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank aussprechen möchte.

³⁾ Welche mit so großem Erfolge von Prof. P. SCHULTZE und Prof. H. V. Lengerken angewendet wurde.

freiem Chlor, welches dann den ganzen Tropfen durch Auflösen sättigt und gelb färbt. Dieses Chlor entfärbt nun in statu nascendi verhältnismäßig schnell das in dem Tropfen liegende Objekt. Der chemische Vorgang kommt durch die bekannte Formel $\text{ClO}_2\text{K} + 6 \text{HCl} = \text{KCl} + 3 \text{H}_2\text{O} + 3 \text{Cl}_2$ zum Ausdruck.

Man nehme jedoch am besten keine äquivalente Mengen, vielmehr ist ein gewisser Überschuß von Säure deshalb zu empfehlen, weil durch die Gegenwart von Säure eine noch tiefer greifende Bleichung verursacht wird. Bei „Diaphanol“ wird die Entfärbung durch Chlordioxyd ClO_2 hervorgerufen, dagegen bei meiner Methode spielt die entfärbende Rolle das Chlor „in statu nascendi“ deshalb auch die rapide Wirkung.

Bei Untersuchungen an fossilem (silurischem) Chitin (Graptolithen) stellte sich nun heraus, daß die Präparate zum Teil ihre verlorengegangene Elastizität wieder erhielten, wie das auch bei Diaphanol der Fall ist¹⁾. Nach der Behandlung zeigte sich, daß das fossile

färbt werden können; man nimmt dann am besten die Entfärbung in fest verschließbaren Glasgefäßen vor, und dehnt dieselbe, falls erforderlich, auf mehrere Stunden aus. Die Substanz des Objektes leidet darunter nicht an Haltbarkeit.

Ich habe ferner die Erfahrung gemacht, daß in allen den Fällen, wo durch das Diaphanol der gewünschte höchste Grad der Aufhellung nicht mehr erreichbar war, dieser durch eine nachträgliche Behandlung nach meiner Methode oft in wenigen Minuten erzielt wurde. Diese Methode kann also auch mit der Diaphanolmethode kombiniert werden. Ich möchte weiter darauf hinweisen, daß die Beschaffung von Diaphanol oft auf Schwierigkeiten stößt, da es meistens nicht überall und nur von wenigen führenden Firmen bezogen werden kann, und daß außerdem das Diaphanol bei längerer Lagerung seinen Gehalt an ClO_2 verliert und damit nicht mehr gebrauchsfähig bleibt. All diese Schwierigkeiten fallen bei der neuen Methode fort. PAUL KRAFT.

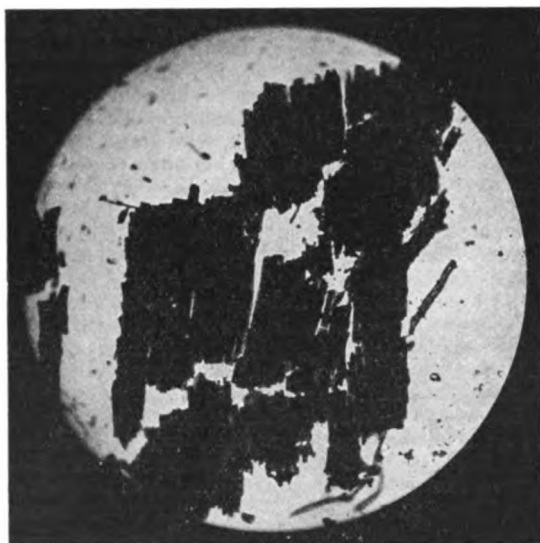


Fig. 1. Unentfärbt.

Zwei Dünnschnitte durch Braunkohlenholz. (Mikroaufnahme.)

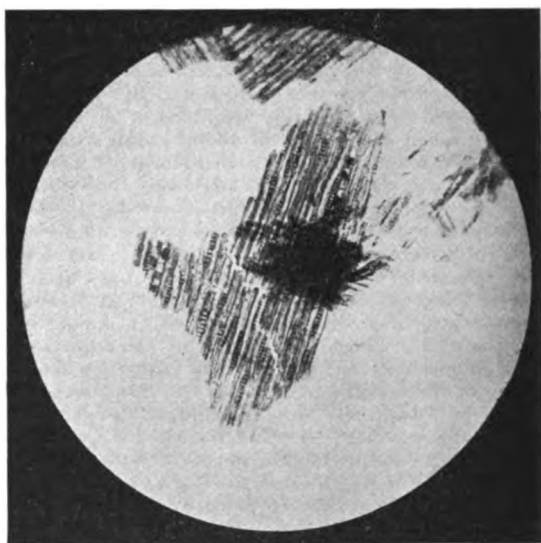


Fig. 2. Entfärbt (nach neuer Methode).

Chitin nicht zerstört, sondern bis in die feinste Struktur erhalten war und eine gelb-orange durchscheinende Farbe bekam, so daß man glauben könnte, rezente Objekte vor sich zu haben. Es ist unbedingt notwendig, nachdem die Objekte entfärbt sind, dieselben mit destilliertem Wasser auszuwaschen, wozu eine Pipette oder Capillare dient. Das Objekt wird dann in Canadabalsam eingebettet, wodurch es noch durchsichtiger wird. Die Methode kann auch erfolgreich zur Entfärbung fossiler Cellulose angewandt werden. Ich habe hier zur Erläuterung 2 Mikroaufnahmen von Schnitten durch in Braunkohle umgewandeltes miocänes Holz (aus der Samländischen Braunkohlenformation) abgebildet, wobei die eine Aufnahme Fig. 1 ein unentfärbtes Objekt, die andere, Fig. 2, ein Stück gleicher Dicke und von gleichem Holz nach 10 Minuten der Behandlung zeigt. Es ist natürlich, daß, je dünner die Schnitte durch das Braunkohlenholz sind, diese desto schneller entfärbt werden. Ich lasse nicht unerwähnt, daß auch größere Objekte nach der beschriebenen Methode ent-

¹⁾ Bei Diaphanol wurde das von Herrn Professor H. VON Lengerken, Berlin, festgestellt.

38. Hauptversammlung des Vereins deutscher Chemiker zu Nürnberg am 1.—5. September 1925. Zu Beginn der ersten allgemeinen Sitzung verkündete der Vorsitzende Prof. Dr. F. QUINCKE die Ehrungen, die seitens des Vereins beschlossen worden waren. Der Direktor der Badischen Anilin- und Sodafabrik, Prof. Dr. CARL BOSCH, wurde in Anbetracht seiner hervorragenden Leistungen auf technisch-chemischem Gebiet, insbesondere für die Ausgestaltung der technischen Gasreaktionen, zum *Ehrenmitglied* ernannt. Prof. Dr. GUSTAV TAMMANN, Göttingen, „der bahnbrechend die Eigenschaften von Krystallen, Lösungen und Schmelzen untersuchte und die Arbeit dreier Jahrzehnte durch Weisung neuer Wege in wissenschaftlicher und praktischer Metallographie krönte“, erhielt die *Liebig-Denkmünze*, und Prof. Dr. OTTO WARBURG in Berlin-Dahlem, „der in grundlegenden Untersuchungen über das Wesen der Aktivierung des Luftsauerstoffs durch Schwermetalle die Vorgänge bei der Atmung dem Verständnis nähergebracht und weiterhin über den Stoffwechsel der Geschwülste neue chemische Kenntnisse ge-

schaffen hat", die *Adolf von Baeyer-Denkminze* der *C. Duisburg-Stiftung*.

Die allgemeinen Vorträge betrafen Gegenstände, die augenblicklich von besonderer Bedeutung für die chemische Technik und Wissenschaft sind.

Prof. Dr. KLAGES aus Magdeburg sprach über die *Bekämpfung der Getreidekrankheiten mit chemischen Mitteln*. Rost, Brand und Fusarium vernichten jährlich einen sehr großen Teil der Getreideernte; für Steinbrand und Fusarium berechnet sich der Schaden allein in Deutschland auf rd. 200 Millionen Mark. Durch Beizung der gesamten Saatgutes könnten über drei Viertel dieser Summe erspart und unsere Körnerernte entsprechend vergrößert werden. An Stelle des in früheren Jahrzehnten hauptsächlich als Beizmittel verwendeten Kupfervitriols sind neuerdings komplexe Quecksilberverbindungen getreten; diese wirken noch energischer tödend auf die Pilzsporen, ohne die hemmende Wirkung auf die Keimung zu besitzen, die bei Kupfervitriol leicht eintritt. Sehr energisch wandte sich der Redner gegen das weitverbreitete Geheimmittelwesen im Pflanzenschutz, dessen Unterdrückung durch Reichsgesetz er befürwortete.

Prof. Dr. O. RUFF, Breslau, berichtete über *aktive Kohle und ihr Adsorptionsvermögen*. Die aktive Kohle ist seit einer Reihe von Jahren ein höchwichtiges technisches Mittel für die Verdichtung von Gasen und Dämpfen geworden. Prof. RUFF hat einerseits eine Methode zur quantitativen Bestimmung der Aktivität ausgearbeitet und andererseits die Bildung und das Verhalten des Kohlenstoffs bei höheren Temperaturen studiert und röntgenographisch verfolgt. Dabei konnte die Existenz des amorphen Kohlenstoffs, die in neuerer Zeit bezweifelt worden war, exakt nachgewiesen werden.

Prof. Dr. SCHÖNDORF, Hannover, schilderte die *Hannoverschen Erdölvorkommnisse*. Zwar bildet die deutsche Gewinnung an Erdöl nur einen winzigen Bruchteil der Gesamtproduktion der Erde, besonders seit wir durch die Abtrennung des Elsaß die in früherer Zeit wichtigsten Quellen verloren haben; für den deutschen Verbrauch ist aber das heimische Erdöl nicht ohne Bedeutung. Diese hat sich in den allerletzten Jahren erheblich gesteigert. Einerseits durch die Erschließung neuer Ölhorizonte mit ihren starken Springquellen und andererseits durch die Ausbildung des Schachtbetriebes. Während man beim Bohrbetrieb nur 10% des vorhandenen Öls gewinnt, kann man beim bergmännischen Arbeiten mit Ausbeuten bis zu 90% rechnen. Allerdings muß man den großen Gefahren dieser Betriebsart zu begegnen wissen.

In der zweiten allgemeinen Sitzung berichtete Fräulein Dr. IDA TACKE über die Entdeckung des *Rheniums und Masuriums*, die sie in Gemeinschaft mit Reg.-Rat Dr. NODDACK durchgeführt hat¹⁾. Die Darstellung größerer Mengen dieser Elemente hängt nur davon ab, wie große Mittel man dafür aufwendet.

Die volkswirtschaftlich besonders wichtige Aufgabe der Darstellung von Schwefeloxiden aus deutschen Rohmaterialien betraf der Vortrag Prof. Dr. J. W. MÜLLERS, Leverkusen: *Über das Gips-Schwefelsäureverfahren der Farbenfabriken vorm. Fried. Bayer & Co.* Der Krieg hat bei uns eine Reihe von Fabrikationsmethoden gezeitigt, die uns gestatten, statt importierten Pyrits die einheimischen Kalksulfate, Gips und Anhydrit, zur Gewinnung von Schwefeldioxyd und Schwefelsäure zu benutzen. Bei dem Verfahren der Farbenfabriken wird Gips mit Ton und ganz bestimmten Mengen Kohle im Drehrohrofen erhitzt und

dabei neben Schwefeldioxyd Portlandzement gewonnen. Da in diesem Fall nur Kohlendioxyd als Abfallprodukt entsteht, hat das Verfahren große wirtschaftliche Vorteile. — Es werden so in Leverkusen schon jetzt monatlich 100 t Schwefeldioxyd und 1000 t Zement gewonnen.

Es geht nicht wohl an, im Rahmen dieses Berichtes die zahlreichen *Fachgruppenvorträge* zu behandeln. Allein schon die Sitzungen der Fachgruppe für anorganische Chemie nahmen zwei Tage und die der Fachgruppe für organische Chemie einen Tag in Anspruch, obgleich den Vortragenden die Redezeit sehr knapp bemessen war. In der Fachgruppe für anorganische Chemie fand auch eine Aussprache über *Nomenklaturfragen* statt; die Abänderungen des Stockschen Systems, die hier vorgeschlagen wurden, bedeuten jedoch nach Auffassung vieler Fachgenossen keine Verbesserungen. Wie groß das Bedürfnis zum Zusammenschluß ist, geht daraus hervor, daß sowohl die *Sprengstoffchemiker* wie die *Wasserchemiker* die Bildung neuer Fachgruppen beschlossen haben.

Die *IV. Ausstellung für chemisches Apparatewesen „Achema IV"*, war in der städtischen Ausstellungshalle im Luitpoldhain untergebracht. Vermöge der anfeuernden Wirksamkeit des Begründers dieser Ausstellungen, Dr. MAX BUCHNER, Hannover, und der umsichtigen Leitung durch Dr. STEPHAN, Hannover, übertraf sie an Ausdehnung und Wert des Gebotenen alle früheren derartigen Unternehmungen. Trotz der Ungunst der Zeiten hatten sich die meisten größeren und viele kleinere Werke entschlossen, den versammelten Chemikern ihre Neukonstruktionen von Maschinen und Apparaten vorzuführen.

Über Papain-Lipase. (MARTA SANDBERG und ERWIN BRAND, Journ. of biol. chem. 64, 59—70. New York, Montefiore Hospital.) Die Verff. stellten im käuflichen Papain die Anwesenheit einer stark wirkenden Lipase fest. Die Untersuchung erfolgte nach den von WILLSTÄTTER und Mitarbeitern angegebenen Methoden. Die Papain-Lipase spaltet höhere Glyceride und niedere Ester. Das Enzym ist in Wasser unlöslich und entfaltet seine optimale Tätigkeit bei einer Temperatur von 35—40° C und einem p_H von 5,8—6,2 in Gegenwart von Acetattuffer. In verschiedenen Handelszubereitungen des Papains variierte der Lipasegehalt stark. Zusatz von Eialbumin, HCN oder gallensauren Salzen übte auf die lipolytische Tätigkeit des Papains weder in saurem noch in alkalischem Milieu einen Einfluß aus. Glycerin hemmt bei saurer und neutraler Reaktion, aktiviert dagegen im alkalischen p_H -Bereich. Calciumchlorid wirkt in alkalischem Medium unter Änderung des p_H fördernd, doch wird diese Wirkung in Anwesenheit von Eialbumin abgeschwächt. Diese letztere Wirkung läßt sich auch beim gereinigten Fermentpräparat feststellen. Die Verseifung folgt innerhalb eines bestimmten Bereiches der Regel von SCHÜTZ. Das Ferment ist gegenüber proteolytischen Enzymen verhältnismäßig beständig. Die Reinigung der Lipase erfolgt durch Behandeln des Handelspapains mit Wasser. Papain-Lipase unterscheidet sich von Ricinus-Lipase durch ihr p_H -Optimum und durch die Aktivierbarkeit mit $CaCl_2$ in alkalischem Medium.

Bemerkung über die Beziehung zwischen Insulin und Trypsin. (ERWIN BRAND und MARTA SANDBERG, Proc. of the soc. f. exp. biol. a. med. 22, 428. 1925. New York, Montefiore Hospital.) Es werden die in der Literatur vorliegenden, zum Teil einander widersprechenden Arbeiten über die Beziehungen zwischen Insulin und Trypsin besprochen. Eigene Versuche der Verff., die mit einem aus trockenem Pankreas her-

¹⁾ „Die Naturwissenschaften“ 13, 567. 1925.

gestellten Trypsinpräparat arbeiteten, hatten folgendes Ergebnis: Weder in Gegenwart von Insulin noch nach vorheriger Behandlung mit Insulin konnte bei verschiedenen Wasserstoffkonzentrationen ein Unterschied in der Aktivität des Trypsins festgestellt werden. Dagegen hemmt das Trypsin die Wirkung des Insulins

zuerst reversibel, später irreversibel. Die Verff. glauben, daß weitere Untersuchungen über die Wirkung des Insulin-Enzyms die Entscheidung bringen werden, ob proteolytische Fermente ohne Bildung einer Intermediärverbindung zwischen Enzym und Substrat ihre Tätigkeit entfalten können.
E. SIMON.

Astronomische Mitteilungen.

Untersuchungen über die Sonnenkorona. Die Gesamthelligkeit der Corona ist bei der Sonnenfinsternis am 24. Januar 1925 von KUNZ und STEBBINS¹⁾ mit Hilfe von lichtelektrischen Zellen untersucht worden. Eine gleiche Bestimmung ist bei der Finsternis von 1918 ausgeführt worden; die Vergleichung der beiden Resultate konnte deshalb über eine Verschiedenheit der Coronahelligkeit im Fleckenmaximum- und -minimum Aufschluß geben. Zur Verwendung kamen dieselben beiden Zellen, die 1918 benutzt wurden, und auch die Eichung konnte mit denselben 3 Normallampen wie damals vorgenommen werden. Die beiden Zellen wurden in zwei ganz gleichen und parallelen Rohren auf einer Fernrohrmontierung angebracht. Auf jede Zelle fiel das Licht eines kreisförmigen Himmelsausschnittes von 2° Radius. Wenn die Sonne in der Mitte des Feldes gehalten wurde, kam also die Strahlung der ganzen Corona zur Geltung. Der Betrag des vom Hintergrund herrührenden Lichtes wurde dadurch bestimmt, daß nach jeder Messung des Finsternisfeldes ein etwa 8° abseits liegendes Himmelsfeld gemessen wurde. Eine Unsicherheit birgt die Berücksichtigung der Extinktion in der Atmosphäre in sich, da die Höhe der Sonne über dem Horizont nur 17° betrug. Die Ergebnisse für 1918 und 1925 sind:

	Helligkeit der Corona in Meterkerzen	
	1918	1925
Beobachtet	0,60	0,29
Ohne Extinktion . .	1,07	0,93
(etwa = $\frac{1}{2}$ der Vollmondhelligkeit)		

Der Unterschied kann allein durch die Unsicherheit der Extinktion erklärt werden. Eine merkliche Änderung in der Helligkeit der Corona vom Maximum zum Minimum der Sonnenfleckenaktivität scheint also nicht stattzufinden.

Während bei dieser Untersuchung die Zusammensetzung der Coronastrahlung nicht weiter beachtet und durch die Benutzung derselben Zellen nur dafür gesorgt wird, daß in den beiden verglichenen Fällen dasselbe Wellenlängengebiet zur Wirkung kommt, gehen ebenfalls bei der letzten Finsternis vorgenommene Beobachtungen von STETSON und COBLENTZ²⁾ darauf aus, die Art der Coronastrahlung zu erkunden. Damit alle Wellenlängen erfaßt werden, wird eine Thermosäule mit Flußspatfenster in Verbindung mit einem Spiegelteleskop benutzt. Die Nullstellung der Apparatur wurde dadurch erhalten, daß man die beiden Lötstellen vor und nach jeder Coronamessung auf die dunkle Mondscheibe brachte. Die Messung der Coronastrahlung bezieht sich auf einen Punkt der inneren Corona in 2' Abstand vom Sonnenrande, einmal west-

lich und einmal östlich. Bei einem ersten Messungssatz fiel die Strahlung unmittelbar durch das Flußspatfenster auf die Zelle (Wellen bis 12 μ), bei einem zweiten Satz mußte die Strahlung vorher eine Glycerinzelle passieren, die ebenso wie die Wasserzelle nur die Wellen zwischen 0,3 und 1,4 μ durchläßt. Aus den Messungen ergibt sich, daß die kurzwellige Strahlung nur etwa 33% der Gesamtstrahlung ausmacht. Das ist ein erheblich kleinerer Anteil als bei der Strahlung der Sonne; die für die innere Corona gefundenen Intensitätsverhältnisse entsprechen einem schwarzen Körper von 3000°. Das bedeutet scheinbar einen Widerspruch zu dem Resultat LUDENDORFFS³⁾, der eine vollständige Übereinstimmung des Coronaspektrums mit dem Sonnenspektrum fand. In den Beobachtungen liegt aber kein Gegensatz; denn die Untersuchung LUDENDORFFS bezieht sich auf das Gebiet zwischen 0,382 und 0,484 μ , während bei STETSON und COBLENTZ die Wellen zwischen 8 und 12 μ den Unterschied zwischen Corona und Sonne bringen. Beide Beobachtungsergebnisse nebeneinander würden darauf hinweisen, daß neben der reflektierten Sonnenstrahlung noch eine Eigenstrahlung von niedriger Temperatur vorhanden ist. Im Zusammenhang hiermit wird darauf hingewiesen, daß es NICHOLS und HOWES⁴⁾ gelungen ist, von Oxyden bei Temperaturen von 1100–1500° Emissionen zwischen 4500 und 5200 Å zu erhalten, in einem Gebiet also, in dem auch die grüne Emissionslinie der Corona liegt.

Eine theoretische Untersuchung von ANDERSON⁵⁾ führt zu Schlußfolgerungen, die an die Beobachtungsergebnisse von LUDENDORFF und COBLENTZ erinnern. Nach der Zurückweisung aller anderen vermuteten Ursachen für die Coronastrahlung geht ANDERSON so vor: Er macht die Annahme, daß sich die Corona im adiabatischen Gleichgewicht befindet. Er kann dann zu jedem angenommenen Molekulargewicht der Coronamaterie die Temperatur errechnen, die an der unteren Grenze der Corona herrschen muß, wenn die beobachtete Ausdehnung der Corona herauskommen soll. Es zeigt sich, daß selbst Wasserstoff ganz unmögliche Temperaturen fordern würde (einige Millionen Grade) und erst nahe dem Molekulargewicht $\frac{1}{2000}$ vernünftige Werte erreicht werden. Für einen schwarzen Körper ist an der unteren Coronagrenze eine Temperatur von etwa 4500° anzunehmen, und das führt zu einem Molekulargewicht zwischen $\frac{1}{1784}$ und $\frac{1}{1985}$, also ziemlich genau auf das Atomgewicht des Elektronengases ($\frac{1}{1832,8}$). Durch Streuung an Elektronen (die deshalb auch LUDENDORFF vermutet hat) läßt sich die vollständige Übereinstimmung des Coronaspektrums mit dem Photosphärenspektrum erklären. W. KRUSE.

¹⁾ Siehe Naturwissenschaften 13, 700.

²⁾ Physical. review (2), 19, 300. 1922.

³⁾ W. ANDERSON, Die physikalische Natur der Sonnenkorona. Zeitschr. f. Phys. 33, 273 und 34, 453. 1925.

⁴⁾ A photographic comparison of the solar coronas of 1918 and 1925. Astroph. Journ. 62, 114.

⁵⁾ Measures of the radiation of the solar corona of January 24, 1925. Astroph. Journ. 62, 128.

Dr. W. KOLHÖRSTER deponierte am 16. Januar 1926 bei der Schriftleitung der Naturwissenschaften einen verschlossenen Briefumschlag, enthaltend seine neuen Ergebnisse über Höhenstrahlung.

Zur Morphologie und Stammesgeschichte des Affenschädels.

Von ADOLF NAEF, Zürich.

Seit DARWINS Lehre ihren leuchtenden Funken in die Trübe naturfremder Lebensbetrachtung warf, ist die „*Affenabstammung des Menschen*“ zum Stichwort oberflächlicher Meinungsverschiedenheiten geworden. In der wissenschaftlichen Welt hat es zwar nicht die Rolle gespielt, welche diejenigen ihm zuschreiben, deren Vorstellungen von organischer Formenmannigfaltigkeit aus dem Bilderbuch der Kindheit oder einer gelegentlich besuchten Schaubude stammen. Ja, man kann sogar einige Überraschung nicht verbergen, angesichts der Tatsache, daß es noch heute schwer ist, das von der Forschung zusammengetragene Material zur Diskussion dieser Frage einigermaßen vollständig herbeizutreiben, da es in geordnetem Zustand nirgends vereinigt ist. (Anlässlich neuer Funde und ihrer theoretischen Beurteilung durch mehr oder minder Berufene, ist es mir geradezu aufgefallen, wie wenig die maßgebenden Tatsachen selbst Fachleuten bekannt sind.)

Kein Zweifel, daß immer wieder die berühmten „missing links“ in den Zeitungsberichten auftauchen werden. Da ist es denn vielleicht nicht ohne Nutzen, wenn wir versuchen, einem größeren Kreise anschaulich zu machen, was da überhaupt vermißt wird. Es ist nämlich viel mehr und auch wieder viel weniger, als manche glauben, die es besser wissen müßten. Natürlich ist im letzten Sinne jedes Lebendige ein Glied im großen Zusammenhang des Werdens; die Frage, die hier speziell auf den Lippen liegt, ist die, ob zwischen den Menschen und den ihm heute am nächsten stehenden Tieren Wesen bekannt geworden sind, welche die bestehende (vom Standpunkt des Menschen gesehen) ungeheure Distanz überbrücken. Zeugen werden gesucht, welche einen Übergang durch wirkliche Umbildung im Laufe bestimmter Zeiträume denkbar erscheinen lassen und vorstellbar machen. (Von der Frage nach den Ursachen wollen wir hier völlig schweigen!)

Da ist nun klar: Alles Wissenswerte werden wir niemals erfahren; ein geschriebener Bericht kann nicht erwartet werden. Es handelt sich also darum, eine solche Einsicht in die Ordnung der Natur zu gewinnen, daß die fragmentarischen Funde, die glückliche Zufälle uns noch bescheren mögen, mit überzeugender Sicherheit gedeutet werden können, wobei dann der beträchtliche Spielraum des Nichtwissens und freiwilligen Glaubens sich von selber abgrenzt.

Zunächst ist hier aufzuräumen mit einem störenden Unsinn, von dem noch weniger der abseits stehende Laie als der forschende Zoologe lange Zeit hindurch besessen war, nämlich mit dem seltsamen Streben, die *heutige* Tierwelt, mit

dem Menschen an der Spitze, in mannigfacher Ordnung aufzureihen und die gewählten Verknüpfungen ohne alle logische Berechtigung für Ahnenfolgen und Stammbäume zu halten. Damit ging späterhin die Neigung der Paläontologen parallel, es mit den versteinerten Resten ebenso zu machen, obwohl diese ebensowenig Ausweise ihrer Herkunft mitführen. Immerhin hatte diese Disziplin den Vorteil, das relative Alter ihrer mehr oder weniger problematischen Stammväter zu kennen und also die Folge der Stufen wenigstens nicht ganz auf den Kopf zu stellen. Gelegentlich war auch das gefundene Material so vollständig, daß es sich sozusagen selbst zu natürlichen Reihen ordnete. Bei Primaten ist davon keine Rede.

Wirkliche Kenntnis des Werdens kann sich aber aus den Dingen selber und aus den realen Beziehungen zwischen denselben erst gewinnen lassen, wenn sie uns zunächst *Gesetzmäßigkeiten* verraten haben, welche den Zusammenhang verschiedener Lebensformen untereinander beherrschen. Solche bestehen nach alter Erfahrung zwischen direkt und nachweislich blutsverwandten Wesen und werden unter den Begriff der *Vererbung* gefaßt. Was und wie aber über Jahrmillionen hinweg vererbt wird, das zu erkennen, ist eine höchst besondere und schwierige Frage, von der wir später noch im allgemeinen handeln wollen. Solche Vererbung äußert sich jedenfalls im *natürlichen System*. Innerhalb desselben bildet der Mensch von heute eine einzige Art, weil alle seine Varietäten oder Rassen untereinander unbegrenzt fruchtbar sind. Sie erweitert sich zur Gattung durch Einbeziehung des viel stärker abgesonderten, ausgestorbenen Neandertalmenschen und zur Familie durch Anschluß von *Proanthropus Heidelbergensis* und *Pithecanthropus erectus* aus einer früheren Eiszeitperiode. Das sind die heute sicher bekannten *Hominidae*. Wenn wir sie mit den Gattungen *Gorilla*, Schimpanse und Orang-Utan vergleichen, welche nebst ausgestorbenen Vettern unter sich die Familie der *Pongidae* bilden, sowie mit *Australopithecus* (vgl. Naturw. 33, 705—707. 1925), ergibt sich eine typische Übereinstimmung weiteren Grades, der wir durch Bildung des umfassenden Kreises der *Anthropomorphae* Ausdruck verleihen. Lassen wir aus der Definition desselben wieder einige Bestimmungen weg, so können wir zu den Vorigen auch die *Hylobatidae* (Langarmaffen) hinzunehmen und bekommen so die Gruppe der *Anthropoidea* überhaupt. Ihnen stehen weiter alle Altweltaffen nahe, nämlich die zahlreichen Familien der (meerkatzenartigen) *Cercopithecidae* (Hundsaffen); durch deren Aufnahme rundet sich der Kreis der *Catarrhina* (Schmalnasen), welcher, mit

den Neuweltaffen oder *Platyrrhina* vereinigt, schließlich die Unterordnung der *Simiae* oder Affen ergibt. Sie bildet wieder mit den *Prosimiae* oder Halbaffen zusammen die Ordnung der Herrentiere oder *Primates*.

Dies fixiert rein begriffologisch die Stellung des Menschen zu den „Affen“ im natürlichen System: *Homo sapiens* ist eine Art der Gattung *Homo*, diese gehört zu den *Hominidae*, *Anthropomorphae*, *Anthropoidea* *Catarrhina*, *Simiae* in schrittweise erweiterten Kreisen, bzw. unter stufenweiser Verringerung der Definition um bestimmte Merkmale. Nicht „Mensch und Affe“ stehen sich da gegenüber, sondern *Homo sapiens* und *H. Neandertalensis*, *Homo* und *Pithecanthropus*, *Hominidae* und *Pongidae*, *Anthropomorphae* und *Hylobatidae*, *Anthropoidea* und *Cercopithecoidea*. Nach der allgemeinen Abstammungslehre entsprechen diesen Gegenüberstellungen ebensovielen Spaltungen des Artenstammbaumes. Von der Herkunft der *Hominidae* kann also nur im Sinne der Trennung von den *Pongidae* und *Australopithecoidea* die Rede sein, d. h. einer Sonderung aus dem älteren und weiteren Kreise der *Anthropomorphae*. Weiter rückwärts haben wir keinen Grund, von besonderen Ahnen des Menschen zu sprechen.

Eine andere Frage ist die, ob wir zu bestimmten Vorstellungen gelangen können von den *Urformen* der *Anthropoidea*, *Catarrhina*, *Simiae* usw., die zugleich solche der Menschen sein müssen. Unter dem Gesichtspunkt dieser Frage wollen wir zunächst eine Anzahl höchst interessanter Affenschädel betrachten, die uns schließlich eine Vorstellung vermitteln sollen, durch welche Stufen hindurch der des Menschen sich entwickelt haben muß und welches die bedeutsamsten Lücken sind, die unsere Kenntnis davon zur Zeit noch hat. Obwohl wir dabei ein Material vorlegen können, das auch dem Zoologen und Anthropologen nicht allzu vertraut und daher sicher willkommen ist, wollen wir uns doch im Interesse der Verständlichkeit auf das bildhaft Faßlichste, nämlich die Seitenansicht des Schädels beschränken, von allen ermüdenden Zahlen und Winkeln absehen und damit auch dem Laien einen direkten Einblick gestatten.

Systematisch verwandte Tiere, genauer: deren selbständig sich entwickelnde Teile, sind einander um so ähnlicher, je jünger die verglichenen Exemplare sind. Dies ist ein allgemeines Gesetz, das sich aus den Bedingungen stammesgeschichtlicher Abänderung ergibt und dessen korrekte empirische Fassung folgendermaßen lautet: *Soweit¹⁾ die Gestaltungsverhältnisse eines ontogenetischen Stadiums die des nachfolgenden körperlich hervorbringen²⁾ (und also bestimmen), besitzen sie, systematisch betrachtet, einen größeren Allgemeinheitsgrad als diese.* Stammesgeschichtlich gedeutet sind die voraus-

¹⁾ D. h. in denjenigen Teilen und Eigenschaften, in denen ...

²⁾ D. h. in sie „übergehen“.

gehenden Stadien im Gefüge der typischen Entwicklung also konservativer und heute demnach ursprünglicher (altertümlicher) als die von ihnen hervorgebrachten Bildungen. Wir können ohne weitere Einschränkung von einem Gesetz der konservativen Vorstadien sprechen, auf das sich weiterhin die Prinzipien vergleichender Formwissenschaft zu begründen haben.

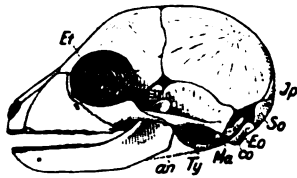
Es gibt früheste Stadien der menschlichen Keimesgeschichte, die allen andern Wirbeltierembryonen, von der Haifischstufe aufwärts, in geradezu verblüffender Weise gleichen. In viel speziellerer Weise gilt dies im Bereich der Schädelbildung: Zwischen allen Säugetierschädeln, um so mehr zwischen denen aller *Simiae* bestehen auf älteren embryonalen Zuständen Übereinstimmungen, die später verlorengehen, in dem Maße nämlich, als die einzelnen Formen ihren besonderen Zielen zusteuern. Aber noch auf sehr späten Entwicklungsstadien ist die Ähnlichkeit außerordentlich vollständig zwischen allen Vertretern des als *Anthropomorphae* zusammengefaßten Kreises, wie z. T. die weitere Darstellung lehren wird.

Alle Affen haben dicht vor der Geburt etwa den Zustand der Fig. 1 (Mitte) erreicht, auf der sie dem Menschen bereits durch eine sehr deutlich gewölbte Stirn, eine überhaupt höchst geräumige Schädelkapsel und stark verkürzte Schnauzenpartie gleichen. Ihre Augenhöhle ist durch Verbindung von Jochbein (*Ju*) und Stirnbein (*Fr*) von der Schläfengrube getrennt und die ganze Anordnung der Schädelteile zeigt den auch beim Menschen befolgten „Plan“. Im Verlauf der späteren Entwicklung wird diese Übereinstimmung in verschiedenem Grade abgeschwächt, am frühesten und gründlichsten bei den Hundsaffen. Am menschenähnlichsten bleiben unter diesen, soweit ich beobachten konnte, einige *Macacus*-artige Formen (Fig. 2), die also dem Ausgangspunkt zuletzt noch am nächsten stehen. Bei alten aber verlängert sich sekundär die Schnauze, Hand in Hand mit der Entwicklung eines mehr oder minder mächtigen Gebisses, das vielfach raubtierartige Mächtigkeit erreicht (Fig. 4). Dabei verflacht sich der Schädel; die kleine Stirn geht z. T. ganz verloren. Der große Keilbeinflügel (*Al*, Fig. 1) kann Schritt halten oder früh in der Entwicklung zurückbleiben, wobei dann die Scheitel- und Stirnbeine breit darüber zusammenstoßen.

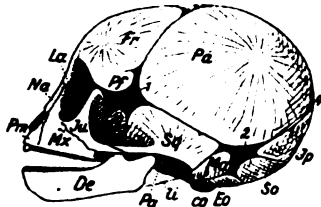
Bei den ursprünglichsten Anthropoiden, den Langarmaffen oder Gibbons ist der Unterschied vom urtypischen Affenschädel anfangs nicht groß. Immerhin ist die Hirnkapsel noch etwas stärker gewölbt und sinkt auch später nicht auf das Niveau der meisten Hundsaffen herunter. In der speziellen Ausbildung des Gebisses ist die Menschenähnlichkeit deutlich vermehrt, wobei es sich mehr um das Beibehalten uralter Zustände als um besondere Erwerbungen handelt; verschiedene hundsäffische Spezialisierungen bleiben fast oder ganz aus. Die Schläfengegend zeigt dasselbe Schwanken des bald mächtig entwickelten (Fig. 2), bald früh

zurückbleibenden Keilbeinflügels (Fig. 5, oben und unten!).

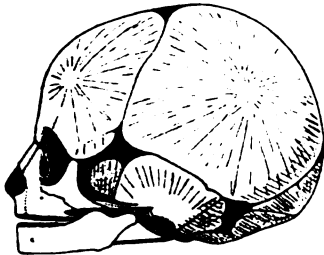
Bekanntlich bedeutet die Gesamterscheinung dieser Wesen eine höchst bemerkenswerte Verstärkung der menschlichen Züge. Der aufrechte



Raubtierembryo.



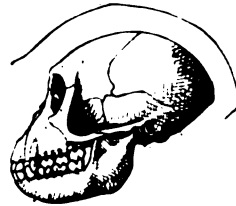
Affenembryo.



Menschenembryo.

Fig. 1. 3 Schädel reifer Embryonen zur Erläuterung der Vorstufen des Menschen. Oben: Urtypischer Zustand bei Placentartieren (Raubtier), wie wir ihn kurz vor der Geburt bei Katze oder Hund finden ($\frac{1}{2}$ natürl. Größe). Man kann die einzelnen Knochen leicht nach dem mittleren Bild bestimmen, bei dem allerdings einige nicht mehr so ursprüngliche Verhältnisse zeigen. (*Et* Siebbein), (*an* Eckfortsatz des Unterkiefers), (*Ty* Paukenbein, das Trommelfell einrahmend, hinter dem der Hammerstiel sichtbar wird). (*Ma* Warzenbein, in der entsprechenden Fontanelle liegend), (*co* Gelenkhöcker des Hinterhaupts), (*Eo*, *So*, *Jp* die 3 Teile des Hinterhauptbeins). Mitte: Entsprechender Zustand des Schädels bei Affen mit Ausnahme der Anthropomorphen ($\frac{1}{2}$ natürl. Größe). (1–4 die Fontanellen, d. h. die unverknöcherten Stellen der Schädelkapsel; sie heißen Keilbein-, Warzenbein-, Stirn- und Hinterhauptsfontanelle), (*Pa* Scheitelbein, *Fr* Stirnbein, *Pf* Postfrontale, *La* Tränenbein, *Na* Nasenbein, *Pm* Zwischenkiefer, *Mx* Oberkiefer, *Iu* Jochbein, *Al* großer Keilbeinflügel, *Sq* Schläfenbein, *Pe* Felsenbein, *De* Zahnbein oder Unterkiefer der Säugetiere, *li* Ligament zum Zungenbein. Unten: Entsprechender Zustand des Menschenschädels ($\frac{1}{2}$ natürl. Größe). In fast gleicher Weise wohl bei allen Anthropomorphen verwirklicht, die bis zur Geburt *äußerst menschlich* gebildete Schädel zeigen müssen, mit mächtig geweiteter Hirnkapsel und damit im Gegensatz stehen zu Hunds- und Langarmaffen.

Gang (auf den Füßen allein, ohne Benutzung der Hände), ist eine ihrer normalen Bewegungsarten geworden. Der Schwanz verkümmert, ebenso wie bei den eigentlichen Anthropomorphen, schon beim jungen Embryo; Backentaschen fehlen, die



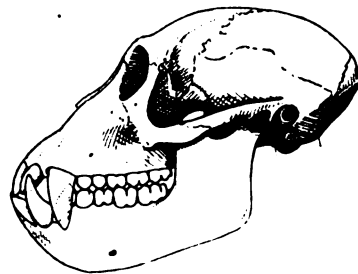
Macacusschädel und Pithecanthropus-Calotte.

Fig. 2. Schädel eines *Macacus*-artigen Hundsaffen auf der Entwicklungsstufe eines etwa 8jähr. Menschenkindes ($\frac{1}{3}$ natürl. Größe). Über dem Scheitel verläuft die Profilkurve des *Pithecanthropus*-Schädels, auf $\frac{1}{6}$ natürl. Größe reduziert: Man beachte die außerordentliche Übereinstimmung! Der kleine Schädel liegt in der Sammlung des morphologisch-biologischen Institutes der Universität Zagreb und ist ohne Apparat, aber sonst mit möglichster Genauigkeit gezeichnet. Ergänzt habe ich die oberen Milch-Schneidezähne, die (das Tier war im Zahnwechsel begriffen) bereits ausgefallen sind. Die Erscheinung des Schädels im ganzen und den meisten Einzelheiten ist für die *Catarrhina* urtypisch und bei den Vorfahren des Menschen in fast unveränderter Form vorauszusetzen.



Schweinsaffe.

Fig. 3. Skizze eines *Macacus Nemestrinus* (Schweinsaffen), nach MARSHALL („Die Tiere der Erde“) gezeichnet, zur Veranschaulichung der Beziehung zwischen Schädel und Fleischteilen des Kopfes (vgl. auch Fig. 11).

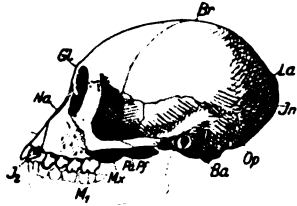


Hundsaffenschädel.

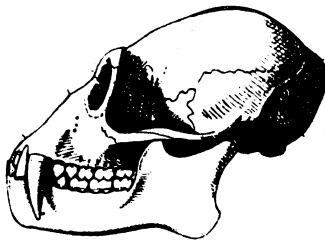
Fig. 4. Schädel eines erwachsenen Meerkatzenmannes. (*Cercocebus lunulatus* oder Weißscheitelmangabe). Nach einem Stück des anthropologischen Institutes in Zürich. Man beachte die (sekundär) übermächtige Entwicklung des spezialisierten Gebisses und das Zurückbleiben des Hirnschädels ($\frac{1}{3}$ natürl. Größe).



Hylobates-Kind.



Siamang, jung.



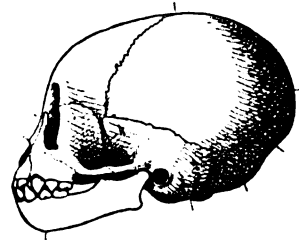
Siamang, alt.

Fig. 5. Zur Entwicklung des Hylobatidenschädels ($\frac{1}{3}$ natürl. Größe). Oben: Junges Kind von *Hylobates entelloides* aus Sumatra. Nach einem Exemplar des Zool. Museums in Zürich (andere Arten der gleichen Gattung sind höchst ähnlich)! Das Milchgebiß ist vollständig ($\begin{pmatrix} 2 & 1 & 2 \\ 2 & 1 & 2 \end{pmatrix}$). Die typische Zusammensetzung des

Schädels gleicht dem menschlichen Kind. Doch ist derselbe schon viel flacher als bei gleichalten Anthropomorphen, Augenhöhle und Auge größer, daher auch das Jochbein. Der Keilbeinflügel ist stark zurückgeblieben, im Gegensatz zur folgenden Gattung: Mitte: Halbwüchsiger Siamang (*Symphalangus syndactylus*). Der Schädel ist relativ noch flacher geworden, das Gebiß durch die ersten Mahlzähne (M_1) vervollständigt. Die 2. sind im Erscheinen begriffen. Von den oberen Milchzähnen sind die mittleren bereits gewechselt, die seitlichen treten eben zum Vorschein (ich habe aber zur Erläuterung außer der sichtbaren Spitze auch die spätere Form (J_2) der vorgewachsenen Krone gezeichnet!) Man beachte das Vordrängen der Schnauze bei Bildung der neuen Schneidezähne! Die Bezeichnungen beziehen sich auf die den Fachleuten bekannten Meßpunkte. Unten: Der Schädel eines ausgewachsenen Mannes derselben Art. Die glatte Außenfläche ist durch Kanten und Wülste zum Ansatz einer verstärkten Kiefer- und Nackenmuskulatur verunstaltet. Die Schnauze ist zur Aufnahme eines mächtigen Gebisses verlängert, in dem die (rückwärts scharfkantigen) Eckzähne vor allem als Waffen dienen. Die Backenzähne nähern sich der menschlichen Form, sind aber relativ bedeutend stärker. Man beachte vor allem auch die Verschiebung des Gelenkhockers am Hinterhaupt, der nun weit hinten liegt, während er beim Kind nach Menschenart auf der Unterseite der Hirnkapsel lag und also viel besser geeignet war, dieselbe aufrecht zu tragen.

Gesäßschwien sind klein. Auch eine relativ bedeutende Körpergröße (bis 1 m), sowie die Erzeugung verschiedener Laute mit Hilfe von Lippen und Zunge und die Unterscheidung bestimmter Tonintervalle nähern sie dem Menschen. Geschwänzte Affen scheinen sie zu verabscheuen.

Berühmt ist ihre Akrobatik, durch die sie als die vollendeten Kletterer des Urwaldes erscheinen. Ich zitiere darüber BREHM (1919, Bd. 4, S. 616): „Mit unglaublicher Raschheit und Sicherheit erklettert der Wauwau, laut DUVAUCEL, einen Bambusrohrstengel, einen Baumwipfel oder einen Zweig, schwingt sich auf ihm einige Male auf und nieder oder hin und her und schnellst sich nun, durch den zurückprallenden Ast unterstützt, mit solcher Leichtigkeit über Zwischenräume von 12–13 m hinüber, drei-, viermal nacheinander, daß es aussieht, als flöge er wie ein Pfeil oder ein schief abwärts stoßender Vogel. Er springt ohne Not über Zwischenräume, was er durch kleine Umwege leicht vermeiden könnte, ändert im Sprung die Richtung und hängt sich an den ersten besten Zweig, schaukelt und wiegt sich an ihm, ersteigt ihn rasch, federt ihn auf und nieder und wirft sich wieder hinaus in die Luft, mit unfehlbarer Sicher-



Hylobates-Kind.

Fig. 5a zeigt das obere Bild der vorigen Figur schwächer verkleinert und daher deutlicher. $\frac{1}{2}$ natürl. Größe. Es veranschaulicht die typische Gesamterscheinung eines Affenkinderschädels, die bei Anthropomorphen dann (Fig. 6) in besonderer Weise modifiziert ist, unter starker Annäherung an menschliche Verhältnisse. (Bei Hundsaffen finden wir dagegen fast genau das vorliegende Bild!) — Man beachte den zurückgebliebenen Keilbeinflügel (k), über dem Stirn- und Schläfenbein zusammenstoßen. Es ist sehr bemerkenswert, daß die verwandte Gattung *Symphalangus* (Fig. 5) das entgegengesetzte, über die menschlichen Zustände (Heft 33, S. 706) noch hinausgehende Extrem zeigt, indem Keil- und Schläfenbein breit aufeinander treffen, wie es auch bei Hundsaffen vorkommt.

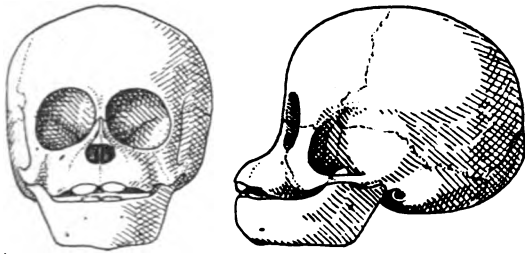
heit einem neuen Ziele zustrebend.“ Dies mag zugleich ein Streiflicht auf das geistige Wesen dieses „Bindegliedes“ zwischen niederen und Menschenaffen werfen. Nicht als ob hier ein Ahn der letzteren unverändert vorläge; wohl aber sehen wir die Ausgestaltung von Möglichkeiten, welche schon die wirkliche Übergangsform in sich getragen haben muß, naturhaft geschildert.

Noch viel enger schließt sich um die menschliche Norm, der Kreis der Anthropomorphen. Wenn wir die Schädel Neugeborener ins Auge fassen,

ist die Ähnlichkeit eine ganz verblüffende; doch zeigen auch noch viel spätere Stadien der Entwicklung überraschend menschenähnliche Züge. Fig. 6 zeigt z. B. einen kleinen Orang, bei dem eben die ersten Milchzähne durchgebrochen sind. Die Vorderansicht mag für sich selber sprechen. Von der Seite sehen wir allerdings eine seltsam vorragende Schnauze; sie ist unter steiler Stirn und geradeaus gerichteten Augenhöhlen um so auffallender. Das Tiermaul ist aber in dieser Form bereits kein primärer Zug mehr und müßte auf wenig jüngeren Stadium so ziemlich die Proportionen der Fig. 1 (unten) zeigen. Bemerkenswert

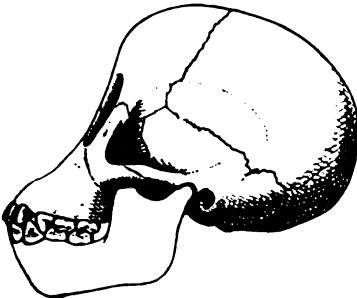
weiteren Fortschritte und das fertige Milchgebiß zeigt keine besonders mächtige Entfaltung. Zur reinen Ernährung ist eine solche offenbar nicht nötig. Ganz anders verhalten sich die späteren Phasen.

Dagegen springt schon hier ein Zug ins Auge, den alle Anthropomorphen, mit Ausnahme jüngster Säuglingsstadien erkennen lassen: Der zahntragende Teil des Oberkiefers ist eigentümlich nach unten gewachsen, etwa so, als ob er für längere Wurzeln Platz schaffen müßte. Der Unterkiefer ist entsprechend ausgewichen, was durch die Ausbildung eines fast rechtwinklig aufsteigenden Astes, welcher am Schläfenbein eingelenkt ist, geschehen konnte. Dieser Ast ist auf früheren Stadien niedrig und sehr schräg gestellt, bei allen Anthropomorphen samt dem Menschen (Fig. 1) in



Orang-Kind.

Fig. 6. Schädel eines ganz jungen Kindes vom Orang-Utan (*Pongo pygmaeus*) ($\frac{1}{3}$ natürl. Größe). Nach SELENKA 1899, S. 158. Die Hirnkapsel ist außerordentlich menschlich; die Schnauzenpartie dagegen (auffallend früh) in der für Orang typischen Weise vorgeschoben.

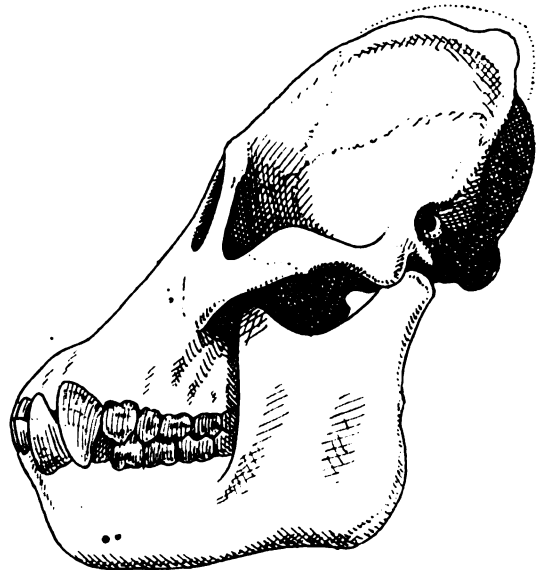


Älteres Orang-Kind.

Fig. 7. Orangschädel auf der Entwicklungsstufe eines menschlichen Kindes von etwa 6 Jahren, d. h. mit voll entwickeltem Milchgebiß. Nach einem Stück des Anthropologischen Institutes in Zürich ($\frac{1}{3}$ natürl. Größe). Die Einfügung des Keilbeins geschah hier in der für Pongiden gewöhnlichen Form, im Gegensatz zu der vorigen Figur. Beide Varianten können am gleichen Schädel (rechts-links) vertreten sein. Die Schnauzenpartie hat bereits weitere, aber keineswegs unmaßige Fortschritte gemacht, die Hirnkapsel ist noch höchst geräumig.

ist der nach dem Menschentypus wohl entwickelte Keilbeinflügel (punktirt) in der Schläfengrube, der bei Menschenaffen sonst, mit Ausnahme von *Australopithecus*, nach Art aller folgenden Figuren zurückgeblieben ist, beim Orang aber noch immer ein schwankendes Verhalten zeigt.

Im Verlauf der weiteren Entwicklung (Fig. 7) macht die Schnauze zunächst keine auffälligen



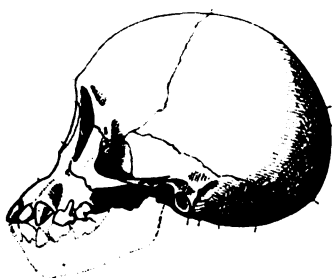
Orang-Mann.

Fig. 8. Schädel beim ausgewachsenen Orangmann ($\frac{1}{3}$ natürl. Größe). Das Verhältnis zwischen Schnauze und Hirnschädel hat sich in ungeheurerlicher Weise verschoben. Das Gebiß stellt eine Mühle und Waffe von außerordentlicher Stärke dar, und das Gewicht des ganzen Kieferapparates hat ein besonderes Tragkissen (von den Kehlsäcken gebildet) nötig gemacht. Die Hirnkapsel ist dagegen völlig zurückgeblieben, obwohl ihr relativer Umfang durch die Knochenwülste auf Scheitel und Hinterhaupt noch zu günstig dargestellt wird.

ganz ähnlicher Weise. Durch diese Entwicklung wird offenbar eine geräumige Mundhöhle und ein Spielraum für die Zunge geschaffen; was für das Zustandekommen einer Lautsprache bei den Vorfahren des Menschen höchst bedeutsam sein mußte. Bei den Hylobatiden und Cercopitheciden (Fig. 2 und 5) ist eine solche Dehnung der Mundhöhle erst angedeutet.

Fig. 8 zeigt uns einen ausgewachsenen Orangmann im gleichen Maßstab. (Das weibliche Tier

würde ähnliche Proportionen in weniger extremer Ausbildung zeigen und vor allem der Knochentämme entbehren). Im Gegensatz zu jugendlichen Stadien, die sich mehr durch Behendigkeit und Intelligenz auszeichnen, scheint der reife Orang ein sehr wehrhaftes Tier zu werden. Sein Gebiß erlangt eine fast unwahrscheinliche Mächtigkeit und bedingt eine kolossale Vergrößerung der Kiefer, die dem Schädel als Ganzes ein stark verändertes Aussehen geben. Wenn man vom Orang nichts als den fertigen Schädel kannte, dürfte es einermäßen schwer halten, skeptische Laien von ihrer nahen Verwandtschaft mit diesem Ungeheuer zu überzeugen. Und der Laie hat ganz recht: die Pongiden sind zwar unsere *nächsten* Verwandten im Tierreich, ein Zweig am gleichen Ast. Aber diese Zweige sind recht lang: Eine seit Jahrmillionen dauernde selbständige Entwicklung hat nicht nur aus dem Menschen, sondern auch aus dem Orang etwas recht anderes gemacht, als die gemeinsamen Vorfahren einst waren! Soviel mag uns dieser eine Schädel lehren, der übrigens kein



Schimpansen-Kind.

Fig. 9. Schädel eines Schimpansenkindes ($\frac{1}{3}$ natürl. Größe). Nach einem Exemplar des Zool. Museums in Zürich. Unterkiefer nur punktiert angedeutet, um die Schädelbasis frei zu lassen. Die Schnauzenentwicklung gleicht trotz stark vorgezogener Zähne erst jetzt dem (viel jüngeren) Orang der Fig. 6. Die Hirnkapsel ist trotz der fliehenden Stirn und dem zurückgebliebenen Keilbeinflügel nicht weniger menschlich als dort. Jochbogen, Wangenbein, Augenhöhle, Ohrgegend aber sind im äußersten Grade den entsprechenden Bildungen unserer Kinder ähnlich. Man vergleiche darüber einen späteren Aufsatz!

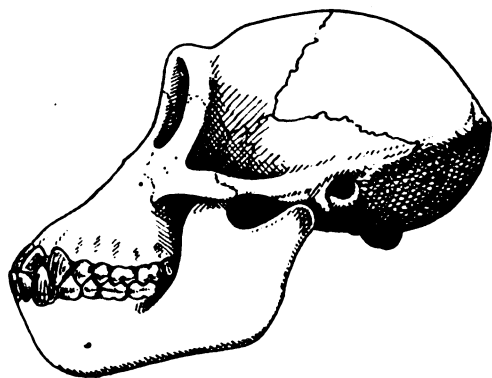
Extrem darstellt: Die punktierte Linie deutet die Höhe der Knochentämme auf Scheitel und Hinterhaupt bei einem andern Individuum an. (Zürich, Anthropologisches Institut.)

Ähnlich wie der Orang der malayischen Inseln verhält sich sein afrikanischer Vetter, der Schimpanse (*Pan chimpanse*). Fig. 9 zeigt ein junges Kind, einem menschlichen von $1\frac{1}{2}$ Jahren vergleichbar; eben brechen seine 2. Backenzähne durch.

Die hohe Menschenähnlichkeit des Ganzen muß auch dem ungewöhnten Auge auffallen. Sie ist aber in einzelnen Teilen überraschend vollkommen und man begreift, wenn der Anthropologe immer wieder auf den Schimpansen als nächsten Vetter verfällt. Näher blutsverwandt ist er mit uns trotzdem

nicht als andere Pongiden, nur in manchen Teilen weniger, in anderen dafür mehr, von der Wurzel aller Anthropomorphen abgewichen. Schon auf diesem Stadium zeigt er trotzdem auch seine besonderen Neigungen: Sein Maul ist in durchaus eigentümlicher Weise (nicht einfach nach Affenart) zur *Pinzette* vorgezogen, weniger zum Zerbeißen, als zum Fassen von Gegenständen jeder Art geeignet. Der Schimpanse hat dies wie der Orang nötig, wenn die Hände beim *Klettern* beschäftigt sind. Man vergleiche den mehr am Boden lebenden jungen Gorilla (Fig. 12).

Die spätere Entwicklung liefert auch hier ein sehr mächtiges Gebiß und ein zurückgebliebenes Hirn. Doch ist diese Veränderung bei weitem nicht so extrem wie beim Orang. Die Knochentämme des Schädeldaches bleiben aus, weil die Kaumuskeln nicht ganz bis zur Scheitellinie aufwärts greifen, auch nicht beim Manne. Immerhin ist der Gegensatz von Kind und Vater groß genug.



Schimpansen-Weib.

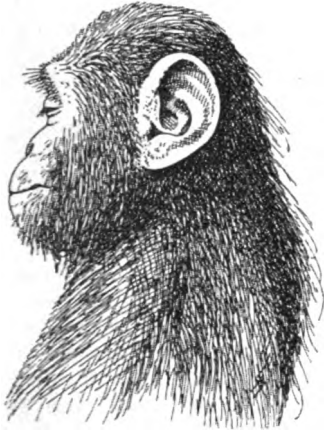
Fig. 10. Schädel eines erwachsenen Schimpansenweibes ($\frac{1}{3}$ natürl. Größe). Man beachte auch hier das sekundäre Überwiegen der Kieferpartie über den zurückbleibenden Hirnschädel, die mächtig entwickelten Jochbögen und Augenbrauenwülste, sowie die Knochenerhebungen am Hinterhaupt zum Ansatz der Nackenmuskulatur, welche den vorn überhängenden Kopf im Gleichgewicht halten muß!

sogar der zwischen Kind und Mutter! Die beiden Geschlechter unterscheiden sich hier allerdings viel weniger, obgleich auch beim Schimpansenmann die Krone des Eckzahnes doppelt so lang wird wie die des folgenden Backenzahnes und im Scheiteltamm wenigstens im hinteren Teil angedeutet werden kann.

Das Profilbild dieses bestbekannten Anthropomorphen gibt Fig. 11. Sie zeigt das bereits ziemlich ausgewachsene Tier, dessen Gesamterscheinung *außerordentlich* variabel ist. Färbung und Behaarung, sowie die Bildung des Gesichtes nähern sich in verschiedenem Maße dem Gorilla; auch die meist riesigen und abstehenden Henkelohren können anliegend und von sehr manierlicher Größe sein (beim Gorilla sind sie stets klein).

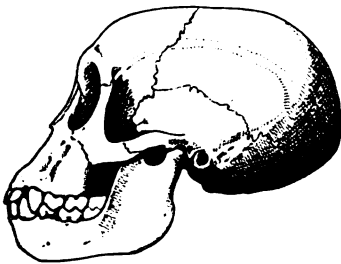
Am spätesten unter lebenden Pongiden setzt

die absteigende Entwicklung des Schädels beim Gorilla ein, der überhaupt manches an Menschenähnlichkeit vor den andern voraus hat, wie wir schon früher feststellten (Naturw. 1925, S. 705). Fig. 12 zeigt zwar bereits eine deutlich vorgeschobene Schnauzenpartie. Doch ist nicht zu verkennen, daß sie unter dem Oberbau des Kopfes noch viel harmonischer eingefügt ist als bei Fig. 9. Der frei vorragende Nasenrücken weist daher über die nur wenig vorgezogenen Schneidezähne hinweg; wir haben



Schimpansen-Jüngling.

Fig. 11. *Erwachsener, aber noch jugendlicher Schimpanse.* Nach einer Photographie von MOLLISON; vgl. MARTIN, Lehrb. d. Anthropol. S. 371 (etwa $\frac{1}{4}$ natürl. Größe). Die Verlängerung des Kiefers hat hier noch nicht ihr Extrem erreicht, das Ohr ist von normaler Größe. Im ganzen hat man das typische Bild eines Menschenaffen vor sich, das eine nachträgliche Umbildung bereits stark vom kindlichmenschlichen Vorzustand entfernt hat (man vgl. darüber spätere Bilder!).



Junger Gorilla.

Fig. 12. Schädel eines jungen Gorilla (*Gorilla gorilla*). Nach SELENKA 1899, Taf. 8, Fig. 171, umgezeichnet ($\frac{1}{2}$ natürl. Größe). Dies ist, in der Gesamterscheinung, der menschenähnlichste Tierschädel, dessen Abbildung mir aus der Literatur bekannt geworden ist. Trotzdem verrät schon das zurückgebliebene Keilbein (K) eine von der unserigen längst abgesonderte Entwicklungsreihe und deutet den (allerdings noch sehr wenig betonten) Eigencharakter der Pongiden an. Auch das Gebiß, aus den 20 Milchzähnen bestehend, zeigt eine stärkere Differenzierung der Zähne, wie sie für die Pongidenfamilie charakteristisch ist. Der vordere Backenzahn hat die für Schimpansen und Gorilla spezifische Form (gegen Orang und Mensch).

ein zwar kräftiges Maul, aber nicht das Greifinstrument des Schimpansen oder Orang vor uns. Die Schädelkapsel ist gegenüber jungen Stadien bereits relativ verkleinert, vor allem aber abgeflacht und auffallend lang; das Ganze hat dabei eine durchaus unverkennbare Ähnlichkeit mit den urmenschlichen Verhältnissen der Neandertaler Rasse (Naturw. 1925, S. 707). Eine etwa auffallende Verschiedenheit in der Stellung der Augenhöhlen erklärt sich dadurch, daß die Brauenbögen hier noch nicht stärker ausgebildet sind. Auch der jugendliche Neandertaler-Mensch zeigt eine entsprechende Verschiedenheit vom alten (man vgl. eine spätere Figur, sowie die Abhandlung von H. WEINERT über den Schädel von LE MOUSTIER, Berlin, Springer 1925).

Trotzdem liegt auch hier nicht etwa ein Zeugnis besonderer Verwandtschaft vor, etwa auf eine spezielle Gorillaabstammung des Menschen deutend. Ebenso wenig gestatteten beim Orang oder Schimpansen oder beim *Australopithecus* die besonderen Übereinstimmungen eine so voreilige Erklärung. Es fehlt ja auch nicht an Zügen, welche trotz allem die frühe Absonderung vom Menschenstamm betonen: Das Gebiß zeigt nicht nur spezielle Pongidenmerkmale, sondern auch solche, die für die beiden afrikanischen Gattungen allein charakteristisch sind, während der Orang im Sinne des Menschen von ihnen abweicht. Der Jochbogen hat bereits eine Krümmung, wie sie nur dem Gorilla zukommt und eine auch beim Urmenschen nicht beobachtete Stärke.

Der Schädel des älteren Gorilla macht anscheinend genau die gleichen Wandlungen durch, die wir beim Orang und Schimpansen kennen lernten. Doch sind gewisse Besonderheiten nicht zu übersehen: So mächtig auch die Kiefer werden (Fig. 13), so wird doch die Schnauze nicht in der Art des Schimpansen und Orang unter dem oberen Teil des Gesichtes vorgezogen. Der Nasenrücken bleibt in der Seitenansicht stets wohl sichtbar, vielfach frei vorragend, während ihn schon jugendliche Orangs und ältere Schimpansen völlig eingedrückt zeigen. Dabei spielen allerdings nicht selten Verletzungen mit: Wie viele Hundsaffen, so zeigen auch die meisten Menschenaffen, die ich untersuchen konnte, am Schädel Spuren mißglückter Abenteuer, die sie wohl recht unsanft aus luftiger Höhe beförderten.

Der Schädel des weiblichen Gorilla entfernt sich so unter lebenden Anthropomorphen architektonisch am wenigsten von der typischen Jugendform, wenn auch, der bedeutenden Größe entsprechend, die Knochenwülste am Hinterhaupt etwas stärker werden als beim Schimpansen. Um so auffallender ist die sekundäre Veränderung des männlichen Schädels. Seine kantigen Brauenwülste überragen die dadurch sehr tief liegenden Augen in unheimlicher Weise und die Mittellinie des Scheitels krönt ein scharfer, hoher Helm-kamm, welcher mit den ebenso entwickelten Knochenleisten des Hinterkopfes zur charakte-

ristischen Pyramidenspitze zusammentrifft, ähnlich, aber viel mächtiger als beim Orang. Der unbefangene Betrachter gewinnt so viel eher den Eindruck eines scheußlichen Raubtiers als den eines Wesens, das einst nahe daran war, die Krone der Schöpfung zu bilden.

Wenn wir zum Schluß diese Tatsachen zusammenfassen und deuten wollen, erweist sich die Aufgabe als nicht allzu einfach; jedenfalls kann dies nicht sozusagen in einem Zuge geschehen. Wir haben vielmehr zweierlei Stufen zu berücksichtigen, nämlich die des natürlichen Systems und die der individuellen Entwicklung. Wenn wir den ganzen Zusammenhang *stammesgeschichtlich* auffassen wollen, kommt noch eine 3. Stufenfolge hinzu, nämlich die der geologischen Zeitrechnung, innerhalb deren jeder Typus einen mehr oder minder sicher bestimmbareren Platz hat. Offenbar genügt unser Material für eine so umfassende Synthese noch nicht und wir werden noch einiges weitere herbeischaffen müssen, ehe wir ein letztes Urteil fällen. Soviel ist aber schon jetzt zu sagen:

vergrößerte Gehirn. Die Schläfenlücke schließt sich auf verschiedene Weise, entsprechend den gegebenen Möglichkeiten. Die schwankende Wachstumsenergie der 4 hier im Kreuz zusammentreffenden Knochen bestimmt darüber, ob Keil- und Scheitelbein oder Stirn- und Schläfenbein zuerst zusammentreffen. Überhaupt hat man sich klarzumachen, daß es die Morphologie nicht mit starren oder abstrakten Formen, sondern mit den bildenden Kräften mehr oder weniger harmonisch zusammenwirkender Teile zu tun hat. Das ist gedanklich zu berücksichtigen, ob wir nun praktisch lebende Tiere, tote Skelette oder gar Versteinerungen zur Beurteilung in Händen haben.

Bei den Anthropoiden haben wir die gleiche Kombination in mindestens leicht gesteigerter Form vor uns (*Hylobatidae*); ebenso bei den eigentlichen Anthropomorphen; hier aber sind die Schädel- und

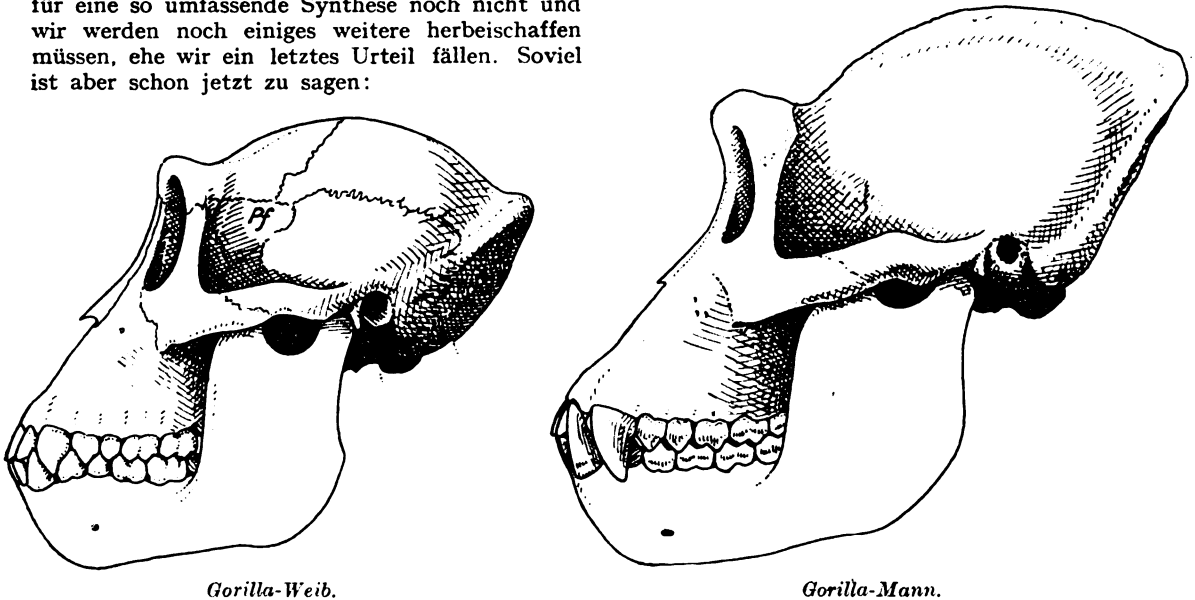


Fig. 13. Schädel eines ausgewachsenen, aber noch jugendlichen Gorillaweibchens und eines älteren Gorillamannes ($\frac{1}{3}$ natürl. Größe). Nach Exemplaren des Züricher zool. Museums. Man beachte die bedeutende Verschiedenheit der Geschlechter. Der Mann entfernt sich durch viel stärkere Zähne, vor allem Eckzähne, und Augenbrauenwülste, sowie durch die eine ungeheure Kau- und Nackenmuskulatur verratenden Knochentämme mehr als das Weibchen vom indifferenten Jugendzustand. Der weibliche Schädel könnte als Normaltypus der Pongiden gelten, wenn nicht die Absonderung eines mächtigen Postfrontale (Pf) vom Stirnbein bei dem vorliegenden Exemplar einen abnormen (atavistischen) Zug darstellte (man vgl. den normalen Jugendschädel).

I. Für die reifen Embryonen aller Simiae ist eine Schädelform typisch (Fig. 1, Mitte), die gegenüber andern Säugetieren eine sehr bedeutende Vergrößerung der Hirnkapsel und eine relative Verkürzung der Kieferpartie bringt, bei der die Augenhöhlen nach vorn gerichtet (plastisches Sehen!) und von den Schläfengruben durch Verbindung des Stirn- und Wangenbeins abgetrennt sind. Eine mehr oder minder steile Stirn- und ein beträchtlich gedehntes Hinterhaupt, sowie die sich nur sehr allmählig schließende weite Schläfenfontanelle verraten die Anpassung des Skeletts an das mächtig

Gehirnproportionen in der Anlage durchaus menschlich geworden (Fig. 1, unten).

II. Der Schädel des jungen Kindes (Säuglings) bewahrt bei allen Simiae viel von der angelegten Menschlichkeit. Er zeigt stets noch eine deutliche Stirn (wie spätere Bilder dartun werden). Bei den Anthropoiden ist dieses Verhalten mindestens (*Hylobatidae*) noch etwas stärker betont, bei den eigentlichen Anthropomorphen aber hat der Säugling *immer* eine schöne freie Menschenstirn, wie man zunächst Fig. 6 entnehme! Man weiß, daß auch der heutige Mensch darin zuerst stets weiter

geht als der Erwachsene seines Typus vermuten ließe; die Stirn wird später relativ flacher, das Gehirn schließt sein Hauptwachstum früher ab als der übrige Körper, ebenso wie das Auge und andere hochdifferenzierte Organe.

III. Der Jugendschädel (um die Zeit des Zahnwechsels) zeigt bei allen Simiae, ebenso wie bei anderen Tieren, bereits die beginnende Auswirkung dieses ungleichen Wachstums. Die Stirn flacht mehr oder minder stark aus (Fig. 2). Bei den Anthropoiden ist die verbleibende Wölbung aber noch immer sehr merklich (Fig. 5, Mitte) und bei den Anthropomorphen persistieren (Fig. 7, 9, 12) noch jahrelang höchst menschenartige Verhältnisse mit sehr beträchtlichen Schwankungen, die beim *Australopithecus* ins Extrem gehen, soweit die Hirngröße und Schädelwölbung in Frage steht.

IV. Bei den heranwachsenden Tieren tritt das Gemeinsame innerhalb jeder Gruppenbildung immer mehr zurück. Der Eigencharakter der Arten baut sich hier auf der altererbten, urtypischen Grundlage auf. Dabei verstärkt sich zwar *überall* der Kieferapparat im Verhältnis zum Hirnschädel und die Masse der Wandung im Verhältnis zum Binnenraum des letzteren. Doch gibt es auch unter den Hundsaffen Formen (z. B. *Lasiopyga cephus* und andere meerkatzenartige), bei denen die Verhältnisse der Fig. 2 sich nur unbedeutend ändern. Die Schnauze bleibt kurz, der Schädel gut gewölbt und der urtypische Charakter leidlich gewahrt. Bei andern, vor allem bei den pavianartigen, verlängert sich die Schnauze eigentlich hundemäßig, was den heutigen Lebensbedingungen der im Kampf ums Dasein offenbar immer wehrhafter gewordenen Tiere entspricht. Für die Anthropoiden muß eine sehr *deutliche* sekundäre Verstärkung der Kieferpartie ebenfalls als charakteristisch gelten (mit Einschluß des Menschen). Doch führt sie nur im Falle spezieller Anpassung zu schräg vorgezogenen Schneidezähnen (Fig. 9). Auch die Ausbildung stark verlängerter Eckzähne

ist im obigen Sinne als eine sekundäre Steigerung dieser altererbten Waffe aufzufassen, wie sie bei allen Säugetieren da auftrat, wo die Lebensbedingungen es erforderten. (Die ältesten Anthropoiden besaßen fast menschliche kleine Eckzähne.)

Bei den eigentlichen Anthropomorphen haben wir 2 Typen der gesteigerten Schnauzenentwicklung zu unterscheiden, nämlich die Orang-Schimpanseform, welche eine unverkennbare Anpassung ans Baumleben (Greifinstrument) darstellt, und die des Gorilla, die lediglich eine Verstärkung des Beiß- und Kauapparates, ohne übermäßige Störung im Gefüge des Vorderkopfes, bedeutet. Die letztere kann allein für die Pongiden als ursprünglich gelten, da sie durch eine direkte Weiterbildung des primär angelegten Typus entsteht. Die ältesten Vertreter der Familie (im oberen Miocän) mußten, nach den vorhandenen Resten zu schließen, bereits sehr ähnliche Verhältnisse — wie etwa das Gorilla-weibchen der Fig. 13 — zeigen.

Eine andere Frage ist die, ob oder wie weit wir für die Anthropomorphen überhaupt, d. h. für die den Hominiden und Pongiden gemeinsame Urform die sekundäre Schädelentwicklung der letzteren als typisch und ursprünglich ansehen können. Eine nähere Erwägung dieser Frage wollen wir einem folgenden Aufsatz vorbehalten, welcher Pongiden und Hominiden etwas strenger vergleichen soll. Zunächst ist klar: Der Augenschein zeigt in der Geschichte des Pongidenschädels einen ungeheuren sekundären Abfall von einer unverkennbar primär eingeschlagenen und noch jahrelang von jedem Individuum verfolgten, menschlich gerichteten Entwicklung und schon die Urform der Familie für sich allein kann nur menschenähnlicher gedacht werden als ihre einzelnen heutigen Vertreter. Schon diese Urform aber muß in eine weite Vergangenheit zurückverlegt werden, mindestens ins mittlere Miocän. Denn im oberen ist der spezialisierte, heutige Charakter bereits festgelegt.

Über die Regelung des Auftriebes von Luftschiffen.

VON KURT PETERS UND PETER SCHLUMBOHM, Berlin.

Die oft genannten Gebrüder MONTGOLFIER waren nicht die ersten, die sich mit dem Problem der Erzielung eines Auftriebes in Luft beschäftigten. Bereits von einem Schüler des Pythagoras, ARCHYTAS VON TARENT, wird berichtet, daß er eine hölzerne fliegende Taube gebaut habe, „in der ein Hauch eingeschlossen war“. Von GALILEI wissen wir, daß er das archimedische Prinzip auf Luft als Medium angewandt hat, um z. B. das Schweben von Wolken und Rauch zu erklären. Im Jahre 1670 entwickelte ein Pater FRANCISCO LANA den Gedanken, daß Metallblechkugeln, aus denen die Luft entfernt sei, sich in die Luft erheben müßten. Und im Jahre 1709 gelang es einem Pater BARTHOLOMAEO LORENZO DE GUSMANN in Lissabon, mit einem Ballon, dessen Luftinhalt

erwärmt war, etwa 50 m hoch in die Luft aufzusteigen. Weitere Versuche hat ihm die Inquisition verwehrt, und so waren die Gebrüder MONTGOLFIER tatsächlich diejenigen, die im Jahre 1782 durch die Konstruktion eines Luftballons, ihrer Montgolfière, die moderne Luftschiffahrt begründeten. Ihre Methode, als Füllgas erwärmte Luft zu benutzen, war allerdings noch sehr mangelhaft in bezug auf die Konstanz des Auftriebes und die Größe der Nutzleistung. Eine wesentliche Verbesserung in beiden Punkten brachte die „Charlière“ des französischen Physikers CHARLES, der, bereits im Jahre 1783, als Füllgas Wasserstoff verwandte. Da es in der Formel des Auftriebes darauf ankommt den Subtrahenten, das Gewicht des Füllgases, möglichst klein zu wählen, so stellte Wasserstoff

physikalisch tatsächlich das Optimum¹⁾ dar. Die Ausführung der von LANA skizzierten Denkmöglichkeit, den Ballon völlig zu evakuieren, stößt technisch auf zu große Schwierigkeiten in bezug auf die Druckfestigkeit der Hülle²⁾. Eine Milderung dieser Schwierigkeiten wäre möglich, wenn der starre Luftballon „in zwei oder mehrere einander umschließende Räume geteilt ist, und diese derart luftleer gehalten werden, daß eine allmähliche Druckzunahme von innen nach außen stattfindet“³⁾. Da Wasserstoff betriebstechnisch auf Grund von Knallgasmöglichkeiten und starker Diffusion große Mängel aufzuweisen hat, sind seit CHARLES bis in die neueste Zeit für die Wahl des Füllgases immer wieder Vorschläge gemacht worden. Außer Leuchtgas und Ammoniak wurde z. B. überhitzter Wasserdampf genannt⁴⁾. Der letzte und beste Vorschlag stammt von RAMSAY: Die Verwendung von Helium, das auf Grund seines geringen spezifischen Gewichtes und seiner chemischen Reaktionsträgheit besonders gut geeignet ist⁵⁾.

Nachdem das Problem der Erzeugung eines Auftriebes in Luft und das Problem der Konstanz dieses Auftriebes prinzipiell gelöst war, blieb als drittes:

Die Regelung des Auftriebes.

Faszinierend — durch die Klarheit der Problemfassung — wirken hier die Vorschläge und Konstruktionen von PILÂTRE DE ROZIER aus dem Jahre 1785. Bereits bei seinem ersten Aufstieg mit einer Montgolfière versuchte er, das Steigen und Fallen des Ballons während der Fahrt durch Schüren und Löschen des Feuers zu beeinflussen. Da seine Freude am erzielten Effekt durch die kurze Dauer der Fahrt getrübt wurde, kam er auf den ausgezeichneten Gedanken, die Montgolfière mit einer Charlière zu kombinieren. Eine solche „Rozière“ bestand aus einem oberen Wasserstoffballon, der die Erzeugung des größten Teiles des Auftriebes und dessen Konstanz garantierte, gekoppelt mit einer darunterhängenden Montgolfière. Diese Montgolfière diente dann lediglich für die navigatorische Änderung der Flughöhe: Je nach der in ihr herrschenden — willkürlich veränderlichen — Temperatur konnte jenes kritische, zusätzliche Plus-Minus des Auftriebes erreicht werden, das ein Steigen oder Fallen des Systems bewirkte. Den Luxus des Erfinders, die Idee persönlich in die Praxis umzusetzen, zahlte ROZIER mit seinem

Leben: Die für einen Kanalflyg in Calais gestartete Rozière „explodierte“ auf halbem Wege. (Juni 1785.) Wahrscheinlich zündeten Funken des Kohlenfeuers der Montgolfière den Wasserstoff der Charlière.

Gedanklich war die Rozière ein Höhepunkt in der Geschichte der Luftschiffahrt, der nie wieder erreicht wurde; das letzte logische Problem der Luftschiffahrt: die willkürliche Regelung des Auftriebes ohne Verlust von Traggas, war damit im Prinzip gelöst.

Die Erinnerung an das Schicksal ihres Erfinders, das noch dazu später von einem Nachahmer geteilt wurde, trübte wohl den Blick späterer Luftschiffer für die Möglichkeiten konstruktiver Verbesserungen dieses Prinzips¹⁾. Nur ein rein spekulativer Kopf, JULES VERNE, hat — der fatalen Notwendigkeit einer persönlichen Nachprüfung auf Richtigkeit und Brauchbarkeit entthoben — hier unbekümmert angeknüpft. Seine Lösung des Problems der willkürlichen Regelung des Auftriebes ohne Gasverlust, speziell mit der dadurch geschaffenen Möglichkeit des willkürlich häufigen Landens und Aufsteigens ohne Nachfüllung bildet den „wissenschaftlichen“ Untergrund des Romans „5 Wochen im Ballon“.

ROZIER hatte aus Konzession an die Feuergefährlichkeit des Wasserstoffes als Mittel für den durch Erwärmung erzeugten zusätzlichen Auftrieb ein zweites Traggas gewählt. JULES VERNE dagegen diktiert mit der Festigkeit eines Etappen-Generals seinen Helden die direkte Beheizung des Wasserstoffes. Der nur zur Hälfte gefüllte Ballon soll durch Erhitzen des Wasserstoffes um 300° auf das doppelte Volumen gebracht werden können, so daß durch Erhitzen und Abkühlen reiche Möglichkeiten bestehen. Der Wasserstoff passiert eine Heizschlange. Die Heizschlange wird erwärmt durch ein Knallgasgebläse. Wasserstoff und Sauerstoff für das Knallgasgebläse werden gewonnen durch Elektrolyse von mitgenommenem Wasser. Die Elektrolyse erfolgt durch eine Bunsenbatterie. Ganz abgesehen davon, daß die Verwandlung der elektrischen Energie in Wärme besser direkt, ohne den Umweg über die Elektrolyse, erfolgen könnte, reichen natürlich die Kräfte jener Bunsenbatterie nicht im entferntesten aus, den Effekt zu erzielen. So war denn auch dies, wie so häufig bei JULES VERNE, ein sehr hoher Scheck ohne physikalische Deckung.

Die Praxis der Freiballontechnik hat sich dann dahin entwickelt, eine gewisse Menge Ballast mit an Bord zu nehmen, durch Abwerfen dieses Ballastes den Auftrieb zu erhöhen und durch Ablassen von Traggas den Auftrieb zu vermindern. Diese Methode war erträglich bei Freiballons, kritisch wurde sie bei Luftschiffen mit Benzinmotoren. Ein Luftschiff wird während der Fahrt durch den Benzinverbrauch dauernd leichter. Die Zahlen sind überraschend hoch; um ein konkretes Bei-

¹⁾ Das Gewicht der verdrängten Luft, verringert um das Gewicht des verdrängenden Gases, ergibt den freien Auftrieb des Gases; dieser freie Auftrieb, verringert um das Gewicht der Maschinerie ergibt dann den nutzbaren Auftrieb des Ballons.

²⁾ Eine evakuierte Kugel von 100 000 cbm Inhalt, mit einer Oberfläche von 10 400 qm kann in Luft ca. 129 Tonnen tragen, entsprechend 10 400 qm Aluminiumblech von nur 4,6 mm Dicke.

³⁾ D.R.P. 214 122. 1908.

⁴⁾ D.R.P. 214 019. 1908.

⁵⁾ Ein Zusatz von 15% Wasserstoff zum Helium erhöht die Tragfähigkeit, ohne die Feuersicherheit der Füllung zu beeinträchtigen.

¹⁾ Graf ZAMBECCARI, der das Schüren und Löschen des Kohlenfeuers durch das Variieren einer Anzahl von Spiritusflammen ersetzte.

spiel zu geben: der Z. R. III verbrauchte für die Amerikafahrt pro Stunde 500 l Benzin, insgesamt 23 Tonnen. Durch diesen Gewichtsverlust wird der Auftrieb des Systems dauernd größer. Daher ist für Luftschiffe die Regelung des Auftriebes nicht nur eine Frage der navigatorischen Höhenveränderung, sondern auch eine Frage der Kompensation des Benzingewichtsverlustes.

Diese kann geschehen entweder durch Schaffung neuer Gewichtsmassen oder durch Verringerung des Traggasvolumens¹⁾. Das nächstliegende wäre analog einem Wasserschiff mit Wasserballast ein Luftschiff mit Luftballast. In diesem Sinne wird in einem Patent der Vorschlag gemacht, „mit Hilfe eines Kompressors eine den verlangten Gewichtszuwachs darstellende Menge von Preßluft anzusammeln, wobei die Brennstoffbehälter dermaßen stark ausgebildet werden, daß sie nach Abgabe ihres Brennstoffes zur Aufnahme von Preßluft verwendet werden können²⁾“. Da es sich um sehr große Luftmengen handeln würde, stößt jedoch die technische Ausführung auf bisher nicht überwundene Schwierigkeiten. Ein besserer Weg, augenblicklich der aussichtsreichste, während der Fahrt Gewichtsmassen zu schaffen, ist

die Ballastwassergewinnung.

Durch Verbrennen von 1000 cbm Wasserstoff der Ballonfüllung mit dem Sauerstoff der Luft zu Wasser erhält man 800 kg Wasser. Die Verkleinerung des Traggases um diese 1000 cbm bedingt ihrerseits eine Reduktion des Auftriebes um ca. 1200 kg. Man erreicht also mit 1000 cbm Wasserstoff den Gesamteffekt von ca. 2 Tonnen.

Eine zweite Möglichkeit, Ballastwasser zu gewinnen, besteht in der Kondensation des bei der Verbrennung des Benzins gebildeten Wassers. Die theoretische Ausbeute wäre hier im Maximum 130–140% des Benzingewichtes. Praktisch wird dieser Wert jedoch längst nicht erreicht. In dem Buche von ENGBERDING findet sich die Angabe, daß bis jetzt keine befriedigende Konstruktion vorliegt, da die gebräuchlichen Modelle bei großem Luftwiderstand viel zu schwer sind und sich nicht für Dauerbetrieb eignen³⁾.

Bei der Amerikafahrt des Z. R. III hat man auf die Anwendung der Ballastgewinner völlig verzichtet. Mit den in Amerika nachträglich in dieses Schiff eingebauten Apparaten hat man bei kurzer Betriebszeit im günstigsten Fall 105% erzielt⁴⁾.

Aus theoretischem Interesse sei noch auf einige praktisch bedeutungslose Vorschläge hingewiesen:

¹⁾ Wir sehen ab von den vergeblichen Versuchen von BAUMGARTEN und WÖLFERT (1897), den genannten Effekt durch vertikal wirkende Hubschrauben zu erzielen.

²⁾ D.R.P. 226 930. 1909.

³⁾ ENGBERDING, Luftschiff und Luftschiffahrt, V.D.I.-Verlag: Berlin 1926.

⁴⁾ Die Kenntnis dieser und anderer technischer Einzelheiten verdanken wir den lebenswürdigen Auskünften der Herren Dr. ECKENER, FLEMMING und SCHERZ.

Ein Patent sieht einen Vakuumbehälter an Bord vor, „durch dessen Öffnen in Verbindung mit dem Traggas dem Ballon plötzlich größere (?) Mengen von Gas entzogen werden können¹⁾“. Ein anderes kennzeichnet ein Wasserstoffluftschiff, dessen „Wasserstoff in Palladium oder Palladiumverbindungen enthaltende Kammern geleitet wird, die, entweder abgekühlt oder erhitzt, Wasserstoff ansaugen und wieder abgeben²⁾“. Und ein weiblicher Erfinderkopf schlägt vor, das Volumen einer Wasserstofffüllung nach dem Gasablassen dadurch wieder zu vergrößern, „daß flüssiger Wasserstoff während der Fahrt vergast und das absiedende Gas dem Ballon zugeführt wird³⁾“. Häufig, aber nur sehr zaghaft, wird auch in der Patentliteratur an die Ausnutzung der thermisch bedingten Volumenveränderung gedacht. Angesichts der großen Menge feuergefährlichen Gases wirkt die Assoziation: Explosionsgefahr, hemmend. Die zugemuteten Temperaturen sind gering und die konstruktiven Mittel so bescheiden, daß der Effekt für eine Kompensation des Benzingewichtsverlustes nicht ausreicht; als Ziel wird auch lediglich die Wahrung einer Volumenkonzanz des Traggases genannt, die Einknickungen von unstarren Luftschiffen bei Gasverlusten vermeiden soll.

Interessant ist, daß es jedoch den Zeppelinkommandanten als „Praktikerkniff“ geläufig war, das nicht ganz gefüllte Schiff vor dem Aufsteig in die Sonne zu legen, um durch Erwärmen des Gases eine Volumensvergrößerung zu erzielen. Angesichts der Dringlichkeit des Problems ist es erstaunlich, daß trotz der reichen gedanklichen Vorarbeit in der Geschichte der Luftschiffahrt, in der Patentliteratur und in der Praxis, nicht schon längst die so naheliegende Konsequenz gezogen wurde, die gewünschte Volumensveränderung unter Wahrung der Gewichtskonstanz durch elektrische Beheizung zu erzielen, und zwar unter Berücksichtigung der Notwendigkeit, auf schwere Bordmittel zu verzichten.

Volumenveränderung durch Gasablassen.

Denn was ein Verlassen der primitiven Freiballontechnik des Gasablassens praktisch bedeuten würde, zeigt wieder das konkrete Beispiel der Amerikafahrt des Z. R. III, auf der zur Kompensation jener 23 Tonnen Benzin 20000 cbm Gas abgelassen werden mußten. Das Gasablassen selbst ist sehr umständlich und gefährlich. Jede Gaszelle hat neben einem Überdruckventil ein sog. Manövrierventil, das sich durch Drahtzüge zum willkürlichen Gasablassen öffnen läßt⁴⁾. Es kann jedoch vorkommen, daß sich dieses Ventil nicht wieder schließt und der Inhalt einer ganzen Zelle ausläuft.

¹⁾ D.R.P. 89 859.

²⁾ D.R.P. 219 599. 1908.

³⁾ D.R.P. 247 139. 1909.

⁴⁾ Siehe z. B. L. DÜRR, Fünfundzwanzig Jahre Zeppelin-Luftschiffbau, V. D. I.-Verlag, Berlin 1925 und ENGBERDING loc. cit. Seite 9.

Zur Vermeidung dieser Eventualität verzichtet man praktisch auf das Manövrierventil. Soll Gas abgelassen werden, so wählt man lieber den Umweg über das Überdruckventil, das sich automatisch betätigt, wenn die „Prallfüllung“ überschritten wird. Um diesen Zustand zu erreichen, muß man mit „leichtem Schiff“ höher gehen. Das Fahren mit leichtem Schiff ist navigatorisch ungünstig und eine neue Gefahrquelle. Durch Stürme kann das Schiff mit dem zu starken Auftrieb derartig schnell in große Höhen geführt werden, daß der durch den verringerten äußeren Atmosphärendruck entstehende Überdruck in den Gaszellen nicht schnell genug durch Ventile ausgeglichen wird. Die Zellen platzen, der Inhalt entweicht, das Schiff stürzt in die Tiefe. Ein solcher Schulfall ist durch die Shenandoah-Katastrophe gegeben, wobei wohl — verschärfend — der Wunsch, Helium zu sparen, die Betätigung der Ventile verzögerte. Bei Wasserstoffschiffen kann das Gasablassen auch in dem Sinne katastrophal wirken, daß durch den geringfügigsten Zufall eine Initialzündung der das Schiff dann umgebenden Knallgasmischung erfolgt. Bei Heliumschiffen bedeutet es in jedem Fall den unwiederbringlichen Verlust des sehr teuren und knappen Gases¹⁾. Wie sehr man den Gasverlust scheut, geht daraus hervor, daß die „Los Angeles“ bei ihrer Tauffahrt und bei einer Fahrt nach den Bermudas ca. 2 Stunden mit zu starkem — und durch den Benzinverbrauch natürlich immer stärker werdenden — Auftrieb über dem Landungsplatz kreuzte, bis die funkentelegraphisch angeforderte Genehmigung des Marineamts zum Gasablassen eintraf.

Volumenveränderung durch elektrische Beheizung.

Da es für die Zukunft der Luftschiffahrt von größter Bedeutung ist, die Schiffe mit Helium zu füllen, würde es darauf ankommen, gerade bei Heliumluftschiffen die Methode des Gasablassens zu beseitigen. Und gerade bei Heliumluftschiffen liegen die Bedingungen für die Anwendung einer im oben gekennzeichneten Sinne verbesserten Methode sehr günstig, da Helium völlig feuersicher ist.

Festzustellen ist, daß bis jetzt praktisch bei Heliumschiffen keine brauchbare Methode existiert, um den durch den Benzinverbrauch verursachten Gewichtsverlust des Luftschiffes so zu kompensieren, daß beim Landen ein Gasablassen unnötig wäre. Besonders bei Unterschieden zwischen der Temperatur des Startplatzes und der des Landungsortes reicht die oben erwähnte Leistung der Ballastwassergewinner nicht aus, um den zum Landen nötigen Abtrieb zu garantieren. Man braucht eine weit darüber hinausgehende zusätzliche Beschwerung.

Uns erscheint nun folgende Methode zweckmäßig: Man kombiniert die Ballastwassergewinnung

mit der thermisch bedingten Volumensveränderung des Traggases. Die Abkühlung eines Gases um $2,73^{\circ}$ bedingt eine Volumensverminderung um 1%. Da grob gerechnet ein Ballon von 70 000 cbm Helium 70 000 kg Auftrieb hat, so kann durch Abkühlen von 70 000 cbm Helium um rund 3° ein Effekt von etwa 700 kg erzielt werden. Da bei mittlerer Beanspruchung der Motoren des Z. R. III der Benzingewichtsverlust pro Stunde 350 kg beträgt, würde eine Abkühlung von ca. $1,5^{\circ}$ pro Stunde eine 100proz. Kompensation bedeuten. Da die Ballastwassergewinnung ihrerseits zeitweise bis 100% beisteuern könnte, wäre damit eine Kompensation im Rahmen von ca. 200% des Benzingewichtes gegeben. Variabel wird das ganze noch durch beliebiges Steigern oder Verringern des Benzinverbrauches unter Veränderung der Flugeschwindigkeit.

Theoretisch könnte man für die Abkühlung des Füllgases auch von der normalen Temperatur am Startplatz ausgehen. Man müßte jedoch dann die großen Energien, welche die Wärmeentziehung bei derartigen Gasmengen erfordert, mit Bordmitteln aufbringen; und gerade das ist zu vermeiden. Statt dessen ist es zweckmäßiger, die Energien vorher vom Lande zu beziehen: *Vor dem Start wird das Gas elektrisch von einer Landkraftstation beheizt.* Die Abkühlung erfolgt dann automatisch während der Fahrt, nur reguliert durch schwache Bordmittel.

Man hat nun für die Ausführung der Kombination 2 Möglichkeiten, je nachdem, ob man die eine oder die andere Komponente zur Erzielung der wesentlichsten ersten 100% benutzt. Es ist günstig, daß diese beiden Ausführungen den Bedürfnissen gerade jener beiden Typen entgegenkommen, mit denen — wenn überhaupt — zukünftige Luftschiffahrt zu rechnen hat. Das sind erstens das Post- und Handelsluftschiff, zweitens (vereinzelt) das Expeditionsluftschiff.

Die Vorbedingungen für ein Postluftschiff

Sind Sicherheit und Rentabilität. Also: Heliumfüllung, ökonomische Verwendung des Heliums, große Nutzlast. Postluftschiffe sind gedacht mit einem genau festgelegten Weg, Fahrplan und bekannter Flugdauer. Auf dieser Basis ist es möglich, die für eine bestimmte Fahrt erforderliche Reduktion des Auftriebes tabellenmäßig festzulegen. Die Anwendung des genannten Prinzips würde in dem Sinne vollzogen, daß diese Reduktion zur Hauptsache durch die Volumenverminderung des vor dem Start erhitzten und während der Fahrt automatisch abkühlenden Traggases erfolgt. Die erwähnte zusätzliche Beschwerung und eine navigatorische Höhenveränderung geschieht dann durch zeitweises Einschalten der Ballastgewinner. Kennt man dann außerdem den empirisch gewonnenen Abkühlungsfaktor, so läßt sich diejenige Starttemperatur genau berechnen, die vor dem Aufstieg mit Hilfe der Landzentrale elektrisch erzeugt werden muß.

¹⁾ 1 cbm Helium kostet gegenwärtig 3 Dollar, so daß der Betrieb völlig unrentabel ist.

Die Abkühlungsgeschwindigkeit

des erwärmten Traggases wird annähernd proportional der Temperaturdifferenz zwischen Ballon und Außenluft erfolgen. Die jeweilige Ballontemperatur ist also durch eine Exponentialfunktion der Zeit bestimmt von der Form $T = T_1 + (T_0 - T_1)e^{-kt}$. Hierin ist T Ballontemperatur, T_0 Starttemperatur des Ballons, T_1 Temperatur der Umgebung, t Zeit.

Die Berechnung setzt die Kenntnis von k voraus, die nur empirisch gegeben werden kann, da sich die herrschenden Bedingungen nicht mit Laboratoriumsmitteln experimentell erfassen lassen.

Die Abkühlungsgeschwindigkeit läßt sich in mannigfaltiger Weise beeinflussen: a) durch die Wahl des Materials der Hülle (unter Berücksichtigung der Durchlässigkeit für Wärmestrahlen und das Wärmeleitungsvermögen; Wärmeisolierung, Farbe, Oberflächenbeschaffenheit). b) durch die Wahl der Starttemperatur; c) durch Erzeugung oder Vermeidung von Konvektionsströmen (im Raume zwischen Außenhaut und Gaszellen oder in den Gaszellen selbst); d) durch zusätzliches Heizen während der Fahrt; e) durch die Form und Größe des Schiffes. (Der Quotient Volumen/Oberfläche wächst mit zunehmender Größe des Ballons.)

Die Heizung

eines solchen Luftschiffes erfolgt durch elektrische Widerstände, z. B. in Form eines zwischen Außenhaut und Gaszellen angebrachten Heizgewebes; dieses läßt sich ausreichend leicht konstruieren. Bei der Berechnung der durch das Heizgewebe bedingten Verringerung der Nutzlast ist ein günstiger Umstand, daß man bei diesem Luftschiffstyp auf die Mitnahme von Ballast verzichten kann.

Vor dem Start, während des Startes und nach dem Landen wird die Energie für die Beheizung einer Landzentrale bzw. einem Mutterschiff entnommen.

Das komplizierte „dynamische Hochschleppen“ das oft zum Starten angewendet wird, kann vermieden werden, wenn durch ein genügend langes Kabel, das später mit Fallschirm abgeworfen wird, die Verbindung mit der Landzentrale auch während des Aufsteigens, das in diesem Falle senkrecht erfolgt, möglichst lange aufrechterhalten wird. Auch nach dem Landen bedeutet die Möglichkeit der Kabelverbindung eine Verbesserung. Augenblicklich geschieht es häufig, daß das Luftschiff beim Landen in eine warme Bodenschicht der Atmosphäre kommt, oder zuviel Gas abgelassen worden ist, so daß das Schiff unbeweglich vor der Halle liegt. Nur durch umständliches Gasnachfüllen kann dann der Transport in die Halle vor sich gehen. Hier könnte nun in einfacher Weise durch Anschluß an das Kabel der gewünschte Auftrieb für den Transport in die Halle wiederhergestellt werden.

Handelt es sich um eine Zwischenlandung, so kann ebenfalls durch Benutzung des Kabels

das erneute Anheizen erfolgen, statt des bisher unvermeidlichen Nachfüllens. Dieser Gesichtspunkt ist von großer Bedeutung bei einer transkontinentalen Postverbindung, da hier die Möglichkeit bestehen muß, beliebig häufig zu landen und vor allem beliebig häufig wieder aufzusteigen.

Physikalisch gesehen wird dem Luftschiff ein neuer Energiespeicher gegeben, indem das geheizte Traggas durch die Vergrößerung der inneren Energie als „Akkumulator“ wirkt.

Als Nebenwirkung ergibt sich das betriebstechnisch wichtige Trimmen auf elektrischem Wege¹⁾, vollzogen durch mäßige zusätzliche Heizung einzelner Gaszellen. Auch das Ausbalancieren eines Schiffes am Ankermast läßt sich durch den vorhandenen Kabelanschluß leicht erzielen, so daß die Unterschiede der Tag- und Nachttemperatur mit ihren Auswirkungen auf den Auftrieb des Schiffes nicht mehr stören.

Die für die Heizung benötigten Energiemengen.

Für ein Heliumschiff mit rund 44 000 cbm Inhalt würde man zur Erwärmung um 1°C ca. 10 000 Calorien benötigen. Mit einem 1000 PS Landanschluß könnte man also theoretisch pro Minute die Temperatur um 1° erhöhen und eine schnellere Erhitzung durch Vergrößerung der angewandten Mittel bewerkstelligen. 2000 PS ist die Größenordnung der an Bord eines modernen Luftschiffes vorhandenen Motorenkraft, von der während der Fahrt durchschnittlich nur $\frac{2}{5}$ (3 Motoren) für die Vorwärtsbewegung in Anspruch genommen werden. Durch zeitweises Verwenden der beiden nichtgebrauchten Motoren zur Erzeugung von Wärme könnte man für zusätzliches Heizen pro Stunde ca. 48° erreichen. Diese Möglichkeit hat viele Vorteile. Störende Mehrbelastungen durch Regen und Schnee lassen sich dadurch beheben. Zu berücksichtigen ist, daß der Verbrauch des für die Heizung benötigten Benzins im Sinne des gewünschten Effektes, nämlich der Steigerung des Auftriebes wirkt. Dieses Benzin ist gleichsam Ballast und kann außerdem auf die — mit der Verminderung des spezifischen Gewichtes hervorgerufene — Vergrößerung des Auftriebes eines geheizten Schiffes verrechnet werden. Das zusätzliche Heizen wird in den vielen Situationen ausgenutzt werden können, in denen bisher ein zu geringer Auftrieb durch Höhensteuerung wettgemacht wurde (dynamische Hubkraft).

Der Typ des Expeditionsschiffes

würde sich von dem beschriebenen Postluftschiffstyp auf Kosten der Nutzlast durch stärkere Bordmittel für die Heizung unterscheiden. Im Prinzip müßten hier die Konstruktionen darauf hinauslaufen, die Ballastgewinne in größerem Maße auszunutzen und mit der thermisch bedingten Volumensveränderung nur das navigatorisch erforderliche Plus-Minus zu bewerkstelligen. Diese

¹⁾ Trimmen = Ausbalancieren, Schrägstellen usw.

Anordnung würde die Vorbedingung für den extremen Langstreckenflug schaffen¹⁾.

Mit der Anwendung dieses Verfahrens wäre die Grundlage gegeben, für die

Schaffung einer Flotte von Heliumschiffen.

Die Vereinigten Staaten von Nordamerika besaßen zwar vor dem Verlust der Shenandoah zwei große Luftschiffe, doch reichte der Heliumvorrat nur zum Betrieb je eines der beiden Zeppeline aus. Nach Angaben von MOORE werden in den U.S.A.

¹⁾ Über die Anwendung des Prinzips auf Wasserstoffschiffe läßt sich sagen, daß zwar theoretisch nichts dagegen spricht, daß aber praktisch das Betriebsrisiko beim zusätzlichen Heizen während der Fahrt groß ist. In dem Raum zwischen Außenhaut und Gaszellen bildet sich beim fahrenden Schiff unter Umständen Knallgas, das leicht durch Funken gezündet werden könnte. Viel eher diskutabel wäre das ausschließliche Anheizen des Schiffes vor der Fahrt, bei dem alle nötigen Vorsichtsmaßregeln getroffen werden können, um Explosionen zu vermeiden.

pro Jahr 100 000 cbm Helium gewonnen¹⁾. Diese wurden bisher zum Nachfüllen verbraucht. Bei Luftschiffen, deren Inhalt man vor dem Start erwärmt, ist für die erste Füllung nur eine Teilzufüllung erforderlich; für ein Nennvolumen von 70 000 cbm z. B. 50 000 cbm. Man könnte also mit der jetzigen Heliumproduktion pro Jahr 2 Schiffe des Z. R. III-Volumens füllen. Der eine von uns hat kürzlich in einer Zuschrift an diese Zeitschrift auf die technische Gewinnung von Helium aus Monazitsand und ähnlichen Mineralien hingewiesen²⁾. Durch eine, wenn auch kostspielige, Ausbeutung der Heliumvorräte in den reichen Monazitsandvorkommen in Indien, Brasilien und Südafrika, unter Verarbeitung an den Fundstellen, könnte z. B. England Helium für die festgeplanten 150 000 cbm-Schiffe der Linie England—Indien produzieren, vor allem, wenn diese Schiffe elektrisch heizbar sind und daher nur eine einmalige Teilzufüllung benötigen.

¹⁾ R. B. MOORE, *Nature* **III**, 88. 1923.

²⁾ K. PETERS, *Naturwissenschaften* **35**, 760. 1925.

Besprechungen.

LUCANUS, FRIEDRICH VON, *Das Leben der Vögel*. Berlin: August Scherl G. m. b. H. 1925. 429 S., 19 farb. Tafeln und 136 Textbilder. Preis 24 Goldmark.

Im Jahre 1859 veröffentlichte ALFRED BREHM ein Buch: *Das Leben der Vögel*. Ein reiches Material hatte er unter den Augen seines Vaters CHRISTIAN LUDWIG BREHM, „des verehrungswürdigen Menschen, Forschers und Priesters“ in seiner thüringischen Heimat, hatte er später auf jahrelangen Reisen in Nord-Ost-Afrika, in Spanien und im hohen Norden für dasselbe in sich aufnehmen können. In späteren Jahren pflegte BREHM dieses Werk als das beste zu bezeichnen, das er je geschrieben. In dem Inhalt dieses Buches spiegelt sich BREHMs innerstes Wesen: eine unaussprechliche Liebe zur Welt der Vögel und der glühende Wunsch, allen Freunden der Allmutter Natur das Leben der gefiederten Geschöpfe nahe zu führen und Kenntnis zu geben von der Mannigfaltigkeit ihrer Daseinsfunktionen.

Ein zweites deutsches Buch über das Leben der Vögel schrieb BERNARD ALTUM im Jahre 1861: *Der Vogel und sein Leben*. ALTUM, der damals noch Geistlicher an der Pfarrei zum heiligen Servatius in Münster war — erst 1869 machte er den Sprung auf die Lehrkanzel der Zoologie in Eberswalde als Nachfolger RATZBURGS — verfaßte das vorerwähnte Werk, wie man sagt, auf höhere Weisung. Es sollte eine Tendenzschrift gegen den modernen Materialismus sein. Eine reiche Erfahrung spricht aus dieser Arbeit, deren teleologischer Zweck aber unverkennbar ist. Nach den Wünschen der ultramontanen Kreise sollte das Buch der BREHMschen Darstellung einen Damm entgegensetzen.

Nun liegt, nach mehr denn 60-jähriger Pause, ein drittes Buch über das Leben der Vögel aus der Feder von FRIEDRICH VON LUCANUS vor. Wie seine beiden Vorgänger soll es in gemeinverständlicher Darstellung weitesten Kreisen die Kenntnis des Vogel Lebens vermitteln. Während aber BREHM und ALTUM nur die Deutschland bzw. Europa bewohnenden oder diese Gebiete auf dem Zuge berührenden Vögel behandelten, faßt LUCANUS seine Darstellung weit umfassender und

zieht auch die Bewohner fremder Erdteile in den Kreis der Betrachtung. Für eine abgeschlossene Darstellung der Biologie der Vögel müssen heute naturgemäß zum Verständnis des inneren Zusammenhanges auch die Lebensgewohnheiten der Tiere anderer Zonen einbezogen werden. Die Fortschritte, die unsere Kenntnis von dem Leben der Tiere, insbesondere der Vögel, in den letzten Dezennien gemacht hat, sind bedeutend und berühren Fragen, die sowohl BREHM wie ALTUM völlig dunkel waren. Wir müssen dem Verf. des vorliegenden Buches danken, daß er uns in einer zusammenfassenden Darstellung das bis heute in der Wissenschaft Erreichte gegeben hat. Die Fülle der gesicherten Ergebnisse unserer biologischen Erkenntnis ist in kritischer Musterung und in notwendiger Beschränkung des Umfangs des Buches zu einem einheitlichen Bilde des Lebens der Vögel vereinigt worden. Wenn sich auch das Werk durch seine Darstellung vornehmlich an die größeren Kreise der Gebildeten wendet, so findet doch auch der Fachmann darin die Anregung, manchen offenen Fragen der Biologie, die noch immer der Lösung harren, nachzugehen. FRIEDRICH VON LUCANUS war berufen, ein solches Buch zu schreiben. Von Jugend auf mit der Beobachtung der Vögel im Freien vertraut und begabt mit der Fähigkeit, das Leben der gekäfigten Tiere psychologisch zu erfassen, besitzt er auch eine umfangreiche Kenntnis der neueren Literatur.

Nach einer kurzen Darstellung der stammesgeschichtlichen Entwicklung der Vögel werden Bau und Ausrüstung des Körpers, Gefieder, Ei und Entwicklung, Stimme und Gesang, Liebesleben und Fortpflanzung — manches Neue über das Leben des Kuckucks vielleicht anfechtbar — Seelenleben und geistige Fähigkeiten, Zug und Wanderung und die Verbreitung der Vögel auf der Erde behandelt. Alle Ausführungen stehen auf dem Boden neuester Forschung. Die Abschnitte des Buches über den Zug und über die Psychologie enthalten wertvolle und langjährige Eigenbeobachtungen des Verf. Die Beurteilung des seelischen Verhaltens der Vögel war in früheren Jahrzehnten ein Gegenstand heftigster Kontroverse. BREHM betrachtete den Vogel als ein

selbsttätiges, hochorganisiertes geistiges Wesen, dem nur die Sprache fehlte, um mit dem Menschen sich auf eine Stufe zu stellen. ALTUM sah dagegen in ihm nur eine seelenlose Reflexmaschine. Beide Anschauungen lassen sich, wie LUCANUS ausführt, bei eingehender Prüfung der geistigen Fähigkeiten der Vögel nicht vertreten. Nach des Genannten Urteil bewegt sich das Seelenleben des Vogels nur im Rahmen angeborener Triebe und der Assoziation, die an Erlebnisse anknüpfen. Der Vogel kann Ursache und Wirkung nicht erkennen und unterscheiden. Dem Geistesleben des Vogels fehlt die Fähigkeit des logischen Denkens, Schlüsse zu ziehen und Begriffe zu bilden.

Das vorliegende Buch von LUCANUS gibt uns ein ausgezeichnetes Bild der Biologie der Vögel nach unserer heutigen Erkenntnis des Gegenstandes und zeigt uns die Lücken, die noch zu füllen sind. Es präsentiert sich in ausgezeichnetem Gewande. Die von ERICH SCHRÖDER gefertigten farbigen Tafeln und schwarzen Zeichnungen sowie die mit großer Sorgfalt gewählten Widergaben photographischer Aufnahmen sind ihm Schmuck und Empfehlung.

HERMAN SCHALOW †, Berlin.

ROMEIS, B., *Taschenbuch der mikroskopischen Technik*. (11. neubearbeitete und erweiterte Auflage des Taschenb. der mikr. Technik von A. H. BÖHM und A. OPPEL.) München und Berlin: R. Oldenbourg 1924. 568 S. Preis 8,50 Goldmark.

Im Vergleich zu den vorangegangenen um ca. 100 Seiten vermehrt, trägt auch diese Auflage durchweg

den Stempel eigener ausgedehnter Erfahrung des Verfassers. Schon jetzt dürfte das Buch dadurch den meisten anderen auf diesem Gebiete überlegen sein; trotz der Fülle des Materials beschränken sich die Anweisungen nicht nur auf die groben Umrisse des jeweiligen Verfahrens, sondern enthalten so manchen kleinen Kunstgriff wie auch Mittel zum Erkennen und Vermeiden der häufigsten Fehlerquellen. Nur der Abschnitt, der von cytologischen Methoden handelt, scheint dem Referenten manches zu wünschen übrig zu lassen. Die Beurteilung der Methoden und ihrer Resultate erscheint vielfach zu sehr an einem Standpunkt orientiert zu sein, der — obwohl von vielen Histologen noch vertreten — durch die Ergebnisse der Lebendbeobachtung und experimentellen Cytologie wohl in vielem überholt sein dürfte. Ähnliches gilt von einem Teil des embryologischen Abschnittes (Eireifung und Befruchtung). Eine Erweiterung und Neuorientierung dieser Abschnitte könnte wohl im Verein mit einer kleinen Verlegung des Schwerpunktes (des ganzen Buches) vom Menschlich-Histologischen ins Allgemein-Zoologische dem Werke die weite Verbreitung sichern, die es schon jetzt verdient. Der hierfür nötige Raum könnte vielleicht durch Kürzung (oder Streichung) des Abschnittes „Gewebekultur“ gewonnen werden, der bei dem Umfang des Gebietes und der Subtilität der Methoden ein Zurateziehen von speziell dieser Technik gewidmeten Kompendien auch für elementare Einarbeit nicht überflüssig machen dürfte.

KARL BĚLAŘ, Berlin-Dahlem.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Der Herausgeber hält sich für die Zuschriften und die vorläufigen Mitteilungen nicht für verantwortlich.

Bemerkung zur Theorie der Zweistoffkatalysatoren.

Die seit langem bekannten Tatsachen der heterogenen Katalyse erscheinen im Rahmen der neueren Physik¹⁾ verständlich und ihre genauere Klarstellung dem Experiment zugänglich²⁾. Die industrielle Technik, die gerade auf diesem Gebiet überraschende Erfolge erzielte, hat aber neuerdings einen Komplex von Erfahrungen zu Tage gefördert, dem zu einem großen Teil die physikalisch-chemische Forschung noch jetzt ratlos gegenübersteht.

In den Auslandspatenten der Badischen Anilin- und Sodafabrik zum Haber-Bosch-Verfahren wurde zum erstenmal (1913) von der Tatsache Gebrauch gemacht, daß Beimengung gewisser Stoffe zu an sich schon guten Katalysatoren die Wirksamkeit derselben noch um ein Vielfaches steigern kann. Derartige „Promotoren“ sind als Zusätze zu Eisen oder Nickel, z. B. Al_2O_3 , Cr_2O_3 , V_2O_5 u. a. m.

Während des Krieges hat in Amerika das Bedürfnis nach geeigneten Gasschutzmasken zur Auffindung von Katalysatormischungen geführt, mit deren Hilfe die Verbrennung von Kohlenoxyd durch den Luftsauerstoff bei gewöhnlicher Temperatur erreichbar ist. Hierzu bewährte sich ein „Hopkalith“ genanntes Gemenge von 40% CuO und 60% MnO_2 ³⁾.

Für organische Synthesen brauchbare Promotor-

rezepte sind zahlreiche in der Patentliteratur der letzten 10 Jahre zu finden.

In speziellen Fällen scheint eine Erklärung des Promotoreffektes allerdings geglückt zu sein. So glauben ARMSTRONG und HILDITCH⁴⁾ bei der Darstellung von Methan aus Kohlenoxyd und Wasserstoff die Ursache für die Reaktionsbeschleunigung durch Zugabe verschiedener Oxyde zu Nickel oder Nickeloxyd darin zu erkennen, daß die voluminöse Struktur dieser Beimengungen ein Zusammensintern des Katalysatorpulvers und damit eine Verkleinerung seiner Oberfläche verhindert. Diese Erklärung versagt aber in den Fällen, in denen wie bei den Gasmasken die Temperatur weit unterhalb des Schmelzpunktes der Katalysatorsubstanzen bleibt.

LANGMUIR⁵⁾ hat zuerst die Berührungsstellen zweier festen Phasen als Zonen erhöhter katalytischer Aktivität für die Beschleunigung heterogener Reaktionen verantwortlich zu machen gesucht. Im Falle der Zweistoffkatalysatoren sind aber die sich berührenden festen Phasen allenfalls nur intermediär an der Reaktion beteiligt. Wenn nun auch die katalytische Wirksamkeit der Dreiphasengrenzen als solche eine Erklärung finden sollte, es bliebe noch folgendes Bedenken zu beheben. Fragt man, welcher Bruchteil der Gesamtoberfläche in einem relativ grobkörnigen Pulvergemenge auf die Berührungspunkte, günstigstenfalls auf die Berührungslinien der festen Phasen entfällt, so wird man zweifeln müssen, ob die auf diese Zonen aus dem Gasraum einfallenden Moleküle der Ausgangsstoffe zahlreich genug sind, um die beobachtete Vervielfachung der katalytischen Wirkung zu gewährleisten.

⁴⁾ ARMSTRONG und HILDITCH, Proc. of the roy. soc. 104, 586. 1923.

¹⁾ Vgl. M. POLANYI, Zeitschr. f. Elektrochem. 27, 143. 1921.

²⁾ Vgl. J. LANGMUIR, Journ. of the Americ. chem. soc. 1916—1922.

³⁾ Vgl. H. S. TAYLOR, Journ. Phys. Chem. 28, 897. 1924.

Aus dieser Verlegenheit scheint nun die Erweiterung unserer Kenntnisse von den Eigenschaften der Adsorptionsschichten, die den neueren Arbeiten von M. VOLMER⁵⁾ und seiner Schüler zu verdanken ist, einen Ausweg zu bieten.

Hiernach sind adsorbierte Moleküle auf ihrer Unterlage nicht, wie LANGMUIR glaubte, an bestimmten „empfindlichen“ Punkten fixiert oder, wie FRENKEL⁶⁾ annahm, lediglich zu Schwingungen um gewisse Adsorptionszentren befähigt, sondern befinden sich während ihres Verweilens in der Grenzschicht unter mehr oder weniger schnellem Platzwechsel in einer zweidimensionalen Wärmebewegung.

Diese translatorische Beweglichkeit, deren Bedeutung für den Reaktionsmechanismus an Einstoffkatalysatoren noch nicht im einzelnen überblickt werden kann, ist offenbar im Falle der Dreiphasengrenzen geeignet, den Mangel an Oberfläche durch Zu- und Abdiffusion der Reaktionsteilnehmer längs der freien Katalysatorflächen wettzumachen.

Übrigens ist es vielleicht gar nicht in allen Fällen nötig, den Dreiphasengrenzen eine erhöhte katalytische Aktivität zuzuschreiben. Es könnte vorkommen, daß jede Komponente des Katalysatorgemenges vorwiegend eine Molekülart des Reaktionsgemisches adsorbiert, so daß an den Berührungspunkten die Stoßzahl zwischen den Ausgangsstoffen im Vergleich zu den innerhalb der Katalysatorflächen allein erfolgenden Zusammenstößen, erhöht wird. Natürlich würde sich auch dann für die Gegenreaktion eine entsprechende Reaktionsbeschleunigung ergeben.

Als Beispiel einer ähnlichen Reaktionsbeschleunigung, welche ohne die Wärmebewegung innerhalb der Adsorptionsschicht unverstärkt wäre, sei das schnelle Wachstum von Kristallen aus dem Dampfzustand angeführt, wobei nach VOLMER und ESTERMANN⁷⁾ die Zahl der auffallenden Atome etwa 1000 mal kleiner, ist als dem Zuwachs in der betreffenden Richtung entspricht.

Näheren Aufschluß können nur neue Versuche erbringen.

Berlin, den 15. Januar 1926.

H. CASSEL.

Erregung von Resonanz in Neon durch Linien aus dem sichtbaren Neon-Spektrum.

Im Anschluß an die Experimente von DORGELO⁸⁾ und MEISSNER⁹⁾ über Absorption in Neon, sollte man erwarten, daß die dem einfallenden Primärstrahl ent-

⁵⁾ M. VOLMER und G. ADHIKARI, Zeitschr. f. Phys. 35, 170. 1925; und Zeitschr. f. phys. Chem. erscheint demnächst; M. VOLMER und J. ESTERMANN, Zeitschr. f. Phys. 7, 13. 1921.

⁶⁾ J. FRENKEL, Zeitschr. f. Phys. 26, 117. 1924.

⁷⁾ M. VOLMER und J. ESTERMANN loc. cit.

⁸⁾ Zeitschr. f. Phys. 34, 766. 1925; Naturwissenschaften 13, 819. 1925.

⁹⁾ Physikal. Zeitschr. 26, 687. 1925.

nommene Energie in der Form von Resonanzlicht wieder ausgestrahlt wird [man vergleiche die von PASCHEN¹⁾ an Helium beobachtete Resonanzerscheinung].

Auf folgende Weise gelang es mir, das Resonanzlicht in Neon sichtbar zu machen. Eine 1 mm weite, mit Neon gefüllte Geissleröhre (*a b*) (schwer überbelastet, 20–100 mA/mm²) wurde durch eine Linse in der Weise abgebildet, daß das Bild (*a'b'*) im innern einer Entladungsröhre (Glimmlampe) geformt wurde. Wurde das Auge in die Linie *a'b'* gebracht, so war eine rote Lichtspur deutlich sichtbar. Im Spektroskop zeigte das Licht die Linien am stärksten, die nach DORGELO und MEISSNER stark absorbiert werden: 6402 ($2s_5 - 2p_6$); 6334 ($2s_5 - 2p_4$); 6143 ($2s_5 - 2p_6$); 6506 ($2s_4 - 2p_5$).

In Analogie zu den Versuchen von STRUTT²⁾, FÜCHTBAUER³⁾ und WOOD⁴⁾ soll man außer den Absorptionslinien auch die Linien erwarten, die durch Rückfall von den erreichten $2p$ -Niveaus nach den nicht metastabilen $2s$ -Niveaus entstehen.

Auch in einer geschichteten Säule mit ruhenden Schichten wurde das Resonanzlicht beobachtet. Hier zeigte sich ein deutlicher Intensitätsunterschied an verschiedenen Stellen der Entladungsröhre, was zweifellos auf eine Veränderung der Konzentration der metastabilen Atome von Stelle zu Stelle hinweist.

In schöner Weise ließ sich die Resonanzerscheinung beobachten in einem Rohr, das zum Studium der Anregung von Spektrallinien durch Elektronenstoß nach HERTZ⁵⁾, geeignet ist. Hier konnte man eine derartige Spannung anlegen, das wohl die $2s$ -, nicht aber die $2p$ -Zustände angeregt wurden. Der Beobachtungsraum war dann vollkommen dunkel. Sobald aber das Geisslerrohr angezündet wurde, trat die rote Lichtspur deutlich sichtbar auf.

Die Spannungen, wobei das Leuchten durch Elektronenstoß resp. durch Resonanz aufhielt, unterschieden sich um 1,6 Volt; die Niveaudistanz $2s_5 - 2p_{10}$ ist 1,7 Volt.

Endlich wurde noch das Licht der Geissleröhre in ein Spektrum ausbreitet. Dann wurden nebeneinander 2 Spuren sichtbar wovon, die erste (rot) von 6402, die andere (orange) zweifellos von 6143 herrührt.

Das durch 6143 ($2s_5 - 2p_6$) angeregte Licht sollte außer dieser Linie auch die Linien 6929 ($2s_3 - 2p_6$) und 6304 ($2s_4 - 2p_6$) enthalten. Es gelang mir noch nicht, das letzte zu bestätigen, wenigstens nicht bei monochromatischer Erregung. Wohl zeigten langfristige Aufnahmen des Spektrums die s_2 -Kombinationen ebenso gut wie die s_3 -, s_4 - und s_5 -Kombinationen. Eine quantitative Untersuchung der Intensitätsverhältnisse nach der photographischen Methode ist im Gange.

Eindhoven, den 9. Dezember 1925. W. DE GROOT.

¹⁾ Ann. d. Phys. 45, 625. 1914.

²⁾ Proc. of the roy. Soc. A 96, 272. 1919.

³⁾ Phys. Zeitschr. 21, 635. 1920.

⁴⁾ Philosoph. mag. 50, 774. 1925.

⁵⁾ Zeitschr. f. Phys. 22, 18. 1924; 31, 470. 1925.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

Die Sitzung am 7. November 1925 gestaltete sich zu einer Gedenkfeier für die kürzlich verstorbenen Professoren SCHWEINFURTH und MERZ.

Der Vorsitzende, Professor L. DIELS (Berlin-Dahlem), gedachte in warmen Worten des vor kurzem im 89. Lebensjahr verstorbenen Georg Schweinfurth, dessen Werdegang und Leistungen zwar bei seinem Ableben bereits vielerorts gewürdigt worden sind, aus

dessen Beziehungen zu Berlin der Redner aber wenig bekannte Einzelheiten mitteilen konnte. Als 24jähriger kam SCHWEINFURTH hierher, wo er sich eng an den Botaniker PAUL ASCHERSON anschloß, der zeitlebens einer der eifrigsten Erforscher unserer einheimischen Flora gewesen ist. Dieser Freundschaft ist es wohl auch zuzuschreiben, daß SCHWEINFURTH die Botanik zum Hauptarbeitsgebiet wählte. Seine erste Veröffentlichung

beschäftigte sich mit der Pflanzenwelt des jedem Berliner bekannten Blumental bei Straußberg, von dem er eine pflanzengeographische Karte entwarf.

Das Interesse für Afrika war schon in früher Jugend vorhanden, denn erst 19jährig hatte SCHWEINFURTH bereits eine Karte Ägyptens gezeichnet, jenes Landes, dessen Erforschung für immer mit seinem Namen verknüpft bleibt. Aber die Möglichkeit, afrikanischen Boden zu betreten, verdankt er seiner Bekanntschaft mit dem berühmten Afrika-Reisenden HEINRICH BARTH, der damals Vorsitzender der Gesellschaft für Erdkunde war. Die Veröffentlichungen der Gesellschaft enthalten aus SCHWEINFURTHS Feder zahlreiche wertvolle Beiträge, die über ihre fachwissenschaftliche Bedeutung hinaus vielfach Probleme der Kulturgeschichte behandeln, zu denen der Forscher durch seine Studien über psychische Verbindungen zwischen Menschen und Pflanzen geführt wurde.

Einen eindrucksvollen Nachruf widmete Geheimrat A. PENCK (Berlin) dem Direktor des Berliner Institutes und Museums für Meereskunde, Professor Alfred Merz, der in der Blüte seines Lebens auf voller Höhe des Schaffens stehend, als Leiter der Deutschen Atlantischen Expedition in Buenos-Aires einer Lungenentzündung erlag. Schon als Student wurde er zu den ozeanographischen Untersuchungen im Golfe von Triest herangezogen, die man damals in Wien betrieb. Während seines ganzen Studienganges zeichnete er sich durch hervorragende Leistungen aus und konnte deswegen in Österreich „sub auspiciis imperatoris“ zum Doktor promoviert werden. Er wurde daraufhin an der K. Fideikommissbibliothek in Wien angestellt. 1910 an das Berliner Institut für Meereskunde als Abteilungsvorsteher berufen, studierte er meereskundliche Phänomene im kleinen im Sacrower See bei Potsdam und rief Untersuchungen auf den Feuer-Schiffen der Nordsee ins Leben, die wichtige Aufschlüsse über die Gezeitenbewegungen gaben. 1912–1918 wirkte er als Herausgeber der Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde in Berlin, deren Vorstand er später angehörte. Während des Krieges entwarf er für die Marineleitung Karten über den Gang der Gezeiten, die für den Minen- und Unterseebootkrieg von großer Bedeutung wurden, und erforschte ferner die Strömungen in Bosporus und Dardanellen. MERZ' ozeanographische Untersuchungen führten ihn bereits 1911 zur Erkenntnis, daß die Wasserkirkulation im Ozean nur durch systematische Forschungen festgestellt werden könnten, und er trat wiederholt für Entsendung einer deutschen ozeanographischen Expedition ein. Die Deutsche Atlantische Expedition des Meteor ist im wesentlichen auf sein Betreiben zustande gekommen. MERZ war weiter die Seele der Volkshochschule Groß-Berlins, der er die Ziele stellte.

In der Fachsitzung am 16. November 1925 hielt Dr. ALBERT HERRMANN (Berlin) einen Vortrag mit Lichtbildern **Neue Forschungen über das homerische Griechenland und die Irrfahrt des Odysseus**. Der Wert der homerischen Dichtungen für die Erdkunde beruht im wesentlichen darauf, daß wir in der Ilias und der Odyssee die geographischen Anschauungen der ältesten Zeit wiederfinden. Aber die Ansichten über die Entstehungszeit dieser Epen sind sehr verschieden, und ebenso mannigfaltig sind die Auffassungen über die Entstehungsart beider Dichtungen. Im allgemeinen pflegt man anzunehmen, daß Homer im 8. bis 7. Jahrhundert vor Christi Geburt gelebt habe. Einer früheren Datierung stand die Ansicht entgegen, daß die Griechen vorher keine Schrift besaßen. Wir müssen aber damit

rechnen, daß schon vor dem Jahre 800 griechische Dichtungen in einer Bilderschrift vorhanden waren. Die vor anderthalb Jahren erfolgte Entzifferung hethitischer Inschriften durch den Berliner Privatdozenten Dr. E. FORRER hat den Sieg der historischen Deutung jener homerischen Dichtungen über die mythologische entschieden. Die von Erathostenes berechnete Datierung der Zerstörung Trojas auf das Jahr 1184 vor Christi Geburt gewinnt an Wahrscheinlichkeit.

Der Vortr. wandte unter Vorführung zahlreicher Karten zum erstenmal die geographische Betrachtungsweise auf die Erklärung der Ilias und der Odyssee an, nachdem die philologische Methode versagt hat.

Wenn sich die Ausführungen des Vortr. auch vornehmlich auf historischem Gebiet bewegten, so erhielten seine Darlegungen doch manche naturwissenschaftlichen Einzelheiten, die sich besonders auf die Deutung der Irrfahrten des Odysseus und die Identifizierung der in der Odyssee genannten geographischen Örtlichkeiten beziehen. Zu berücksichtigen ist dabei, daß jenes Epos, ebenso wie die Ilias, viele Zusätze und Entstellungen durch spätere Redaktionen erhalten hat, so daß der historische Kern erst mühsam herausgeschält werden mußte.

Aus dem ältesten, von einem Zeitgenossen des Odysseus herrührenden Gedicht ergibt sich, daß der Held beim Kap Maleia, der östlichsten Südspitze des Peloponnes, durch Fallwinde erst südwärts abgetrieben und dann nach Westen verschlagen wurde. Da in dieser Richtung das Land der Zyklopen gesucht werden muß, so kommt nur der südliche Teil der tunesischen Ostküste in Betracht, weil sich hier in den Kalkhängen alte Höhlenwohnungen finden, vor deren Eingang eine Mauer aus Feldsteinen zur Beherrschung des Viehes gebaut war, genau so, wie es in der Odyssee beschrieben wird.

Die Identifizierung der nächsten Station, der Insel Trinakria, das heißt Dreizinkeninsel, mit der pelagischen Insel Lampione wird dadurch gesichert, daß dieses mauerartig emporsteigende Eiland dreieckig ist und durch alte Bauwerke — nach dem Periplus des Skylax durch 3 Türme — gekrönt wird.

Auf den benachbarten Inseln Lampedusa und Linosa, dem Aithusa des Ptolemäus, kann wegen der Vegetationsarmut und wohl auch wegen der Ungunst des Klimas in historischer Zeit nur mit Mühe Rinderzucht aufrechterhalten werden. So ist das Verbot verständlich, die von den Nymphen Lampetia (auf Lampedusa) und Phaetusa (auf Aithusa) behüteten Rinder des Sonnengottes zu schlachten.

Die Weiterfahrt heimwärts fiel schon in den Herbst, und die Zertrümmerung des Schiffes durch einen Wirbelsturm erfolgte offenbar westlich von Malta, wo auch heute die Novemberstürme gefürchtet werden.

Die Phäaken, zu denen Odysseus sich auf einem Wrackteil seines Schiffes rettete, werden als Nachbarn der Zyklopen bezeichnet, wohnten also ebenfalls in Tunis. Da von einer klippenreichen Küste die Rede ist, so muß es sich um den nördlichen Teil der Ostküste handeln, weil der Strand sonst überall flach und sandig ist. Der beste Hafen an jener Steilküste ist heute Kelibia, unmittelbar bei der griechisch-römischen Kolonie Aspis oder Clypea (d. h. Schildstadt, benannt nach dem dominierenden schildförmigen Berge); nach libyscher Tradition herrschte hier vor Gründung Carthagos ein libyscher Seekönig Antaios. Das war die Stadt der Phäaken, genauer Phaikes, der Zaekes des Herodot.

Über die Heimfahrt des Odysseus, deren Dauer der Vortr. nur auf 2–3 Monate schätzt, erfahren wir nichts,

da das älteste Gedicht bereits nach den Abschiedsworten des Odysseus an das Herrscherhaus abbricht.

Das zweite, im ionischen Kleinasien um 800 entstandene Gedicht schiebt zwischen dem Besuch der Zyklopen und Trinakria eine Irrfahrt ins Schwarze Meer ein, das inzwischen durch eine Argonautensage in den Vordergrund des Interesses getreten ist. Die Verbindung stellt ein vermeintliches Meer nördlich von Griechenland her.

Das Land der menschenfressenden Lästrygonen, dessen Beschreibung auf einen Bericht eines Pontusfahrers zurückgehen muß, kann nur die Krim sein. Es ist klimatisch das günstigste Land, mit ähnlicher Vegetation wie die Ägäis, dazu mit einem getreidereichen Hinterland (Ukraina); sodann paßt die Beschreibung der schmalen, gegen Winde geschützten Bucht, wie bereits der baltische Gelehrte v. BAER erkannt hat, nur auf diejenige von Balaklava, wo noch zu Herodots Zeiten die seeräubernden Taurier die gefangenen Griechen ihrer Göttin opferten und dadurch großen Schrecken verbreiteten. Die Angabe über ein hohes Gebirge und über die ganz kurzen Nächte der Lästrygonen scheint aus einer Erdkarte entlehnt zu sein, nach der — wie auch auf späteren Karten — während der Nacht die Sonne hinter einem Nordgebirge, den Rhipäen, verschwindet, um nur das äußerste Nordvolk zu bescheinen.

Die Irrfelsen mit Skylla und Charybdis hat man bereits in den kleinen, schwer umrandeten Felseninseln am Nordostausgang des Bosporus wiedererkannt.

Der dritte Dichter, Homer auf Chios, um 700 vor Christi, bringt das Motiv des Poseidonzornes hinein, schiebt somit die Unterweltsszene und den Aufenthalt bei der Nymphe Kalypso ein. Beides sind Produkte dichterischer Phantasie. Für die in südländischer Pracht glänzende Insel der Kalypso bildet wohl eine der kleinen Inseln bei Chios das Vorbild.

Die vielerörterte „Finsternis der Kimmerier“ weist nicht auf die Nordpolargegenden, sondern ist bloß gelehrte Konstruktion; sie beruht auf einer babylonisch-griechischen Erdkarte, in der die Erde gewölbt erscheint, so daß die Sonnenstrahlen dort den äußersten Norden niemals bestrahlen können.

Eine bedeutende Erweiterung erfuhr das Gedicht — besonders in den Teilen über die Heimkehr und Rache des Odysseus — schließlich in Athen unter Pisistratus (550 — 520 vor Christus). Hierzu hat vor allem die Eingliederung eines gleichfalls unter Pisistratus entstandenen Telemachgedichtes beigetragen, in welchem Telemach, eine Erfindung dieses Dichters, nach Pylos und Sparta fährt, um nach seinem verschollenen Vater zu forschen. Daß diese hübsche Novelle ursprünglich mit unserer Odyssee nichts zu tun hat, geht vor allem aus zwei Angaben hervor. Einmal verlegt das Telemachgedicht die Reise auf eine Zeit 8 Jahre nach der Zerstörung Trojas, also nicht 10 Jahre, wie es die Odyssee will, und ferner erfolgte die Fahrt in einer günstigen Jahreszeit, während nach unserer Odyssee Vater und Sohn gleichzeitig im Spätherbst heimkehrten, in dem man die Schifffahrt wegen der gefährlichen Stürme einzustellen pflegte.

Am 5. Dezember 1925 schilderte Geheimrat ERICH VON DRYGALSKI (München) unter Vorführung von Lichtbildern die *Natur der Polarwelt*, insbesondere der Antarktis, die er als Leiter der Deutschen Südpolar-Expedition auf dem Schiff „Gauß“ in den Jahren 1901 bis 1903 erforscht hat. Das Expeditionswerk umfaßt 20 Bände sowie 2 Atlanten und wird in Kürze vollständig vorliegen.

Das einzige feste Land, das die Expedition entdeckte, war der, unter dem Südpolarkreis in 90° östlicher Länge gelegene Gaußberg, ein 370 m hoher, basaltischer Dom, der sich, wie Funde von kristallinem Schwefel zeigen, zuletzt im Stadium der Solfatartätigkeit befunden haben muß, die aber vermutlich schon in der Tertiärzeit erlosch. Er bildet das Südende einer vulkanischen Zone, die im Indischen Ozean durch Inseln vulkanischer Natur angezeigt wird. Es scheint hier in der Antarktis, die eine in den frühesten Erdperioden entstandene Scholle darstellt, eine vulkanische Spalte aufgerissen zu sein. Der südindische Teil des Festlandes darf als permanentester unter den Kontinenten betrachtet werden; er ist ein uraltes, seit langen Erdperioden abgetragenes Land, dessen unter der Inlandeisbedeckung verborgene Felsen man sich ähnlich vorstellen muß wie die Landschaften der alten Rumpflächen von Skandinavien, Finnland und Kanada. Das Inlandeis wirkt auch jetzt noch in diesem verebenden Sinne, und ältere Eiszeiten mögen der heutigen vorausgegangen sein. Andererseits aber hat die Antarktis wärmere Zeiten gesehen, in der rinnendes Wasser erodieren und abtragen konnte. Die abradierende Kraft des Inlandeises wirkt flächenhaft, nicht in Strömungslinien wie bei Talgletschern des alpinen Typus. In den Felsformen der Antarktis finden wir das Endziel aller abtragenden Kräfte der Erde in weitgehendem Maße erreicht. Es entsteht der Eindruck von dem Ende der Erdentwicklung in vollem Umfange, und die lebensfeindliche, alles unter sich begrabende Masse des Inlandeises bringt den Eindruck des Todes zur Vollendung. Das Inlandeis bleibt selbst im Sommer starr, ohne wesentliche Schmelzerscheinungen zu zeigen, und es fehlen daher die reißenden Bäche, die in den warmen Jahreszeiten die Oberfläche des grönländischen Inlandeises durchfurchen. Auch jene Kryokonitlöcher, die sich dadurch bilden, daß der durch die Sonnenstrahlung erwärmte Staub der Küstenfelsen in das Eis einschmilzt und dessen Oberfläche siebartig durchlöchert, fehlen am Gaußberg fast ganz.

Die Durchkältung der Eismassen im Winter ist so intensiv, daß in den beiden Hochsommermonaten Dezember und Januar die Lufttemperatur nur an 9 Tagen den Gefrierpunkt überstieg und an einem einzigen, dem 11. Januar 1902, 24 Stunden lang über 0 blieb. Dieser Mangel an Schmelztemperaturen hat zur Folge, daß die strömende Bewegung des Inlandeises nach der Küste hin überaus gering ist. Sie betrug im Maximum 0,4 m pro Tag, während der Vortr. in Grönland Strömungsgeschwindigkeiten bis zu 22 m pro Tag messen konnte. 30 m tief im Innern eines Eisberges herrschte eine konstante Temperatur von -10,4 bei einer mittleren Lufttemperatur von -11,5. Diese höhere Eistemperatur ist darauf zurückzuführen, daß der Eisberg mit dem größeren Teil seiner Masse in das wärmere Wasser des Ozeans eintaucht.

Die Struktur des Eises ist weniger dicht und die Farbe weniger blau als z. B. bei den Alpengletschern. Da ein Verkitten der Hohlräume durch wiedergefrorenes Schmelzwasser nicht in Frage kommt, so ist die Beschaffenheit porös, und es entstehen Löcher und Spalten, die viele Jahre alt werden. Die aktive strömende Bewegung ist auf die unteren Lagen beschränkt, die oberen werden nur passiv mitgetragen und zerbrechen dabei.

In Grönland bedeutet die Lostrennung eines großen Eisberges von der zusammenhängenden, schwimmenden Inlandeismasse immer eine gewaltige Naturkatastrophe, der mancher Eskimo zum Opfer gefallen ist. Muß der Sechundfänger in seinem zerbrechlichen

Kajak eine solche aus dem Meere steil aufragende Eis-mauer passieren, so beschwört er die auf dem Inland-eise hausenden bösen Geister mit der Bitte „ajungi-latit“ (Sei gut!). In der Antarktis dagegen konnte man ohne jede Gefahr in voller Ruhe dicht vor dem Eisrand arbeiten, loten und fischen, weil die Lostrennung von Eisbergen (sog. „Kabung“) hier in jahre- oder jahr-zehntelangen Zwischenräumen erfolgt, anstatt inner-halb weniger Tage oder Wochen wie in Grönland.

In den bisher veröffentlichten zoologischen Bänden des Expeditionswerkes sind 3046 Arten beschrieben worden, darunter nicht weniger als 1110 neue. Aber der Rand des Inlandeises zieht auch dem Tier- und Pflan-zenleben eine unübersteigliche Grenze. Auf den Felsen des Gaußberges wurden nur *ein* Moos und wenige Flechten gefunden. In ihnen lebten 2 Rhizopoden, 4 Rotiferen und eine Tardigrade, jedoch keine Insekten und keine Milben. In den Lavahöhlen nistete *Pagodroma nivea*, ein blendend weißer Sturmvogel, von dem nur die schwarzen Augen und der schwarze Schnabel sichtbar sind, wenn er über die Eisflächen huscht, sowie die kleine schwarze Sturmschwalbe *Oceanites*, der Petersvogel, den man auch in allen Ozeanen hinter dem Schiffe auf dem Wasser herlaufen sieht. *Pagodroma* lebt von kleinen leuchtenden Krebsen, die sie sich zur Nachtzeit in dem Eisbrei sucht, der an den Schollenrändern ausgepreßt wird.

Im Meere aber herrscht schon am Inlandeisrand ein reiches Leben. An schönen Tagen kommen die Robben heraus und sonnen sich mit ihren Jungen, die sie im Oktober werfen. Die großen Kaiserpinguine kamen das ganze Jahr hindurch in Scharen bis zu 200 Stück in gravitatischem Gange zum Schiff, aber nicht bis zum Inlandeis. Eigentliche Meeresorganismen gibt es in Fülle. 10 Arten Fische, darunter 5 unbekannte, wurden an der Winterstation gefunden. Die Boden-regionen waren von Unmengen großer und kleiner Flohkrebse (*Amphipoden*) belebt, denen Robben und Pinguine zum Skelettieren anvertraut wurden, eine Arbeit, die sie innerhalb 24 Stunden vollständig und in feinsten Ausführung besorgten. Die kleinste Organis-menwelt des Plankton zeigte eine außerordentliche Empfindlichkeit gegen jahreszeitliche Schwankungen, und ihre plötzliche Entwicklung gab bereits Kunde von dem Herannahen des Sommers, lange bevor Temperatur und Salzgehalt des Meerwassers dies erkennen ließen.

Noch geheimnisvoller als das Leben unter dem Eise ist in der Antarktis das Walten der erdmagnetischen Kräfte. Am südlichen Magnetpol nimmt die frei auf-gehängte Magnetnadel eine vertikale Stellung ein; die horizontale Komponente der Richtkraft des Erd-magnetismus ist dort gleich Null. Aber auch in der weiteren Umgebung jenes Punktes ist die Horizontal-kräft nur schwach und unterliegt, ebenso wie die ande-ren magnetischen Elemente, großen Schwankungen, die im allgemeinen bei Tage und im Sommer größer sind als nachts und im Winter. Daneben treten magnetische

Stürme auf, welche die Magnetnadeln der in den Höhlungen eines Eisberges untergebrachten magnetischen Instrumente zu gewaltigen Ausschlägen veranlassen. Mit solchen großen magnetischen Störungen sind häufig Polarlichterscheinungen verbunden, welche die ver-schiedensten Formen zeigen, aufschießende Strahlen, hin- und herwallende Lichtgarben, irisfarbene leuch-tende Bänder oder die flammende Polarlichtkrone, bei welcher die Strahlen vom magnetischen Zenit ringsum bis zum Horizont hinabreichen, so daß sich der Beobach-ter in einen leuchtenden Dom von herrlicher Farben-pracht versetzt sieht. Diese Erscheinungen wirken besonders eindrucksvoll auf das Gemüt, und man spürt in der Todesstarre der Eismwelt das Wirken verborgener Gewalten.

Bei starkem Wind ist die Luft bis in die bodennahen Schichten hinab mit feinem Eisstaub erfüllt, und die sonst in hohen Eiswolken häufig vorkommenden, durch Lichtbrechung an den Eiskristallen entstehenden farbigen Nebensonnen, Nebenmonde, Ringe und Licht-höfe und andere optische Erscheinungen sieht man unten auf den Eisfeldern liegen. Durch das Herab-sinken kalter Luft aus großen Höhen entstand häufig eine relativ warme und trockene föhnartige Luft-strömung, die als kleidertrocknendes Agens angenehm empfunden wurde. Die Windverhältnisse wurden von den Luftdruckdepressionen beherrscht, die in ziemlich regelmäßiger Aufeinanderfolge das freie Südmeer in der Gegend des 62. Breitengrades von Westen nach Osten durchziehen. Der Südpolarkontinent verbleibt meist südlich, der Kerguelen-Archipel, auf dem eine Nebenstation der Deutschen Südpolarexpedition ein-gerichtet war, nördlich von dieser Rinne tiefen Luft-druckes. Die meteorologischen Beobachtungen der beiden deutschen Stationen haben im Verein mit den gleichzeitigen der englischen und der schwedischen Expedition viel zur Erforschung der gesamten atmo-sphärischen Zirkulation der Südhalbkugel beigetragen.

Die Stürme wehen entsprechend der Luftdruck-verteilung und der Linksablenkung aller Bewegungen auf der südlichen Hälfte unserer Erde, aus Osten und erreichen vielfach eine so katastrophale Gewalt, daß der Weg nach den Observatorien, die 200–300 m entfernt von dem eingefrorenen Schiff auf dem Eise errichtet waren, eine schwierige Leistung bedeutete. Während einer Schlittenreise tobte der Sturm 5 Tage und 5 Nächte mit solcher Stärke, daß keiner der Reisen-den in dieser Zeit das Zelt auch nur auf Augenblicke verlassen konnte. Das Schiff wurde oft von Schnee-wehen überschüttet und durch deren Last so hinab-gedrückt, daß es mit großer Mühe immer wieder aus-gegraben werden mußte.

Wenn auch die Eindrücke der Polarwelt im hohen Norden ähnlich sind, so erreichen sie doch nicht jene Gleichmäßigkeit und Stärke wie in der Antarktis, wo sich überall die Empfindung aufdrängt, daß man am Ende der Erde und ihrer Entwicklung angelangt ist.

O. B.

Astronomische Mitteilungen.

Dunkle kosmische Nebelwolken. Bei den im letzten Jahrzehnt ausgeführten Entfernungsbestimmungen der kugelförmigen Sternhaufen und anderer an den Grenzen unseres Fixsternsystems gelegenen Objekte sind Metho-den zur Anwendung gelangt, die nur dann einwandfreie Ergebnisse liefern, wenn im galaktischen System keine merkliche Absorption des Lichtes stattfindet. Zwar ist die Anwesenheit von lichtabsorbierenden, nicht leuch-

tenden Nebelmassen im Gebiete der Milchstraße und ihrer nächsten Umgebung schon seit längerer Zeit bekannt, aber die übrigen Teile des Himmels wurden als absorptionsfrei angesehen. Eine eingehendere Prüfung dieser Frage ist von H. SHAPLEY (Contr. from Mt. Wilson Observatory Nr. 116) angestellt worden, gelegentlich der Untersuchung des kugelförmigen Stern-haufens M 13, mit dem Ergebnis, daß in der Richtung

S*

dieses Haufens jedenfalls keine Absorption von merklichem Betrage vorhanden ist.

Dieser Ansicht, daß der außerhalb des eigentlichen Milchstraßengebietes gelegene Teil unseres Fixsternsystems frei von interstellarer Materie ist, widersprechen zwei in den letzten Jahren veröffentlichte Arbeiten von J. G. HAGEN (A DM of the heavens for obscure cosmic clouds, A. Pt. I, II. Pontif. accad. Roma 1922, 1923) und E. ÖPIK (Stellar Distribution and the law of Chance. Publ. Tartu [Dorpat] Bd. 26, 2. 1924).

Die erste Arbeit enthält die Ergebnisse einer im letzten Jahrzehnt auf der Vatikansternwarte durchgeführten Durchmusterung des Himmels auf dunkle Nebel. Anlaß zu dieser jetzt ihrer Vollendung entgegengehenden Beobachtungsreihe gab die gelegentlich der Neubeobachtung des DREYERSchen Kataloges heller Nebel und der Herstellung der Sternkarten für den Atlas Stellarum Variabilium gemachte Wahrnehmung, daß der ganze Himmel auch außerhalb der Milchstraßengebiete bis zu den Gegenden des Milchstraßenspols mit dunklen Nebelwolken überzogen zu sein schien. In der Römischen Durchmusterung sind nicht nur die Positionen der dunklen Nebel gegeben, sondern auch Angaben über die Dichte der Nebelwolken. Diese letzteren, nach einer Gedächtnisskala ausgeführten Schätzungen, sind besonders wertvoll, da sie auch quantitative Studien erlauben.

Die beobachteten Wolken zeigen die verschiedenen Übergänge von feinen Schleiern zu kompakten dichten Wolken; in der Milchstraße weniger zusammenhängend und dünn, in der Nähe des Nordpols der Milchstraße dagegen dicht und ausgedehnt.

HAGEN faßt in seinem Bericht über die Beobachtungen der dunklen Nebel im Heft 46, Bd. 9 dieser Zeitschrift das Ergebnis dahin zusammen, daß je sternärmer die Gegend ist, um so dichter die Nebel sind. Ferner weist er noch auf die wichtigen kosmogonischen Konsequenzen des Nachweises derartiger dunkler Nebel hin, in ihnen hat man vielleicht die Urform der stellaren Materie zu erblicken, aus der die roten Riesensterne, die Anfangsstadien der Sternentwicklung, hervorgehen.

Die zweite Arbeit von E. ÖPIK und M. LUKK enthält die Resultate aus Sternzählungen auf den Pariser Himmelskarten. Aus der Untersuchung der Verteilung von 250 000 Sternen bis zur photographischen Größe 14,5 geht hervor, daß auffallende Unregelmäßigkeiten in der Verteilung vorhanden sind, die nicht mehr dem Zufall zugeschrieben werden können. Zur Erklärung dieser Erscheinung nimmt ÖPIK an, daß dunkle Nebelmassen den ganzen Himmel überziehen und uns den Ausblick an diesen Stellen auf den eine gleichmäßige Sternverteilung aufweisenden Himmelshintergrund verwehren.

Kann man nun auf Grund dieser beiden zu dem gleichen Ergebnis führenden Untersuchungen von HAGEN und ÖPIK die Existenz dunkler Nebelwolken in größerem Umfange auch außerhalb der Milchstraße als gesichert ansehen? Zu dieser Frage nehmen zwei kürzlich erschienene Arbeiten von C. WIRTZ (A.N. Bd. 223, 123; Bd. 224, 267; Bd. 225, 299) und H. SHAPLEY (Harvard College Observatory Circular Nr. 281) Stellung.

WIRTZ untersucht zunächst die Beeinflussung der HAGENschen Schätzungen der Nebeldichte durch das Sternlicht. Der Anteil, den das Licht der Sterne an der allgemeinen Helligkeit des Himmelshintergrundes hat, ist aus den Untersuchungen von J. VAN RHYN

(Publ. Groningen 31, 1921) bekannt. Infolge der Abnahme der Sterndichte mit wachsendem Abstand von der Milchstraße weist die Himmelselligkeit einen Gang mit der galaktischen Breite auf. Der Vergleich mit der durchschnittlichen Wolkendichte in den verschiedenen Abständen von der Milchstraße zeigt, daß Himmelselligkeit und Wolkendichte denselben typischen Gang mit der galaktischen Breite besitzen. Hieraus geht hervor, daß ein Einfluß der Himmelselligkeit auf die geschätzte Wolkendichte jedenfalls vorliegt. Zur genaueren Prüfung des Zusammenhanges zwischen der durch die Sterndichte bedingten Himmelselligkeit und der Dichte der dunklen Nebel werden direkte Vergleichen der Stern- und Nebeldichte vorgenommen. Die Sterndichte wird aus den Sternzählungen der Harvard Map für die Sterne bis zur Größe 11, den ÖPIKschen Zählungen für die Sterne bis zur Größe 14,5, den KAPTEVNSchen Arealen bis zur Größe 15 und den Franklin-Adam-Karten bis zur Größe 17 entnommen. Die Vergleichung von Stern und Nebeldichte zeigt, daß die statistische Bindung der beiden Größen sehr eng ist. Für die Sterne bis zur Größe 14,5 ergibt sich zum Beispiel als Korrelationskoeffizient 0,64, zu zwei Drittel wird die beobachtete Nebeldichte also durch die Zahl der Sterne bis zur Größe 14,5 bestimmt. WIRTZ zieht hieraus den Schluß, daß die in Rom beobachteten Nebel nicht reell sind und die beobachteten Dichten der Nebel den durch die Anwesenheit der Sterne bedingten Helligkeitseindruck des Himmelshintergrundes im Fernrohr darstellen, die Angaben der römischen Durchmusterung haben danach also eine höhere Bedeutung, als ihnen der Urheber zuschreibt. Sie stellen ein engmaschiges Netz grober schematischer Sternzeichnungen vor, reichend bis zur visuellen Größe 15^m.

SHAPLEY unterzieht die ÖPIKschen Resultate einer Prüfung mit Hilfe von Sternzählungen auf Harvard-Platten. Diese Aufnahmen zeigen noch Sterne bis zur 17. Größenklasse, während ÖPIKs Zählungen nur bis zu den Sternen der Größe 14,5 gehen. Da zu erwarten ist, daß die durch Anwesenheit der von ÖPIK vermuteten dunklen Nebel verursachte Unregelmäßigkeit der Sternverteilung sich bei den schwächeren Sternen viel stärker ausprägt, als bei den weniger zahlreichen helleren Sternen, gestatten die Harvard-Aufnahmen eine direkte Entscheidung der Frage der Realität der Wolken. Die Zählungen für 28 besonders markante Sternleeren und 7 Häufungsstellen von Sternen ergeben, daß die Unregelmäßigkeit der Sternverteilung verschwindet, wenn die schwachen Sterne allein betrachtet werden. Nur vier der in Dorpat gefundenen dunklen Nebel konnten unter den 28 untersuchten auf den Harvard-Platten durch die Zählungen der schwachen Sterne bestätigt werden, diese gehören aber den bereits früher bekannten Regionen dunkler Nebel im Taurus und der Vulpecula an. Dunkle Nebel können nach dieser Untersuchung auf der Harvard-Sternwarte also nicht zur Erklärung der Ungleichförmigkeit der Sternverteilung herangezogen werden.

Beide Arbeiten von SHAPLEY und von WIRTZ sprechen gegen die Existenz dunkler Nebelmassen in dem von HAGEN und ÖPIK angenommenen Umfange. Welche der einzelnen dunklen Nebel von HAGEN und ÖPIK als reell anzusehen sind, wird erst die genaue Nachprüfung der einzelnen Nebel in der Weise, wie es bei den Stichproben für die markantesten ÖPIKschen Nebel auf der Harvard-Sternwarte geschehen ist, entscheiden.

J. HELLERICH.

Carl Schröter.

Zu seinem siebzigsten Geburtstag.

Von WALTHER WANGERIN, Danzig-Langfuhr.

Am 19. Dezember 1925 konnte Dr. CARL SCHRÖTER, seit 1884 ordentlicher Professor der Botanik an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich, die Feier der Vollendung seines siebzigsten Lebensjahres begehen. Aus dem Kreise seiner Freunde, Kollegen und der großen Schar der ihm in Dankbarkeit und treuer Anhänglichkeit verbundenen Schüler ist unter der Führung von E. RÜBEL dem Jubilar eine stattliche Festschrift dargebracht worden als Zeichen des Dankes für den reichen Gewinn, der ihnen aus seiner begeisterten und begeisternden Tätigkeit als Forscher und Lehrer zuteil geworden ist. Doch weit über die Grenzen des Landes hinaus, das ihm seit seiner frühen Jugend zur Heimat geworden ist und in dem er die Stätte seines erfolgreichen Wirkens gefunden hat, ist SCHRÖTERS wissenschaftliche Arbeit gedungen und hat befruchtend und anregend auf den Fortschritt der Forschung gewirkt, und so gibt es wohl keinen Botaniker, der nicht mit innerer Anteilnahme und mit dem Wunsche des Jubilars gedächte, daß es ihm noch lange Jahre vergönt sein möge, in alter Frische sich dem weiteren Ausbau und der Vollendung seines Lebenswerkes zu widmen. Um diesen Gefühlen Ausdruck zu geben, sei es dem Schreiber dieser Zeilen, der, ohne selbst ein Schüler SCHRÖTERS zu sein, doch von jeher zu den aufrichtigen Bewunderern dieses reichen Forscherlebens gehört, gestattet, mit kurzen Worten auf das wichtigste hinzuweisen, das die Wissenschaft ihm verdankt.

CARL SCHRÖTER wurde in Eßlingen am Neckar geboren, wo sein Vater, der aus Bielitz in Österreichisch- (jetzt Polnisch-) Schlesien stammte, Oberingenieur an der Maschinenfabrik war. Im Jahre 1863 wurde dieser als Professor für Maschinenbau an das Polytechnikum in Stuttgart berufen und siedelte von hier 1865 in gleicher Eigenschaft nach Zürich über, wo er schon zwei Jahre später dem Typhus erlag. Nach seinem Tode erhielten die Witwe und die Kinder von der Stadt Zürich das Bürgerrecht geschenkt, dessen Verleihung bereits dem Vater zugedacht gewesen war, und so wurde SCHRÖTER auch in dieser Hinsicht ganz ein Schweizer. In Zürich hat er nicht nur den bei weitem größten Teil seiner Schulzeit durchgemacht, sondern auch sich an der Technischen Hochschule von 1874—76 dem Studium der Naturwissenschaften, speziell der Botanik, gewidmet, welch letztere damals von CRAMER und dem bekannten OSWALD HEER vertreten wurde. Ursprünglich hatte SCHRÖTER die Absicht, die Laufbahn als Gymnasiallehrer einzuschlagen; er übernahm dann aber eine Assi-

stentenstelle und habilitierte sich im Herbst 1878; bereits 1879 wurde ihm ein Lehrauftrag für spezielle Botanik an Stelle des erkrankten HEER erteilt, und nachdem dieser 1882 in den Ruhestand getreten und 1883 gestorben war, erhielt SCHRÖTER zum 1. April 1884 die Ernennung zum ordentlichen Professor für spezielle Botanik. Als solcher hat er in nun mehr als vier Jahrzehnten in seiner Lehrtätigkeit Außerordentliches geleistet. Der Außenstehende kann dies am deutlichsten aus der stattlichen Zahl wertvoller Arbeiten ermessen, die als Dissertationen auf seine Anregung und unter seiner Leitung entstanden sind, wie nicht weniger auch aus der Tatsache, daß so manche von seinen Schülern sich auch weiterhin durch eigene Untersuchungen einen geachteten Namen gemacht haben. Von allen denen aber, die SCHRÖTERS Vorlesungen zu hören Gelegenheit hatten, wird ebensosehr die lebhaft e Eindringlichkeit und Klarheit des Vortrages und die scharfe Gliederung und Durcharbeitung des Stoffes wie auch die Vollendung des sprachlichen Ausdruckes und die Darbietung eines reichen Anschauungsmaterials gerühmt; einen ganz besonderen Genuß müssen auch die von einem so kenntnisreichen und wie wenige andere zum Lehren berufenen und dabei für die Natur seiner Heimat so begeisterten Führer veranstalteten Exkursionen bedeuten.

SCHRÖTERS Forschertätigkeit ist in gleichem Maße durch Gründlichkeit wie durch Vielseitigkeit ausgezeichnet. Auf den verschiedensten Teilgebieten der Botanik hat er sich selbst mit Erfolg betätigt, und auch in den aus seiner Schule hervorgegangenen Arbeiten kommt dieser umfassende und vielseitige Charakter seiner wissenschaftlichen Interessen entsprechend zum Ausdruck. Seine erste eigene, unter dem Einfluß von HEER entstandene Untersuchung betraf fossile Hölzer der arktischen Zone, und auch später hat er noch manche paläobotanischen Beiträge geliefert. Eine große Zahl hauptsächlich kleinerer Veröffentlichungen betreffen die spezielle Morphologie, Systematik und Ökologie mannigfacher Einzelpflanzen, besonders von Bäumen, von Angehörigen der Alpenflora u. a. m. Auch die Planktonkunde der Schweizer Seen und speziell des Züricher Sees hat er in mehreren kleineren und größeren Arbeiten behandelt. Das Gebiet aber, das in seiner wissenschaftlichen Tätigkeit die eigentliche zentrale Stellung einnimmt und seinen Namen vor allem bekannt gemacht, seine Ideen zu weitreichender Wirksamkeit gebracht hat, ist die Pflanzengeographie, die er in allen ihren Zweigen mächtig gefördert hat.

Ganz besonders sind es die Probleme der ökologischen Pflanzengeographie, der Beziehungen des Haushaltes der Pflanzen und ihres Zusammenlebens in bestimmten, charakteristischen Pflanzengesellschaften zu den in ihrer Umwelt gegebenen Existenzbedingungen, die seinen Forschungstrieb immer wieder angezogen haben; er gehört mit zu den ersten Begründern dieses ja noch ziemlich jungen Forschungszweiges, und den von ihm ausgegangenen Anregungen ist es vor allem zu danken, wenn die Schweizer Forschung auf diesem Gebiet auch heute noch an führender Stelle steht. Seine hierher gehörigen grundlegenden Arbeiten, die auch für die Schweizerische Landwirtschaft praktisch überaus bedeutungsvolle Ergebnisse gezeitigt haben, finden wir zunächst in der gemeinsam mit F. G. STEBLER seit 1887 herausgegebenen Publikationsserie „Beiträge zur Kenntnis der Matten und Weiden der Schweiz“; besonders die in dieser 1893 veröffentlichte Übersicht über die Wiesentypen der Schweiz stellt nicht nur, wie ihr Titel es besagt, einen Versuch dar, sondern eine Hauptgrundlage für alle diesbezüglichen Studien, zu der spätere Untersuchungen wohl noch Ergänzungen im einzelnen, aber nichts grundlegend Neues mehr hinzuzufügen vermocht haben. Mit O. KIRCHNER zusammen hat er dann ferner 1896 und 1902 die Vegetation des Bodensees bearbeitet und hierin bei der Darstellung der Pflanzenformationen des Sees und seiner Ufer auch zur Klärung der begrifflichen und terminologischen Fragen der pflanzlichen Gesellschaftslehre grundlegende Beiträge geliefert, die er dann später 1910 in seinen gemeinsam mit FLAHAULT für den internationalen Botanikerkongreß in Brüssel ausgearbeiteten Vorschlägen für die phytogeographische Nomenklatur noch weiter ausgebaut hat. In dem gleichen Jahre wie diese Vorschläge erschien auch noch seine Studie über bodenanzeigende Pflanzen der Schweiz (Kalkzeiger, Kalkflieher, Düngerzeiger usw.) und die Berichte über die Verhandlungen des Kongresses enthalten einen von ihm herrührenden umfassenden und eingehenden Bericht über pflanzengeographische Karten. Als ein Standardwerk ersten Ranges sind ferner „Die Moore der Schweiz“ von FRÜH und SCHRÖTER (1904) zu nennen, worin SCHRÖTER ganz besonders die torfbildenden Pflanzenformationen der Schweiz und die postglaziale Vegetationsgeschichte der Nordschweiz, wie sie sich in den im Torf erhaltenen subfossilen Pflanzenresten widerspiegelt, bearbeitet hat. Der genetischen Pflanzengeographie hat er dann ferner noch eine 1913 im Handwörterbuch der Naturwissenschaften erschienene Gesamtbearbeitung gewidmet, die sich in gleicher Weise durch Übersichtlichkeit und Klarheit wie durch Vollständigkeit auszeichnet. In der speziellen Pflanzengeographie seines Heimatlandes hat SCHRÖTER durch seine 1895 erschienene Arbeit „Das St. Antönialtal im Prättigau, in seinen wirtschaftlichen und pflanzengeographischen Ver-

hältnissen dargestellt“ eine in früherer Zeit zuerst von HEER inaugurierte Arbeitsrichtung wieder aufgenommen, die dann in der Folgezeit in Gestalt zahlreicher teils von seinen Schülern, teils von anderen Schweizer Forschern herrührenden Gebietsmonographien noch weitere reiche Früchte getragen hat. Manchem Alpenwanderer ist ferner seine „Taschenflora des Alpenwanderers“, die 1889 in 1., in 17. Auflage 1922 erschien, zu einem lieben und unentbehrlichen Begleiter auf Bergtouren geworden, der es ihm ermöglicht, sich mit den Wundern der alpinen Pflanzenwelt, die so viel für die landschaftliche Physiognomie zu bedeuten hat, näher vertraut zu machen. Vor allem aber muß hier noch des Werkes gedacht werden, in dem er der Pflanzenwelt des Hochgebirges eine eingehende und bei aller strengen Wissenschaftlichkeit auch für den botanisch interessierten Laien überaus anziehende Schilderung hat zuteil werden lassen, des „Pflanzenlebens der Alpen“, das 1904 bis 1908 in erster Auflage erschien und dessen zweite Auflage seit 1923 im Erscheinen begriffen ist. Es konnte schließlich nicht ausbleiben, daß ein so tief in das Innere der Natur seiner Heimat eingedrungen und für ihre Schönheit begeisterter Forscher mit stärkster innerer Anteilnahme sich an der Bewegung beteiligte, die seit dem Anfange unseres Jahrhunderts unter der Devise des Schutzes der Natur und der Naturdenkmalpflege sich nachhaltig und glücklicherweise nicht erfolglos für die Erhaltung der ursprünglichen Natur im Interesse nicht weniger der wissenschaftlichen Forschung wie der ideellen Belange der Allgemeinheit einsetzte. So hat SCHRÖTER in der 1906 ins Leben gerufenen Organisation des Naturschutzes in der Schweiz, deren schönster und weittragendster Erfolg in der Gründung des großartigen Nationalparks im Unterengadin besteht, von Anfang an mit lebhaftem Eifer mitgearbeitet; und er hat diesem in Europa einzigartigen Naturschutzgebiet nicht nur selbst zahlreiche Aufsätze gewidmet, sondern er ist auch Leiter der 1915 zu seiner wissenschaftlichen Erforschung eingesetzten Kommission.

Nur wenig, was besonders markant und wichtig erscheint, konnte hier erwähnt werden, und selbst wenn wir noch auf den Einfluß hinweisen, den seine Reisen sowohl auf seine Lehrtätigkeit wie auch seine wissenschaftlichen Veröffentlichungen ausgeübt haben, seiner Verdienste um die internationalen pflanzengeographischen Exkursionen gedenken und seiner Beteiligung an dem zusammen mit E. LOEW und O. KIRCHNER, die inzwischen beide verstorben sind, begründeten, seit 1903 erscheinenden Sammelwerk „Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas“, so wäre damit das Bild noch längst kein erschöpfendes. Möchten dem als Persönlichkeit wie als Forscher gleich edlen Manne noch viele Jahre weiteren unermüdlichen Schaffens im Dienste der Scientia amabilis vergönnt sein.

Neuere experimentelle Ergebnisse zur Relativitätstheorie.

VON HANS THIRING, Wien.

1. Die Wiederholung des Michelsonversuches auf dem Mount Wilson.

Das Relativitätsprinzip stützt sich bekanntlich auf den durchwegs negativen Ausfall aller bisher unternommenen Versuche, einen Einfluß des translatorischen Anteils der Erdbewegung auf elektromagnetische oder optische Vorgänge festzustellen. Das bekannteste unter diesen Experimenten ist der Versuch von MICHELSON und MORLEY, denn seine Theorie ist so durchsichtig und die Genauigkeit, mit der er durchgeführt werden konnte, so groß, daß sein negativer Ausfall am überzeugendsten wirken mußte. Es sei aber betont, daß neben ihm auch Experimente ganz anderer Natur vorliegen, die für sich allein schon als hinreichende Stütze des Relativitätsprinzips betrachtet werden könnten.

Zu jener Zeit, als der Michelsonversuch zum erstenmal ausgeführt wurde (1881 und 1887) stand die Physik noch völlig unter dem Einflusse der Äthervorstellung; das Experiment wurde also nicht etwa ausgedacht, um die Relativität der gleichförmig geradlinigen Bewegung für die elektromagnetischen Vorgänge zu erweisen, sondern es handelte sich vielmehr damals in erster Linie um die Entscheidung der Frage, ob die Erde bei ihrer Bewegung den Äther mitführe oder nicht. H. A. LORENTZ hatte die FRESNELsche Theorie des ruhenden Äthers seiner Elektronentheorie zugrundegelegt, die eine befriedigende Erklärung für die bis dahin bekannten Erscheinungen bot; nur der negative Ausfall des Michelsonversuches bildete für sie eine unerwartete Schwierigkeit. Das Nichtauftreten eines Effektes bei diesem Versuche konnte im Sinne der Äthertheorie nur als das Nichtvorhandensein einer Relativbewegung zwischen Erde und Äther gedeutet werden und sprach daher zugunsten der STOKESSchen Hypothese, wonach die Erde den Äther bei ihrer Bewegung mitführe. Trotzdem zog es damals LORENTZ vor, die Theorie des ruhenden Äthers beizubehalten und den Ausfall des Michelsonversuches durch die ad hoc fingierte Lorentzkontraktion zu erklären. In der Tat bietet auch die STOKESSche Hypothese gewisse Schwierigkeiten anderer Natur. Es sei hier nur das bekannte FIZEAusche Mitführungsexperiment erwähnt, das den Beweis dafür liefert, daß bewegte ponderable Materie dem hindurchgehenden Lichte nur einen Bruchteil seiner Geschwindigkeit aufzuprägen vermag. Wenn man ferner die Erscheinung der jährlichen Aberration der Fixsterne auf Grund der Theorie des mitgeführten Äthers erklären will, so muß man gewisse Hilfsannahmen machen, die recht gezwungen und wenig plausibel erscheinen.

Immerhin würde die Annahme eines mitgeführten Äthers zusammen mit den nötigen Zusatzhypothesen (Kompressibilität des Äthers usw.) eine mögliche Erklärung des negativen Ausfalles

des Michelsonversuches bilden, und sie wird daher von jenen Physikern, denen die Folgerungen der Relativitätstheorie unbehaglich erscheinen, immer wieder gerne herangezogen und der Relativitätstheorie gegenübergestellt. — Eine selbstverständliche Folgerung aus der STOKESSchen Annahme ist nun die, daß die Relativbewegung zwischen irdischem Beobachter und Äther mit zunehmendem Abstand des Beobachtungsortes vom Erdmittelpunkt größer werden muß, und es lag daher der Gedanke nahe, daß der Michelsonversuch vielleicht an einem Orte größerer Seehöhe einen positiven Effekt liefern würde.

MORLEY und MILLER hatten in den Jahren 1904 und 1905 eine Reihe von Beobachtungen mit einem verfeinerten Michelsonapparat ausgeführt, die ebenso wie jene von 1881 und 1887 völlig negativ ausgefallen waren. Die beiden Forscher schlossen ihre damaligen Versuche mit dem Ergebnisse ab, daß eine eventuell vorhandene Relativgeschwindigkeit zwischen Erde und Äther (Ätherdrift) nicht größer sein könne als 3,5 km/sec, während die Geschwindigkeit der jährlichen Erdbewegung allein 30 km/sec ausmacht. — Alle bis dahin ausgeführten Michelsonversuche hatten in ein und demselben Raum im Kellergeschoß der Case School in Cleveland, Ohio, stattgefunden, und es bestand daher die Absicht, den Versuch einmal auf einem Berge zu wiederholen. Der Apparat wurde also im Jahre 1905 auf einen Hügel in der Umgebung von Cleveland hinaufgeschafft, wo auf dem Grundstück eines befreundeten Herrn eine Versuchsbaracke aufgeschlagen wurde. Leider wurde aber während des Sommers das Grundstück verkauft, und der neue Eigentümer, der wenig Verständnis für das Ätherproblem besaß, ordnete die schleunigste Entfernung der Apparate an. Die Versuche wurden daher abgebrochen und schiefen durch mehr als anderthalb Jahrzehnte. Erst im Jahre 1921 konnte MILLER seine Idee der Wiederholung des Michelsonversuches an einem Orte größerer Seehöhe verwirklichen, und zwar auf dem ca. 1800 m hoch gelegenen Mount Wilson¹⁾. Die ersten Versuche wurden im April 1921 angestellt und ergaben einen positiven Effekt, der einem Ätherdrift von ca. 9 km/sec entsprechen würde. Die Anordnung wurde daraufhin sorgfältig auf Fehlerquellen untersucht, wobei insbesondere auf die Elimination der thermischen und magnetischen Einflüsse geachtet wurde. Der ganze Apparat wurde im Sommer 1921 demontiert und das stählerne Trägergerüst der Interferometerarme durch einen eisenfreien Betont Träger ersetzt, um magnetische Einflüsse auszuschalten. Die im Dezember 1921 wiederaufgenommenen Versuche ergaben jedoch das gleiche positive Resultat. Der Apparat wurde daraufhin wieder nach Cleveland zurückgeschafft, wo Kontroll-

¹⁾ Proc. of the nat. acad. of sciences (U. S. A.) 11, 306. 1925.

messungen in den Jahren 1922 und 1923 ebenso negativ ausfielen, wie die Versuche früherer Jahre. Von Herbst 1924 an wurden neuerliche Versuche auf dem Mount Wilson angestellt, jedoch an einer anderen Stelle als 1921. Wieder erhielt man den positiven Effekt. MILLER zog darum aus den bisher vorliegenden 5000 Einzelbeobachtungen den Schluß, daß in einer Seehöhe von 1800 m eine Relativgeschwindigkeit von 9 km/sec zwischen Äther und Erde vorhanden sei.

Dieses Resultat wird nun vielfach als eine Bestätigung der STOKESSchen Hypothese und als Widerlegung der Relativitätstheorie ausgelegt. L. SILBERSTEIN spricht in einer diesbezüglichen Notiz¹⁾ geradezu davon, daß der MILLERSche Versuch der Relativitätstheorie den „Knock out“ versetzt habe.

Eine kritische Analyse der numerischen Ergebnisse MILLERS zeigt aber, daß diese Schlußfolgerung zumindest eine sehr voreilige ist und daß trotz aller Vorsichtsmaßregeln MILLERS ein Versuchsfehler vorzuliegen scheint.

Zunächst ist es sicher unrichtig, den Ausfall der Versuche auf dem Mount Wilson als eine Bestätigung der STOKESSchen Theorie anzusehen. Denn obwohl diese im Gegensatz zu der fertig ausgebauten FRESNEL-LORENTZschen Theorie des ruhenden Äthers keine eindeutige Beschreibung des elektromagnetischen Feldes liefert, sondern mehr oder minder aus Annahmen qualitativer Natur besteht, konnte dennoch die Frage der Geschwindigkeitsverteilung des Äthers um eine bewegte gravitierende Kugel durchgerechnet werden, und es liegen daher bestimmte Aussagen vor über die Art und Weise, wie die Relativgeschwindigkeit zwischen irdischem Beobachter und Äther mit zunehmendem Abstand vom Erdmittelpunkt zunehmen muß. Die diesbezüglichen Formeln wurden nach einer von PLANCK stammenden Idee von H. A. LORENTZ²⁾ hergeleitet, und ihre Anwendung auf das vorliegende Problem gibt folgendes Resultat: Wenn wirklich in einer Seehöhe von 1800 m ein Ätherdrift mit einer Geschwindigkeit von 9 km/sec existiert, so müßte die Driftgeschwindigkeit im Meeresniveau noch immer 8,994 km/sec sein. Dies steht natürlich in vollem Widerspruch zu allen bisher in Cleveland gemachten Beobachtungen. Jene Form der STOKESSchen Theorie, die imstande wäre, die jährliche Aberration zu erklären, liefert also einen Gradienten des Ätherdrifts, der um Größenordnungen kleiner ist als jener, der sich ergibt, wenn wir den auf dem Mount Wilson gefundenen Effekt als reell ansehen.

Ein viel schwerer wiegendes Argument gegen die Realität des MILLERSchen Effektes ergibt sich jedoch aus ganz anderen Gesichtspunkten. Der Michelsonversuch wird bekanntlich in der Weise ausgeführt, daß ein auf Quecksilber schwimmendes Interferometer um eine vertikale Achse gedreht

wird, die Lage einer bestimmten Interferenzfranse für die verschiedenen Drehungswinkel (Azimute) des Apparates abgelesen und notiert wird. Da in den verschiedenen Stellungen des Apparates die beiden interferierenden Lichtstrahlen von einem etwa vorhandenen Ätherdrift in verschiedener Weise beeinflusst würden, müßte die Lage einer bestimmten Interferenzfranse von dem Azimut des Apparates abhängen. Bei den Versuchen auf dem Mount Wilson wurde eine derartige Abhängigkeit auch tatsächlich beobachtet, und aus den Beobachtungskurven läßt sich dann die Richtung und Größe der Horizontalkomponente des Ätherdriftes bestimmen. In den Figg. 1 und 2 stellen nun die Pfeile die Richtung der Horizontalkomponente des Ätherdriftes dar, der sich aus den Beobachtungen zu verschiedenen Tagesstunden an je einem Tage im April 1921 und im April 1925 ergeben würde. Man erkennt, daß mit zwei Ausnahmen, die den

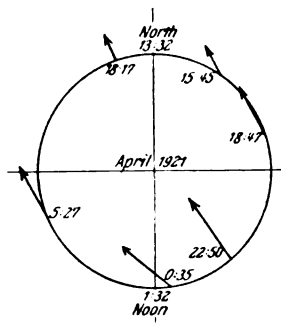


Fig. 1.

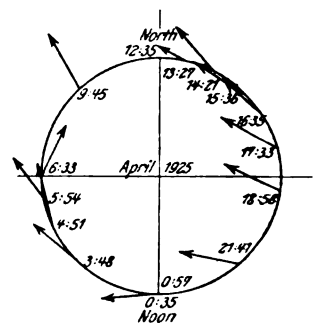


Fig. 2.

Eindruck von Beobachtungsfehlern machen, die Pfeile für alle Tagesstunden nach NW weisen. Dieser Umstand läßt es als ausgeschlossen erscheinen, daß man es mit einem Effekt zu tun habe, der von der Bewegung der Erde gegen den Äther verursacht wird. Denn eine leichte Überschlagerrechnung ergibt sofort, daß der von der täglichen Bewegung der Erde herrührende Effekt viel zu klein wäre, um beobachtet werden zu können. Wenn daher der in Rede stehende Effekt von der Bewegung der Erde gegen den Äther herrührt, so kommt dafür nur die jährliche Bewegung der Erde und die Bewegung des ganzen Sonnensystems in Betracht. Beide Bewegungen zusammen werden im Laufe von 24 Stunden ihren Betrag nur sehr wenig und ihre Richtung gegen den Fixsternhimmel nur um weniger als einen Bogengrad ändern. Projiziert man nun eine beliebige raumfixe Richtung auf die zu den verschiedenen Tagesstunden gehörigen Horizontebenen eines nicht am Äquator und nicht am Pol gelegenen Ortes, so wird die Nordhälfte dieser Projektion durch 12 Stunden hindurch eine westliche und durch 12 Stunden eine östliche Deklination erleiden. Nur, wenn die raumfixe Richtung der Erdachse parallel ist, wird ihre Projektion für alle Tagesstunden im Meridian liegen. Die Figg. 3 und 4

¹⁾ Nature 115, 798. 1925.

²⁾ Abhandl. über theoret. Physik, S. 454–460; Theory of Electrons, S. 314.

stellen nun ein den Figg. 1 und 2 analoges Diagramm dar, das einem reellen Ätherdrift entsprechen würde, der seine Richtung gegen den Fixsternhimmel innerhalb 24 Stunden kaum ändert. Fig. 3 entspricht einem Ätherdrift, der parallel der Erdochse gerichtet ist, Fig. 4 einem Ätherdrift, der um 45° gegen die Erdochse geneigt ist. Die geographische Breite wurde, der Lage des Mount Wilson entsprechend, zu 34° angenommen. Für andere Neigungswinkel gilt natürlich ebenfalls das allgemeine Gesetz, daß die Horizontalkomponente des Ätherdriftes im Laufe eines Tages ebensoweit nach Osten wie nach Westen ausschlagen müßte. Der Unterschied zwischen den berechneten und den beobachteten Richtungen des Ätherdriftes ergibt sich deutlich aus einem Vergleich der Abbildungspaare 1, 2 und 3, 4.

Aus der Tatsache, daß der der Beobachtung zugängliche Effekt während eines Tages seine Rich-

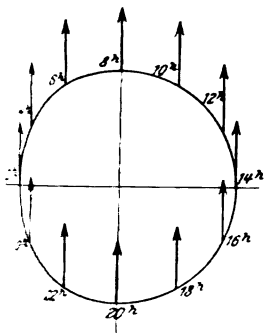


Fig. 3.

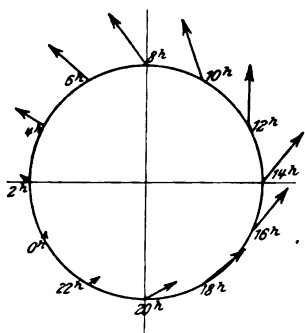


Fig. 4.

tung gegenüber dem Fixsternhimmel ungeändert beibehalten muß, läßt sich ferner auch direkt die Gestalt der Kurven berechnen, die die Verschiebung der Interferenzstreifen als Funktion des Azimuts des Apparates angeben. Wenn man versucht, die von MILLER in seiner Arbeit angegebenen Beobachtungskurven mit den berechneten zur Deckung zu bringen, so ergibt sich, daß man bei einzelnen unter ihnen einen Beobachtungsfehler annehmen müßte, der den ganzen Betrag der beobachteten Streifenverschiebung ausmacht¹⁾.

Es ergibt sich daraus, daß der auf dem Mount Wilson gefundene Effekt mit einem Einfluß der Erdbewegung auf die Lichtausbreitung gar nichts zu tun haben dürfte, sondern auf bisher unbekannte Störungsursachen zurückzuführen ist. — Im Einklang mit dieser Vermutung steht auch die Tatsache, daß eine Wiederholung des Versuches von TROUTON und NOBLE durch R. TOMASCHEK auf dem Jungfraujoch in 3500 m Seehöhe keinen beobachtbaren Effekt lieferte²⁾. Die Empfindlichkeit des von TOMASCHEK verwendeten Apparates war dabei so groß, daß ein Ätherdrift von nur 3 km/sek einen merklichen Effekt erzeugt hätte.

¹⁾ Vgl. hierzu eine demnächst in der Zeitschr. f. Phys. erscheinende Notiz des Verf.

²⁾ R. TOMASCHEK, A. N. 226, 14. 1925, Nr. 5402.

Im übrigen mögen sich die Anhänger der STOKESSchen Theorie dadurch an ihrem Glauben an den mitgeführten Äther nicht abschrecken lassen. Denn die oben angegebene Berechnung nach der LORENTZschen Formel lehrt, daß nach der STOKESSchen Theorie an allen innerhalb der Erdatmosphäre gelegenen Beobachtungsorten der Ätherdrift von seinem Werte im Meeresniveau nur so wenig abweichen würde, daß an eine Beobachtung überhaupt nicht zu denken ist. Alle Wiederholungen derartiger Versuche auf hohen Bergen werden deshalb vergebene Mühe sein, weil weder nach der Relativitätstheorie noch nach der STOKESSchen Äthertheorie ein Effekt zu erwarten ist.

Der negative Ausfall aller Ätherdriftexperimente wird also nie als zwingendes Argument gegen die STOKESSche Hypothese angeführt werden können. Trotzdem wird aber der mit den Äthertheorien vertraute Physiker diese Hypothese aus anderen Gründen ablehnen müssen, wie es seinerzeit schon H. A. LORENTZ getan hatte. Denn abgesehen von den obenerwähnten Schwierigkeiten bezüglich des FIZEAUSchen Versuches und der Aberration, stellt die STOKESSche Annahme überhaupt keine quantitativ ausgearbeitete Theorie des elektromagnetischen Feldes dar und kann mit der EINSTEIN-MINKOWSKischen Elektrodynamik, die eindeutige Feldgleichungen lieferte, eine Reihe neuer Gesichtspunkte eröffnete und beobachtbare Effekte voraussagte, nicht in Wettbewerb treten.

2. Die Frage der Rotverschiebung der Spektrallinien.

Eine der wichtigsten und zwingendsten Folgerungen der allgemeinen Relativitätstheorie besteht in der Aussage, daß Spektrallinien, die an Orten hohen negativen Gravitationspotentials emittiert oder absorbiert werden, eine etwas größere Wellenlänge besitzen müssen als die entsprechenden Linien irdischer Lichtquellen. Man bezeichnet diesen Effekt als die Rotverschiebung der Spektrallinien; der Nachweis des Vorhandenseins dieser Verschiebung spielt in der Frage der experimentellen Bestätigung der Relativitätstheorie eine wichtige Rolle.

Bei den Absorptionslinien des Sonnenspektrums ist nun dieser Nachweis darum schwer zu führen, weil die Verschiebung nur sehr klein ist — sie beträgt in dem für die diesbezüglichen Beobachtungen meist verwendeten kurzwelligen Spektralbezirk ungefähr 0,008 Å. — und weil bei den turbulenten Verhältnissen in der Sonnenatmosphäre Störungsursachen gleicher Größenordnung vorliegen. Eine sehr eingehende Untersuchung der Unterschiede zwischen solaren und terrestrischen Spektrallinien wurde von St. JOHN und seinen Mitarbeitern auf dem Mount Wilson durchgeführt. Die anfänglichen, 1917 publizierten Ergebnisse sprachen gegen die Existenz einer Rotverschiebung. Die seither angestellten umfassenden Untersuchungen dieser Frage haben jedoch das Endergebnis wesentlich geändert. Die letzte dies-

bezügliche Meinungsäußerung von ST. JOHN sei nachfolgend im Wortlaut zitiert¹⁾:

„Es kann demnach die Lage des Problems der Rotverschiebung, so wie ich sie jetzt beurteile, folgendermaßen zusammengefaßt werden: Linienverschiebungen, wie sie von der allgemeinen Relativitätstheorie vorausgesagt werden, vereinigt mit geringen Dopplerverschiebungen, bieten die wahrscheinlichste Erklärung für die Unterschiede zwischen den Wellenlängen in der Mitte der Sonnenscheibe und den Wellenlängen des Bogens im Vakuum.“

Die Ergebnisse der Beobachtung an der Sonne scheinen also zugunsten der Relativitätstheorie zu sprechen. Eine völlig eindeutige und jeden Zweifel ausschließende Entscheidung liegt aber nicht vor und ist auch bei der Sonne kaum zu erwarten, da eine reinliche Isolierung der geringen relativistischen Verschiebung von den Störungseinflüssen schwerlich gelingen wird. — Hinsichtlich der Größe des Effektes liegen nun die Verhältnisse bei einzelnen Fixsternen mit hohen Werten des Gravitationspotentials viel günstiger, hier bietet sich aber eine Schwierigkeit anderer Natur. Sie besteht darin, daß die von der Relativitätstheorie geforderte Rotverschiebung von einem Dopplereffekt prinzipiell nicht zu trennen ist. Bei Sternen mit positiven Radialgeschwindigkeiten (Bewegung vom Sonnensystem fortgerichtet) würde der auftretende Dopplereffekt eine Rotverschiebung vortäuschen, bei Sternen mit negativer Radialgeschwindigkeit würde dagegen eine etwas vorhandene Rotverschiebung durch den Dopplereffekt kompensiert werden. Da nun Radialgeschwindigkeiten im allgemeinen nicht anders als eben durch Beobachtung der Linienverschiebungen zu messen sind, scheint es zunächst aussichtslos zu sein, die Messungen an Fixsternspektren für die Frage der Rotverschiebung heranzuziehen.

Einen Ausweg aus diesen Schwierigkeiten bietet nun das Vorhandensein von Doppelsternen, bei denen die Massen von gleicher, die Volumina hingegen von verschiedener Größenordnung sind. Wir wählen als Beispiel gleich den Sirius, an dessen lichtschwachen Begleiter die jetzt zu erörternden Messungen ausgeführt worden sind. Die Massen von Hauptstern und Begleiter verhalten sich beim Sirius wie 3 : 1; der Durchmesser des Begleiters ist aber abnorm klein; er ist nur ungefähr dreimal so groß wie der Erddurchmesser. Daraus ergibt sich eine außerordentlich hohe Dichte von Sirius B; nach der Schätzung EDDINGTONS²⁾ beträgt sie 53 000 (Dichte des Wassers gleich 1 gesetzt). Da das Gravitationspotential an der Oberfläche des Sternes der Masse direkt und dem Radius verkehrt proportional ist, erreicht die von der Relativitätstheorie geforderte, dem Potential proportionale Rotverschiebung bei Sirius B einen hohen, der Messung verhältnismäßig bequem zugänglichen Wert. Bei dem Hauptstern, Sirius A, ist sie dagegen

ungefähr von derselben Größenordnung wie bei der Sonne und bleibt daher unterhalb der bei Fixsternen erreichbaren Beobachtungsgrenze.

Die Linienverschiebungen beider Komponenten eines Doppelsternes werden nun zunächst einen periodischen Anteil enthalten, der den von der Umlaufbewegung erzeugten Dopplereffekt darstellt. Der nach Elimination der periodischen Verschiebungen übrigbleibende konstante Anteil der Linienverschiebungen setzt sich zusammen aus dem Dopplereffekt, der von der gemeinsamen Radialbewegung des Systems herrührt, und aus der gegebenenfalls vorhandenen EINSTEINSchen Rotverschiebung. Bildet man nun die Differenz der Linienverschiebungen zwischen beiden Komponenten, so fällt der gemeinsame Dopplereffekt heraus, und man erhält die Differenz der Rotverschiebungen beider Sterne, die wegen der Kleinheit des Effektes beim Hauptstern mit völlig hinreichender Genauigkeit als die Rotverschiebung des dichteren Begleiters gedeutet werden kann.

Nachdem K. F. BOTTLINGER und J. WEBER zuerst auf die Möglichkeit hingewiesen hatten, die Frage der Rotverschiebung durch Messungen am Siriusbegleiter nachzuprüfen, berechnete EDDINGTON l. c. aus den vorliegenden Daten über Masse und Durchmesser von Sirius B die zu erwartende Rotverschiebung zu ungefähr 0,30 Å.

W. S. ADAMS¹⁾ hat nun mit dem 100zölligen Spiegelteleskop des Mount Wilson das Spektrum von Sirius B untersucht und erhielt eine ausgesprochene Rotverschiebung aller gemessenen Linien. Der Betrag der Verschiebung läßt sich allerdings nicht mit sehr großer Schärfe angeben, da wegen der geringen Helligkeit des Begleiters ein Prismenspektrograph verwendet werden muß, der natürlich nicht annähernd jene Meßgenauigkeit zuläßt wie ein Gitterspektrograph. ADAMS findet als Mittelwert der Verschiebung für eine größere Anzahl von Linien den Betrag von 0,32 Å, was in guter Übereinstimmung mit der theoretischen Vorhersage steht.

Man wird wegen des unwahrscheinlich hohen Wertes der Dichte von Sirius B vielleicht Zweifel in die Zuverlässigkeit der Bestimmung von Masse und Durchmesser dieses Sternes setzen. Es sei daher kurz angedeutet, auf welche Weise wir zur Kenntnis dieser Größen gelangen und welche physikalischen Voraussetzungen ihrer Berechnung zugrundegelegt sind. — Die Bestimmung der Masse erfolgt durch Beobachtung der Umlaufzeit und durch Messung des Bahndurchmessers und der gegenseitigen Radialbeschleunigungen der beiden Komponenten des Doppelsternes. Nach dem dritten KEPLERSchen Gesetz ist das Quadrat der Umlaufzeit proportional der dritten Potenz der großen Halbachse der Bahn. Der Proportionalitätsfaktor ist

$$\frac{4\pi^2}{\lambda(m_1 + m_2)}$$

¹⁾ Zeitschr. f. Phys. 21, 159. 1924.

²⁾ Monthly Notices 84, 308. 1924.

¹⁾ Proc. of the nat. acad. of sciences (U. S. A.) 11, 382. 1925.

wobei κ die Gravitationskonstante und m_1 und m_2 die Massen von Hauptstern und Begleiter darstellen. Die beiden ersterwähnten Messungen liefern also die Summe der beiden Massen; ihr Verhältnis ist gleich dem Verhältnis der gegenseitigen Radialbeschleunigungen, daraus lassen sich dann m_1 und m_2 getrennt berechnen.

Die Bestimmung des Durchmessers erfolgt durch Abschätzung der Oberfläche des Sternes aus der Beziehung:

$$\text{Oberfläche} = \frac{\text{Gesamthelligkeit}}{\text{Helligkeit pro Flächeneinheit}}$$

Die Gesamthelligkeit (absolute Größenklasse) des Sternes wird gewonnen durch photometrische Bestimmung der visuellen Helligkeit und durch Messung der Entfernung (Parallaxe) des Sternes. Die Parallaxe des Sirius läßt sich bekanntlich auf trigonometrischem Wege messen und gehört zu jenen, deren Wert am genauesten bekannt ist. — Die Helligkeit pro Flächeneinheit kann mittels des PLANCKschen Gesetzes aus der Temperatur berechnet werden, deren Abschätzung durch Bestimmung der Spektralklasse des Sternes erfolgt. Die diesbezüglichen (natürlich nur angenähert richtigen) Schätzungen für Sirius B sind:

Absolute Größenklasse . . .	11,3
Spektraltype	Fo
Oberflächentemperatur . . .	8000°
Radius	19600 km
Masse	0,85 Sonnenmassen
Dichte	53000.

Die Frage, ob diese Dichtenbestimmung als zwingend anzusehen sei, und insbesondere, ob man sich in diesem Falle unbedingt auf das PLANCKsche Strahlungsgesetz stützen könne, wurde von astronomischer Seite, schon bevor der Rotverschiebungseffekt an Sirius B nachgeprüft worden war, einer eingehenden Diskussion unterzogen. K. F. BOTTLINGER¹⁾ spricht sich in einer kritischen Erörterung dieser Frage dahin aus, daß alle gekünstelten Annahmen, durch welche die Schlußfolgerung auf die hohe Dichte von Sirius B umgangen werden könnte, abzulehnen seien. Der Siriusbegleiter ist übrigens nicht das einzige Beispiel eines Sternes abnorm hoher Dichte; man kennt unter den nächsten 30 Nachbarn unseres Sonnensystemes bereits 2 solcher „weißer Zwerge“.

Man wird auch vom rein physikalischen Standpunkt aus die sehr hohen Dichten als nicht so unwahrscheinlich ansehen, wenn man die abnormen Temperatur- und Druckverhältnisse im Inneren der Sterne in Rücksicht zieht. Die Temperatur erreicht im Sterninneren Werte von der Größenordnung 100 Millionen Grad Celsius, der Druck ist von der Größenordnung 10^{14} bis 10^{15} At. Wir können nach unseren irdischen Laboratoriumserfahrungen über das Verhalten der Materie unter diesen Verhältnissen gar keine direkten Aussagen machen, insbesondere fehlen uns Erfahrungen

über die Abnahme der Kompressibilität bei den extrem hohen Drucken. Gleichbleibende Kompressibilität vorausgesetzt, würde eine Kugel aus Stahl schon bei einem Druck, der um mehrere Zehnerpotenzen kleiner ist als jener im Sterninneren, die Dichte von 50 000 erreichen. Nun nimmt selbstverständlich die Kompressibilität ab, d. h. der Widerstand gegen ein weiteres Zusammendrücken nimmt zu, wenn einmal die Dichte sehr groß geworden ist. Die Abnahme der Kompressibilität ist auf das endliche Atomvolum zurückzuführen; die äußeren Elektronenschalen des Atoms stoßen einander mit einer höheren negativen Potenz der Entfernung ab. Bei sehr hohen Drucken und Temperaturen sind aber die Bedingungen für den ungestörten Aufbau der Elektronenschalen des Atoms gar nicht mehr gegeben. EDDINGTON erklärt das Zustandekommen hoher Dichten durch die Tatsache, daß bei den Temperaturen des Sterninneren die Atome weitgehend ionisiert sein müssen. Der Atomrumpf hat ein wesentlich kleineres Volum als das intakte Atom, daher können nicht nur abnorm hohe Dichten auftreten, sondern es wird auch noch bis zu hohen Werten der Dichten hinauf die Zustandsgleichung der idealen Gase Gültigkeit haben. — Die Ausdrucksweise EDDINGTONS ist aber geeignet, zu falschen Vorstellungen Anlaß zu geben. Denn unter einem ionisierten Atom pflegt man sich gewöhnlich ein solches vorzustellen, bei dem ein oder mehrere Elektronen abgetrennt wurden und in große Entfernung vom Atomrumpf gebracht worden sind. In der extrem dichten Sternmaterie ist das nun keineswegs der Fall. Denn sie muß natürlich als Ganzes elektrisch neutral sein, weil sonst die elektrostatischen Abstoßungskräfte, die die Gravitation um Größenordnungen übertreffen, ein explosionsartiges Zerbersten des Sternes herbeiführen werden. Also müssen sich die „abgetrennten“ Elektronen doch irgendwo zwischen den Atomen befinden, und zwar wegen der hohen Dichte in noch viel größerer Nähe des Atomkernes als im normalen Atom. Es scheint darum kaum angängig, unter diesen Verhältnissen überhaupt von einer Ionisation zu sprechen. Wir werden vielmehr den eigentlichen Grund für das Zustandekommen der hohen Dichten in dem Umstand erblicken müssen, daß die Auswahlregeln der Quantentheorie, die die Anzahl der inneren Elektronenbahnen fixieren und so im Sinne der BOHRschen Theorie für den Aufbau des periodischen Systems maßgebend sind, in den durch Strahlung und Zusammenstöße im Sterninneren erzeugten extremen Kraftfeldern ihre Gültigkeit verlieren. In den intrastellaren Kraftfeldern werden offenbar die Elektronenbahnen im Atom ganz andere sein als im ungestörten Zustand; sie werden sich enger um den Kern schlingen, und daraus ergibt sich die Möglichkeit einer ausgiebigeren Kompression unter dem herrschenden starken Druck.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die ADAMSSchen Messungen eine gute Bestätigung der

¹⁾ Veröffentlichungen der Universitätssternwarte Berlin-Babelsberg, III, H. 4, S. 30—31. 1923.

von der Relativitätstheorie geforderten Rotverschiebung ergeben. — Wenn man etwa die Sr. JOHNSCHEN Messungen allein schon als hinlängliche Bestätigung für das Auftreten dieses Effektes in Gravitationsfeldern betrachtet, dann kann man die Messungen von ADAMS umgekehrt als eine Be-

stätigung der auch auf anderem Wege gefundenen hohen Dichte der weißen Zwergsterne auffassen. Der so lange angezweifelte Rotverschiebungseffekt wird sich also möglicherweise einmal als ein neues, gut brauchbares Hilfsmittel der Astrophysiker erweisen.

Besprechungen.

EBSTEIN, ERICH, *Deutsche Ärztereden aus dem 19. Jahrhundert*. Berlin: Julius Springer 1926. XIX, 220 S. 13 × 21 cm. Preis geb. 9 Goldmark.

Die Zahl der Reden, aus denen der Verf. seine Auswahl treffen konnte, ist sehr groß. Die Bibliographie, die er zum Schlusse bringt, zählt deren 111 auf, und sie ist, wie jeder einigermaßen Orientierte auf den ersten Blick sieht und wie EBSTEIN selbst eingesteht, höchst unvollständig. Aus diesem Material hat er 18 Reden herausgegriffen. Die Gesichtspunkte, die ihn bei dieser Auswahl geleitet haben, sind schwer ersichtlich. Man könnte meinen, daß die chronologisch geordnete Sammlung zeigen sollte, wie sich der wissenschaftliche Standpunkt der Redner im Laufe des Jahrhunderts fortentwickelt hat. Dafür ist aber der Stoff, den die Reden behandeln, zu verschieden. Man muß wohl annehmen, daß er aus den drei Gebieten deutscher Sprache — Deutschland, Österreich und die Schweiz — die hervorragendsten Mediziner und von ihnen die Reden ausgesucht hat, die ihm als die schönsten erschienen. Dabei spielt der Geschmack eine Rolle, und über ihn ist bekanntlich nicht zu disputieren.

Ich gestehe, daß mich von allen Reden die erste am meisten interessiert, ja ergriffen hat. Es ist das eine Abschiedsrede, die REIL im Spätjahre 1810 beim Abschied von seinem Lehramt an der Universität Halle gehalten hat. REIL war damals einer der angesehensten Mediziner Deutschlands, aus seiner Rede sieht man, daß er sich dessen wohlbewußt ist. Interessiert hat mich zunächst, wie sehr das Auftreten REILS von dem unsrigen abweicht. Wie verschiedene der Geschmack der damaligen Zeit von dem unsrigen ist, ersieht man schon aus dem übrigens sehr schönen Bildnis, das der Rede REILS beigegeben ist. Heut würde sich kaum noch ein angehender Student der Medizin mit einem Totenschädel neben sich abbilden lassen. Welche Kluft liegt zwischen seiner Rede und der auf sie folgenden, und doch liegen zwischen beiden nicht mehr als neun Jahre. Freilich eröffnete die zweite Rede die glänzende Laufbahn des sechsundzwanzigjährigen SCHÖNLEIN, die REILS ist eine Abschiedsrede. Aber sie bedeutete nicht etwa den Abschluß seiner Laufbahn. Man ist geneigt, das zu glauben, wenn er das, was ihm vom Leben übrigbleibt, „die Hefe eines kränkelnden Alters“ nennt. Tatsächlich war der erst zweiundfünfzigjährige Mann an die neugegründete Universität Berlin berufen und im Begriff, eine arbeitsreiche Stellung anzutreten, die ihn obendrein mit den wichtigsten, verantwortungsvollsten Aufgaben belastete.

Jedoch mein Hauptinteresse gilt nicht diesen Dingen, sondern den politischen Bemerkungen, die einen großen Teil der Rede einnehmen. Wer kann sie lesen, ohne sich der Ähnlichkeit der damaligen Lage Deutschlands mit der heutigen bewußt zu werden. Auch damals lagen in Deutschland überall französische Besatzungen und französische Überwachungskommissionen. Halle selbst lag im Königreich Westfalen, das von der landesväterlichen Huld des Königs Jérôme betreut wurde. Trotzdem findet REIL die freimütigsten

Worte, begeistert feiert er die im Aufstande gegen Napoleon kämpfende spanische Nation. Wie lange würde heute ein Professor in Bonn, in Bromberg, in Bozen auf freiem Fuße bleiben, wenn er solche Reden hielte? Es scheint, als ob der Druck des napoleonischen Regiments ein Kinderspiel war im Vergleich zu dem, was heute die Deutschen in den abgetretenen oder besetzten Gebieten zu ertragen haben. Ich glaube, REIL hat die Morgenröte der Freiheit noch gesehen. Er starb Ende November 1813 am Flecktyphus, den er sich beim Besuche eines erkrankten Kollegen geholt hatte.

Auch die übrigen Reden bringen recht viel Bemerkenswertes. Die Rede SCHÖNLEINS enthält neben vielem Veraltetem das Programm der heutigen Form des klinischen Unterrichts, dessen Begründer er gewesen ist, die schöne Rede, mit der NAUNYN sich von seinen Schülern verabschiedete, ist eines der vielen Zeugnisse für die ideale Auffassung, die er von seinem Lehramt gehabt hat, die Reden KOCHS und EHRLICHs zeigen uns die Wege, auf denen sie zu ihren epochemachenden Entdeckungen gelangt sind, eine Rede VIRCHOWs beim Internationalen medizinischen Kongreß in Rom verfolgt die Entwicklung des anatomischen Gedankens in der Medizin durch die Geschichte und endet mit dem Siege desselben durch MORGAGNIs Werk: *De sedibus et causis morborum*. VIRCHOW ist der Meinung, daß dieser Sieg die Zeitrechnung der modernen Medizin einleitet, mir will es fast scheinen, als ob die modernste Medizin Lust hat, die Früchte dieses Sieges fortzuwerfen. Die Rede VIRCHOWs ist interessant, gut aufgebaut und liebenswürdig gegen die damaligen Gastgeber. Wenn VIRCHOW sich vorbereitet hatte — und das war bei dieser Rede sicher der Fall —, so sprach er vorzüglich, und die Monotonie seines Organs schmälerte die Wirkung in keiner Weise, man begriff die faszinierende Wirkung des jugendlichen Würzburger Lehrers auf seine Schüler. Natürlich verstehe ich unter Vorbereitung einer Rede nicht ihre schriftliche Fixierung und Memorierung, wohl aber die vollkommene Beherrschung der Disposition. Dabei bleibt immer noch genug Raum für Improvisation und deren Wirkung auf die Lebendigkeit des Ausdrucks. Selbst ganz improvisiert klingende Tischreden können in diesem Sinne vorbereitet sein. Ich habe einmal eine Tischrede VIRCHOWs auf KUSSMAUL gehört, die sicher in diesem Sinne vorbereitet war, aber trotzdem den Eindruck einer Improvisation machte und vorzüglich wirkte. Aber oft, ganz besonders in den Vorlesungen VIRCHOWs, aber auch bei vielen seiner Reden auf den Naturforscherversammlungen fehlte auch diese Vorbereitung. Wenn man sie hörte, so mußte man zu dem abfälligen Urteil NAUNYNs kommen. Der Rede beigelegt ist nicht ein Porträt VIRCHOWs aus der Zeit derselben, sondern ein schönes Bild des jugendlichen VIRCHOW.

Es findet sich noch viel oratorischer Glanz in den Reden, die das Buch bringt, aber alle überstrahlt HELMHOLTZ' bekannte Rede über das Denken in der Medizin. Krystallklare Gedanken, krystallklarer Aufbau derselben und krystallklare Sprache. Wie HELM-

HOLTZ als Redner gewirkt hat, weiß ich nicht, ich habe ihn nie öffentlich sprechen hören. Vor mehr als vierzig Jahren war ich einmal zusammen mit ihm im Engadin und traf ihn allabendlich am Biertisch, da war er still und ließ die anderen reden.

Das Mitgeteilte wird genügen, um zu zeigen, daß, wer das Büchlein liest, es mit der Überzeugung aus der Hand legen wird, ihm einige angenehme Stunden zu verdanken.

Um zu zeigen, daß ich auch ein pedantischer Korrektor sein kann, will ich nicht etwa die Druckfehler aufzählen — aber bemerken, daß der große Hallenser Chirurg nicht, wie er auf Seite IX genannt wird, ROBERT, sondern RICHARD VOLKMANN hieß.

L. LICHTHEIM, Bern.

BETHE, A., G. v. BERGMANN, G. EMBDEN und A. ELLINGER, *Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie*. II. Band: Atmung. Berlin: Julius Springer 1925. IX, 552 S. und 122 Abbild. 17 x 26 cm. Preis geh. 39.—, geb. 44,40 Goldmark.

Ende der siebziger Jahre des vorigen Jahrhunderts erschien als eine Großtat auf dem Gebiete des physiologischen Schrifttums das unter der Ägide von HERMANN, Königsberg, herausgegebene *Handbuch der Physiologie*. Es erschien in 6 Bänden, und es gelang dem Herausgeber, die hervorragendsten Vertreter der einzelnen Fächer zur Mitarbeiterschaft heranzuziehen. Das Werk fand allgemeine Anerkennung, und viele Kapitel sind auch heute noch für alle diejenigen wertvoll, die sich mit den Ursprüngen der heutigen Physiologie vertraut machen wollen.

Ihm folgte etwa zwanzig Jahre später das *Handbuch der Physiologie des Menschen* von NAGEL, das nicht ganz in demselben Maße einen Überblick über die Fortschritte, die die Physiologie unterdes gemacht hatte, gab, wenn auch in ihm einige Kapitel wenigstens hervorragend bearbeitet waren. Nunmehr hat sich das überschriftlich genannte Kollegium zusammengetan, dem übrigens A. ELLINGER leider schon durch den Tod entrissen wurde, um wiederum den Stand der physiologischen Kenntnisse mit Hilfe einer großen Zahl von Mitarbeitern zusammenzufassen.

Dieses neue Lehrbuch soll sich nach dem beigegebenen Prospekt auf die Physiologie im weitesten Wortsinne beziehen, so daß neben der des Menschen auch die der Tiere, speziell der niederen Tiere, und auch die der Pflanzen zur Darstellung kommen soll. Zudem soll Rücksicht genommen werden auf die pathologisch veränderten Vorgänge, also auf das, was heute pathologische Physiologie genannt wird. So finden sich denn unter den Mitarbeitern nicht nur Physiologen von Fach, sondern auch Kliniker, Zoologen und Botaniker. Schon die Bearbeitung des jetzt vorliegenden, zuerst erschienenen 2. Bandes läßt diese Vereinigung erkennen.

Der Stil, in dem das Werk gedacht ist, läßt sich aus der Tatsache ersehen, daß es auf 17 Bände berechnet ist. Ein Überblick über die Inhaltsangabe der einzelnen Bände und über die Stoffverteilung ergibt nicht unerhebliche Abweichungen von der gewöhnlichen Anordnung und von dem Aufbau, den man bisher in physiologischen Hand- und Lehrbüchern zu finden gewohnt war. Diese Eigenartigkeit rührt aber gewiß nicht allein daher, daß, wie die Herausgeber betonen, die *Funktion* als Prinzip der Anordnung in den Vordergrund gestellt wurde, denn das ist auch sonst schon ohne besondere Betonung vielfach geschehen.

Um einen Einblick in den Aufbau des Werkes zu geben, sei angeführt, daß der 1. Band allgemein physiologische Probleme behandeln soll. Dann folgt unter der Bezeichnung: „Stoffaustausch und seine Organe“ die

Behandlung der Atmung, der Verdauung, der Resorption und Assimilation sowie der Exkretionen. Esschließt sich die Lehre vom Gesamtstoff- und Energiewechsel an. Unter dem Titel: „Vermittlungssystem des Stoffaustausches“ werden Blut und Blutkreislauf behandelt, unter dem „spezielle Organe und Einrichtungen des Energiumsatzes“ die verschiedenen vom lebenden Organismus produzierten Energieformen (mechanische Energie, Elektrobiologie, Lichtenergie). Die Physiologie des Nervensystems fällt unter das Kapitel: „Auflösungseinrichtungen“. Sonst in physiologischen Handbüchern nicht behandelte Gegenstände sind: die „Schutz- und Angriffseinrichtungen“ und die „Reaktionen auf Schädigungen“. Nachdem Fortpflanzung, Entwicklung und Wachstum besprochen sind, folgt als letzter Abschnitt ein „Korrelationen“ betitelter. In ihm, der auf 3 Bände berechnet ist, sollen die Vorgänge zur Besprechung kommen, die nicht auf ein einzelnes Organ sich beziehen, zu deren Zustandekommen vielmehr das Zusammenwirken zahlreicher Organe bzw. Vorgänge erforderlich ist. Hier werden nun z. T. Gegenstände besprochen, die in den bisherigen Lehr- und Handbüchern an ganz anderer Stelle zu finden waren, so die Vorgänge der Bewegung und des Gleichgewichtes, körperliche Arbeit, Stimme und Sprache, Wirksamkeit der Hormone, der Verdauungsapparat als Ganzes, die Ernährung des Menschen und verschiedene Regulierungsvorgänge; darunter die Wärmeregulation, die Regulationen des Stoffwechsels und anderes. Auch der Frage nach Konstitution und Vererbung ist ein Abschnitt gewidmet.

Dieser Überblick zeigt, von welch großen Gesichtspunkten aus das Werk entworfen ist, und es ist nur zu wünschen, daß Ausführung und Erfolg der Großzügigkeit der Anlage entsprechen. —

Der bis jetzt vorliegende 2. Band enthält die Lehre von der *Atmung*. Nach einer als Einführung dienenden Darstellung des Begriffes Atmung und der verschiedenen Mittel, deren die Natur sich in der Tierreihe zur Erreichung des Atmungszweckes bedient (Verf. BETHE), folgt eine anatomische Darstellung der Atmungsorgane des Menschen (von FELIX) und die Physiologie der Atembewegungen von ROHRER. Diese gibt eigentlich mehr physikalisch-mathematische Ableitungen über die verschiedenen bei den Atembewegungen tätigen Kräfte, während das rein Physiologische vielleicht etwas zu kurz gekommen ist. Jedenfalls aber bringt ROHRER Betrachtungen und Gesichtspunkte, die bisher in einem Hand- oder Lehrbuche nicht zu finden waren, allerdings unter der Physik übernommenen Bezeichnungen, die neuartig sind und an die man sich erst gewöhnen muß. Es wird sich zeigen, wie weit diese sich in der Physiologie einführen werden.

Sehr gut und ausführlich wird dann die „Physiologie der oberen Luftwege“ von SKRAMLIK besprochen, die Bedeutung der Nase und ihrer Nebenhöhlen, der Mundhöhle, des Schlundkopfes und des Kehlkopfes als Atmungsorgane, wobei auch die Besichtigung des Kehlkopfes beim Lebenden eine Darstellung erfährt; ebenso werden die Funktionen, welche die Luftröhre und ihre Äste bei der Atmung übernehmen, erörtert. Das wichtige Kapitel des „Chemismus des Lungengaswechsels“, d. h. also aller der Vorgänge, die den Übertritt der Gase (Sauerstoff und Kohlensäure im wesentlichen) durch die Lungenwand in das die Lunge durchströmende Blut bzw. aus ihm zum Gegenstande haben, hat LILJESTRAND klar und mit Beherrschung der sehr ausgedehnten, besonders ausländischen Literatur, behandelt. Ebenso zeichnet sich das von G. BAYER herrührende Kapitel: „Regulation der Atmung“ durch eingehende Behandlung

des Tatsachenmaterials aus. Bemerkenswert ist in ihm die Darstellung der Atmungsregulation bei krankhaften Atmungszuständen (Herzkrankheiten, Nierenkrankheiten, Fieber, Verengung der luftzuführenden Wege) und die der verschiedenen Formen der Atmungsruhe (Apnoë). Einen klinischen Beitrag über die „Lungen-geräusche“ hat GEIGEL beigebracht, einen pathologischen AMERSBACH, der die krankhaften Abweichungen im Verhalten von Nase, Rachen, Kehlkopf, Luftröhren umfaßt. Neben den Störungen verschiedener Art werden hier auch die modernen Untersuchungsmethoden zu ihrer Erkennung an der Hand von Abbildungen wiedergegeben. Den pathologischen Ablauf der Atmung behandelt ausführlich HOFBAUER mit Hilfe zahlreicher Kurven, Konturzeichnungen und von Röntgenbildern. Einzelnes, das schon ROHRER brachte, wird hier noch einmal wiedergegeben. Interessant sind die Darstellungen pathologischer Atembewegungen und Thoraxformen, die in ihrer Entstehung klargestellt werden.

Die letzten Abschnitte des Buches behandeln die operative Verkleinerung der Lunge unter Behandlung der Frage, wie weit diese ohne Schädigung der Sauerstoffversorgung des Körpers gehen kann (BRUNNER und SAUERBRUCH), ferner die „Pharmakologie der Atmung“ (G. BAYER), wobei die Beeinflussung von Atemzentrum, von Bronchialmuskulatur, Atemmuskulatur und der Sekretionsvorgänge in den Atemwegen durch Arzneimittel zur Besprechung gelangt. Endlich haben HEUBNER die „Durchlässigkeit der Lunge für fremde Stoffe“, FLURY die „Gasvergiftungen“, STAEHELIN die „Staubinhalation“ behandelt. FLURYS Darstellung beruht auf den Erfahrungen des Krieges und den damit zusammenhängenden experimentellen Forschungen. STAEHELIN bespricht in seinem Kapitel eingehend die Staubinhalationskrankheiten, HEUBNER in dem seinigen die Grundlagen der Inhalationstherapie.

Eine kurze Darstellung der „Atmungsrichtungen bei Pflanzen“ von RENNER beschließt den Band.

Die knappe Darstellung des Inhaltes, auf die Ref. sich beschränken mußte, läßt erkennen, welche weiten Gebiete in dem vorliegenden Bande vereinigt worden sind. Die Vereinigung physiologischer und pathologischer Fragen, die hier zum ersten Male in breiter Weise versucht wurde, ist geeignet, nicht nur den Kliniker mit den für ihn sonst kaum noch zu überschendenden physiologischen Erfahrungen bekannt zu machen, vielmehr auch dem Physiologen Tatsachengebiete und auch Fragestellungen vor Augen zu führen, die seinem sonstigen Arbeitsgebiete fernliegen, die aber imstande sind, seinen Gesichtskreis erheblich zu erweitern.

A. LOEWY, Davos.

LEPESCHKIN, W., **Lehrbuch der Pflanzenphysiologie auf physikalisch-chemischer Grundlage.** Berlin: Julius Springer 1925. VI, 297 S. und 141 Abbild. 16 × 24 cm. Preis geh. 15, geb. 16,50 Goldmark.

„In dem vorliegenden Lehrbuch wollte ich in knapper Form ein möglichst vollständiges und klares Bild der Pflanzenphysiologie geben, die sich meiner Meinung nach nur an der Hand von Physik und Chemie weiterentwickeln kann.“ So charakterisiert Verf. im Vorwort das Ziel seines Buches. In der Auffassung, daß die Pflanzenphysiologie auf Physik und Chemie wurzelt, wird jeder moderne Physiologe sich mit Verf. eins wissen; ob aber die vom Verf. angestrebte möglichste Vollständigkeit und Klarheit erreicht ist, das erscheint dem Ref. recht zweifelhaft. Selbstverständlich hat der Autor das Recht, dem Leser den ganzen Einzelballast von Tatsachen zu ersparen, aber es handelt sich doch

darum, wie diese Selektion betrieben wird. Und so muß Ref. gestehen, daß er von Kapitel zu Kapitel mehr erstaunt war, wie vieler grundlegender Arbeiten keinerlei Erwähnung getan wird, und zwar gerade solcher Arbeiten, die in der vom Verf. unterstrichenen Richtung liegen. So wird, um nur einen wichtigen Punkt herauszugreifen, beim Saftsteigen der klaren, durchaus bahnbrechenden Studien von URSPRUNG nicht gedacht. Auch die neueren Forschungen über die pflanzlichen Reizleitungsvorgänge, die an die Arbeiten von BOYSEN-JENSEN und PAAL anknüpfen, hätten zum mindesten gestreift werden sollen. Zahlreiche weitere Beispiele ließen sich anführen. Und so ist das Bild recht lückenhaft. Aber auch die Klarheit der Darstellung läßt vielfach zu wünschen übrig. Als Beleg diene z. B. das, was über den Plagiotropismus der Blätter gesagt wird (S. 278). Niemand wird aus der Darstellung des Verf. herauslesen, wie der in der Figur festgehaltene Klinostatversuch zu deuten ist. Aber auch an offensbaren Unrichtigkeiten fehlt es nicht. So sagt Verf. S. 73, daß „die Höhe unserer einheimischen Bäume nicht selten 10–15 m, die einiger Tropenbäume 35–40 m erreichen kann (solche Höhe ist z. B. bei Eucalyptus und Drachenbäumen beobachtet worden).“ Nun wird die Höhe von 35–40 schon m bei uns von den Bäumen der ersten Größenklasse häufig übertroffen. Für die genannte Gattung Eucalyptus aber werden Werte von über 150 m verzeichnet, und diese Angaben sind allenthalben in die Literatur übergegangen. Und von einer ganzen Reihe von Coniferen ist bekannt, daß sie 100 m übersteigen. Dagegen ist gerade für die angeführten Drachenbäume besonderer Höhenwuchs nicht charakteristisch und 40 m sind gewiß nie gemessen worden. Die an der genannten Stelle vom Verf. gezogenen Folgerungen sind durch diese Feststellungen zwar a fortiori zutreffend, aber solche grundsätzlichen Fehlangaben dürften sich nicht einschleichen. Alle diese Ausstellungen tun dem Werte des Buches erheblichen Eintrag, und Ref. ist der Ansicht, daß eine gründliche Umarbeitung notwendig wäre, damit die Lichtseiten der Darstellung die Schattenseiten überwiegen.

P. STARK, Freiburg i. Br.

WALTER, HEINRICH, **Der Wasserhaushalt der Pflanze in quantitativer Betrachtung.** Naturwissenschaft und Landwirtschaft. H. 6. München: Dr. F. P. Datterer u. Co. 1925. 97 S. und 22 Abbild. Preis 7,50 Goldmark.

Im Rahmen der von BOAS, NEUBERG und RIPPEL herausgegebenen Abhandlungen und Vorträge über Grundlagen und Probleme der Naturwissenschaft und Landwirtschaft behandelt WALTER die Wasserökonomie der Pflanzen. Die Broschüre ist sehr anregend und klar geschrieben und besonders deshalb wertvoll, weil sie die mannigfachen neueren Arbeiten, die das Problem von den verschiedensten Seiten aus berühren, in abgerundeter Weise zur Darstellung bringt. Die einzelnen knappen Abschnitte betreffen Quellung, Osmose und Saugkraft, die Wasserverhältnisse im Boden; die Wasseraufnahme, die Transpiration, die Wasserleitung und die Wasserbilanz. Insbesondere auf dem Gebiet der Quellungserscheinungen vermag WALTER über ausgedehnte eigene Erfahrungen zu berichten, und da diesen Vorgängen nicht allenthalben die genügende Beachtung geschenkt worden ist, so weist er im Schlußkapitel mit Nachdruck darauf hin, in wie intimer Weise eine Reihe der wichtigsten Lebensprozesse (Wachstum, Assimilation, Atmung) von dem Quellungsstate des Plasma abhängig sind.

P. STARK, Freiburg i. Br.

FINCH, GEORGE INGLE, **Der Kampf um den Everest.** Deutsch von WALTER SCHMIDKUNZ. Leipzig: F. A. Brockhaus 1925. 206 S., 90 Abbildungen, eine Anstiegs- und 2 Karten. 15 x 23 cm. Preis 11 Goldmark.

In einem Vorwort berichtet der Übersetzer, daß er den Verf., einen unserer besten alpinen Führerlosen und einen alten Freund der Schweizer und Deutschen Bergsteiger, die sich in den Alpen tummeln, gebeten habe, das Buch zu schreiben, und zwar in erster Linie als persönlichen Bericht über das, was er selbst bei den Everest-Expeditionen geleistet und erlebt hat. Nun ist der Verf. nur Teilnehmer des Versuches von 1922 gewesen, und so nimmt der Bericht über diesen weitaus den größten Raum ein. Und der ist mit außerordentlicher Frische geschrieben, dabei mit anspruchslosen aber vorzüglich gelungenen Aufnahmen geziert und in einer Sprache übersetzt, die aber auch an keiner Stelle die Übersetzung erkennen läßt.

So ist das Ganze eine höchst genußreiche Schilderung dieser ganz ungewöhnlichen Bergfahrt, die jeder, auch wer sonst kaum etwas mit den Bergen zu tun hat, mit großem Vergnügen lesen wird. Aber das Buch bietet doch noch mehr. Zwar wer als Leser der *Naturwissenschaften* auch in ihm tiefgründige Forschungen über Fauna und Flora der durchwanderten Gebiete, über geologische oder geographische Probleme zu finden erwartet, der wird enttäuscht sein. Aber FINCH ist derjenige gewesen, der von Anfang an für die Verwendung des Sauerstoffatmens in den größeren Höhen eingetreten ist, nachdem er vorher in einer pneumatischen Kammer in Oxford bei Professor DREYER seine gute Wirkung bei großen Luftverdünnungen kennen gelernt hatte. Er hat darin offenbar den Kameraden gegenüber einen schweren Stand gehabt, die in den Sauerstoffapparaten in erster Linie einen schweren Ballast sehen, bis ein Vorstoß von FINCH mit zwei nicht einmal bergerfahrenen Kameraden diese dreisauerstoffbeladenen Steiger zu merklich größeren Höhen hinaufführte, als man sie bis dahin erreicht hatte, und das unter sehr ungünstigen Wetterverhältnissen.

So nimmt das Problem der Eignung für solche Bergfahrten in extremer Höhe, der Vorbereitung dazu und insbesondere eben der Unterstützung, die der Sauerstoff gewährt, einen recht erheblichen Raum ein in FINCHS Schilderungen, und der Physiologe kann eine ganze Reihe wertvoller, natürlich durchweg qualitativer Beobachtungen dem Buche entnehmen. Aber in erster Linie ist's doch das Buch eines sportbegeisterten Mannes, wie ja die ganzen Everest-Expeditionen keine Forschungsreisen sind, sondern sportliche Unternehmungen, an denen die Teilnehmer zeigen können, daß auch heute noch der „den Söhnen der britischen grünen Inseln seit Jahrhunderten bluteigene Entdecker- und Eroberergeist die Pioniere aus der Heimat in die weite Welt treibt“.

„Auf den weiten weißen Wegen, die zum Nordpol und zum Südpol führen, bleichen die Gebeine britischer Pioniere. An diesen Meilensteinen der Tat entlang fährt der Weg, der die Söhne anderer Nationen zuerst nach diesen Zielen, den äußersten Punkten dieser irdischen Erde brachte. Ist der Wunsch unbescheiden, daß nach den vielen und schweren Opfern, die wir auf dem Altar des Everest niedergelegt haben, ein siegreicher Fuß unserer Rasse vergönnt sein möge, den siegreichen Fuß auf diesen heiß umkämpften höchsten Punkt der Erde zu setzen, auf den Gipfel des unnahbaren Mount Everest.“

So schließt das Buch. Wann ein neuer Versuch unter-

nommen werden kann, hängt von der Genehmigung von Tibet ab, die nach 1924 noch nicht wieder erteilt wurde. Kommt er zustande, so dürfen auch wir Mitglieder der anderen Nationen seinen Teilnehmern neidlos den erhofften Erfolg wünschen. MAX BODENSTEIN, Berlin.

ZIEHEN, THEODOR, **Grundlagen der Naturphilosophie.** Leipzig: Quelle & Meyer 1922. VII, 135 S.

Diese Schrift, welche in der bekannten Sammlung „Wissenschaft und Bildung (Einzeldarstellungen aus allen Gebieten des Wissens)“ erschienen ist, will, dem allgemeinen Charakter dieser Sammlung entsprechend, wie es auch schon der Titel zum Ausdruck bringt, nur eben die Grundlagen der Naturphilosophie in allgemeinen Umrissen zur Darstellung bringen. Ausdrücklich aber hebt der Verf. dabei hervor: „In diesem Abriß kam es mir vor allem darauf an, die Stellung der Naturphilosophie im Gesamtsystem der Philosophie scharf hervorzuheben und den Anteil, den die Naturphilosophie zu dem allgemeinen Weltbegriff, zur sog. Weltanschauung liefert, zu kennzeichnen.“ Aber seltsamerweise ist gerade dieses Ziel, das im Vorwort so nachdrücklich betont wird, am wenigsten zu erreichen versucht und erreicht worden. Von der Behandlung nicht weniger bedeutungsvoller Weltanschauungsfragen, die mit der Naturphilosophie eng verknüpft sind, wird entweder überhaupt ganz abgesehen, oder sie werden doch nur sehr beiläufig behandelt; und von der Stellung der Naturphilosophie im System der Philosophie ist überhaupt kaum die Rede, es sei denn auch wieder nur nebenher in beiläufigen Bemerkungen.

Dieser Widerspruch erklärt sich in der Hauptsache nur dadurch, daß für den Verf. das, was er als Philosophie bezeichnet, wenn nicht ganz, doch fast ganz oder überwiegend sich deckt mit der Erkenntnistheorie im weiteren Sinne. Wie das zu verstehen sei, wird einigermaßen verdeutlicht am Schlusse einer kurzen Übersicht über die Geschichte der Naturphilosophie. Hier wird es als ein Fortschritt bezeichnet, daß OSTWALD von einer Vermittlung zwischen Naturwissenschaft und Philosophie sprach; wenn er aber dabei der Philosophie die Beschränkung auf das „Amt einer geistigen Verkehrs- und Austauschzentrale“ zuschreibe, „der es obliegt, die einlaufenden Werte in gegenseitige Beziehung zu setzen und auf einen allgemein annehmbaren Maßstab zu reduzieren“, so sei dazu zu sagen: „Die Philosophie ist nicht eine solche bloße Zentrale, sondern in ihrem Hauptteil, der Erkenntnistheorie oder der Gignomenologie, geht sie allen anderen Wissenschaften voraus; denn sie sammelt und ordnet das gesamte Gegebene und stellt seine Komponenten und gemeinsamen Gesetze fest.“

Was ist nun diese Gignomenologie? Der Verf. sagt gleich im ersten Satze der Einleitung: „Dasjenige, was allen Wissenschaften zugrunde liegt und ihr Ausgangsmaterial bildet, besteht in den ‚Erlebnissen‘ der einzelnen Individuen . . . Aus diesen Erlebnissen baut jede Wissenschaft ihre Erkenntnisse auf.“ Man bezeichnet diese Erlebnisse auch als das „Gegebene“. Es werden aber auch die Bezeichnungen „Erscheinungen“, oder „Phänomene“, oder auch „Erfahrung“ gebraucht. Der Verf. zieht es aber vor, bei der Bezeichnung „das Gegebene“ zu bleiben und „nur, da dies Partizipium im Sprachgebrauch oft unbequem ist, z. B. keine Mehrheit zu bilden gestattet“, öfter auch die von ihm vorgeschlagene Bezeichnung „die Gignomene“ (wörtlich: das Werdende) zu gebrauchen. In diesem Sinne ist also Gignomenologie die Grundwissenschaft, welche nicht historisch, aber sachlich allen anderen Wissenschaften vorausgeht und die Aufgabe hat, „die Gignomene“ zu beschreiben.

nomene ganz im allgemeinen zu untersuchen, und daher vor allem sie zu ordnen". Man sieht, es handelt sich hier um eine Auffassungsweise im Sinne des strengen, man möchte fast sagen radikalen Empirismus und Positivismus, der Einstellung etwa von MACH und AVENARIUS am nächsten verwandt. Und dementsprechend bestimmt sich dann auch das Wesen der Naturphilosophie. Das Gignomen, das Gegebene oder Erlebnis, hat von vornherein immer zwei Grundbestandteile, einen objektiven, vom Verf. mit dem Buchstaben *R*, und einen subjektiven, mit *N* bezeichnet, so daß also jedes Gignomen $R + N$ ist. Dementsprechend ist es also die Aufgabe der Naturphilosophie, „durch Reduktion des Gegebenen, also Elimination der *N*-Bestandteile, die allgemeinen *R*-Bestandteile im Gegebenen festzustellen. Die weitere Untersuchung der eliminierten *N*-Bestandteile überläßt sie der Psychologie. Auch kommt es ihr nur auf die *allgemeine* Feststellung der Reduktionsbestandteile an. Sie sucht diese auf und faßt sie zu einer Gesamtvorstellung zusammen. Die *Spezial*untersuchung der einzelnen Klassen der Reduktionsbestandteile fällt ganz den einzelnen Naturwissenschaften zu".

Es ist danach ohne weiteres ersichtlich, daß für diese Auffassungsweise kein Raum bleibt, etwa auch zur eingehenden Erörterung solcher Probleme zu gelangen, welche wie die Frage der Allbeseelung (z. B. im Sinne von FECHNER) und des allgemeinen Verhältnisses von Körper und Seele usw. gerade für die Naturphilosophie sonst als besonders bedeutungsvoll erscheinen. Selbst im eingeschränkteren Sinne, als bloße Grenzfragen können diese und andere Probleme hier nicht behandelt werden. Auch bedarf es kaum eines Hinweises, wie weit entfernt, ja, entgegengesetzt dieser Standpunkt zu dem des heute doch stark hervortretenden Vitalismus (etwa im Sinne von DRIESCH) sich verhält. Gibt doch der Verf. sogar einmal der Meinung Ausdruck, in dem alten Widerstreit von Kausalität und Finalität werde der ersteren zweifellos der endgültige Sieg zufallen. In der Hauptsache handelt es sich in diesen Grundlagen der Naturphilosophie um eine Untersuchung der allgemeinsten und grundlegenden Begriffe naturwissenschaftlicher Erkenntnis, die vor allem auch für deren Problematik wichtig und bestimmend sind, wobei dann aber erklärlicherweise die Grundbegriffe etwa der Biologie oder der Physiologie nur geringere Berücksichtigung finden, andererseits diejenigen der Physik ein entscheidendes Übergewicht haben. In diesem Sinne behandelt der Verf. eingehend den Begriff des Elementes, das Wesen der Elektronen, des Äthers, das Problem von Raum und Zeit. Im Zusammenhang mit dem letzteren wird dann auch der EINSTEIN'schen Relativitätstheorie eine eingehende Erörterung gewidmet. Der Verf. steht ihr nicht nur vielfach kritisch, sondern selbst skeptisch gegenüber. Solche Skepsis, ja direkte Ablehnung richtet er aber auch gegen die Grundanschauungen KANTS, welche mit der Relativitätslehre in so enger Verknüpfung stehen. Und es ist nicht nur die Subjektivität (im KANT'schen Sinne) von Raum und Zeit, sondern auch die des Substanz- und Kausalitätsbegriffes, welche er direkt ablehnt und eingehend zu widerlegen versucht. Auch der Apriorität des Kausalgesetzes setzt er entschieden Widerspruch entgegen. Diese Auffassungen, deren kritische Prüfung hier natürlich nicht möglich ist, erklären sich aus der oben dargelegten Grundeinstellung des Verf., durch welche auch die enge Begrenzung dessen, was er unter Naturphilosophie begreift, erklärlich wird. Innerhalb dieser Grenzen indessen und auf der Grundlage der einmal gegebenen prinzipiellen Vor-

aussetzungen kann auch der vorliegende Grundriß der Naturphilosophie nach verschiedenen Richtungen anregend und aufklärend wirken.

M. KRONENBERG, Berlin.

SOERGEL, W., *Die Fährten der Chirotheria*. Jena: G. Fischer 1925. VI, 92 S. und 62 Abbild. 15 × 23 cm. Preis 7 Goldmark.

In diesem hervorragenden Werk wird das gesamte, in allen Sammlungen verstreute Material in einer absolut neuartigen Weise bearbeitet: biologisch-experimentell, und die eigenartigen Ergebnisse erschließen denn auch der Paläontologie weites Neuland. Seitdem 1834 die ersten Fährten des „Handtieres" — sie erinnern durch die Länge der mittelsten Zehe und einen Daumen an die menschliche Hand — aus dem mittleren Buntsandstein der unteren Trias beschrieben wurden, ist die Frage nach Art und Gestalt des Tieres, von dem nie mehr als die Fährte gefunden wurde, oft behandelt worden; gelöst nie, denn keines von allen bekannten Lebewesen kommt in Betracht. SOERGEL ist es nun gelungen, lediglich aus den Fährten die *Gestalt und generische Stellung* der Chirotheria zu rekonstruieren, durch Entwicklung einer zuverlässigen Methode der Fährtenkunde.

Versuche mit lebenden Tieren, die über verschieden zusammengesetzte und verschieden durchfeuchtete Bodenarten in verschiedenem Tempo laufen mußten, klärten darüber auf, wie biologische und lithologische Momente das Fährtenbild eines Tieres abwandeln können. Sie gaben die Grundlage zur Deutung vieler bisher ganz unberücksichtigter Details an den Fährten der Chirotheria.

Dersogenannte Daumen, die breiteste Zehe, war opponierbar, aber ihrer Stellung nach die 5., die „kleine Zehe"; nämlich die äußerste. Sie hat auch im Gegensatz zu einem echten Daumen häufig 3 Phalangen; die Phalangenformel ist für Vorder- und Hinterfuß 2 3 4 5 2—3. Hautschuppen und Krallen wurden an ihnen festgestellt, die die Amphibien als Urheber der Chirotherienfährten ausschließen. Wie bei Reptilien setzen sich die Krallen aus einer härteren Krallenplatte und einem weicheren Sohlenhorn zusammen, wie bei Reptilien ist die Phalangenformel und die Länge der Metatarsen und Metakarpen. Die Chirotheria waren Reptilien, und zwar haben sie von allen Reptilordnungen augenscheinlich mit den Pseudosuchiern die meisten Merkmale gemein.

Dem Größenverhältnis von Hand und Fuß müssen Arm und Bein entsprochen haben; die Beine waren also wesentlich länger als die Arme. Aus der Schmalheit der Spurbahn wird auf ein schlankes, hochbeiniges Tier geschlossen, aus der Entfernung der Fährten voneinander auf den Schrittwinkel und die Länge des Rumpfes (ca. 35—95 cm). Der viel stärker als die Hand eingetretene Fuß spricht für Belastung durch einen langen Schwanz, dagegen muß der Hals kurz und der Kopf klein gewesen sein.

Verschiedene Arten dieses Tieres lassen sich unterscheiden. Die Spuren junger Tiere fehlen; denn die tonigen Fundschichten der Fährten waren nicht das eigentliche Lebensbereich des Chirotherium. Nach Bau und Bewegungsart kann es kein Tier des stellenweise feuchten Ablagerungsgebietes gewesen sein, sondern es muß vor allem im Abtragungsgebiet der damaligen Zeit gelebt haben. Feuchte Flächen hat es erst betreten, wenn sie am Austrocknen waren; das beweisen die Trockenrisse im Chirotheriensandstein, die stets etwas älter als die Fährten sind.

Vieles im allgemeinen Bau der Chirotheria weist auf baumbewohnende Vorfahren hin. Arborikol hat sich

die Verkürzung der Arme eingeleitet, deren Höhepunkt die Fahrt eines bipeden Chirotherium aus der jüngeren Trias Englands veranschaulicht. In diesem Stadium erlischt die Familie, der nun in den Dinosauriern überlegene Konkurrenten begegnen.

T. EDINGER, Frankfurt a. M.

CONRAD, V., **Dynamische Geologie**. Encyklopädie d. mathem. Wiss. usw. Bd. VI, 1 B, Geophysik, S. 397ff. Abgeschlossen im Oktober 1922, ausgegeben im Februar 1925. Leipzig: B. G. Teubner 1925. Preis 6 Goldmark.

In der vorliegenden Abhandlung wird auf 100 Seiten eine sehr eindringende Darstellung der physikalischen Seite der Seismologie gegeben, wobei in Nachträgen auch noch die Literatur von 1923 Berücksichtigung finden konnte. Eine Durchmusterung des Gebotenen läßt die großen Fortschritte, welche in dieser jungen Disziplin seit Ende des vorigen Jahrhunderts erzielt worden sind, deutlich zum Bewußtsein kommen. Sie sind einerseits der theoretisch-physikalischen Durcharbeitung des Problems der Ausbreitung elastischer Wellen in Anwendung auf die Erde und andererseits einer gleichen Durchbildung der instrumentellen Fragen, mit der die konstruktive Vervollkommenung der Apparate Hand in Hand ging, zu verdanken. Wenn die instrumentelle Seite aus Raumrücksichten hier keine Behandlung erfuhr, so kann darin kein Mangel gesehen werden, da hier theoretisch eine vollständige Trennung besteht und ja in der Tat schon vor allem in der großen und grundlegenden Arbeit von WIECHERT über die Theorie der automatischen Seismographen eine sehr umfassende Darstellung vorliegt.

Der Stoff ist zur Hauptsache in drei Abschnitte gegliedert, indem zuerst die Theorie der sich durch den Erdkörper selbst sowie an seiner Oberfläche fortpflanzenden Erdbebenwellen dargelegt wird, sodann *zweites* der Erdbebenstrahl und die unmittelbar an ihn

anknüpfenden Methoden zur Ermittlung der Geschwindigkeitsverteilung und Unstetigkeitsflächen im Erdinnern behandelt werden und schließlich *drittens* die seismisch-empirische Grundlage aller dieser theoretischen Überlegungen, das Seismogramm, sowie im Anschluß daran die sich besonders hierauf stützende Untersuchung der Intensitäts- und Energieverhältnisse eingehendere Erörterung finden. Es ist dem Verf. gelungen, eine sehr umfassende und nach ihrem Inhalt nicht immer leicht zusammenzufügende Literatur wirklich zu verarbeiten, so daß unter Berücksichtigung alles wesentlichen ein einheitliches Bild entstanden ist.

Man findet im ersten Abschnitt z. B. außer der WIECHERTSchen Behandlung der elastischen Wellen für eine isotrope Erde auch die LOVEsche Ableitung des Fortpflanzungsgesetzes für Wellen in einem kompressiblen Planeten unter Berücksichtigung der Gravitation, wie dann auch weiter das schwierige Problem der Oberflächenwellen von allen Seiten beleuchtet worden ist. Aus dem zweiten Abschnitt sei die Darstellung der HERGLOTZ-WIECHERTSchen direkten Methode zur Lösung der Strahlengleichung und die Diskussion der indirekten Methoden von BENNDORF, GALITZIN und WIECHERT besonders erwähnt. Aber auch die prinzipiell interessanten Überlegungen von v. KÖVESLIGETHY und die erfolgreichen Untersuchungen von A. und S. MOHOVIČIĆ sind herangezogen. Im dritten Abschnitt tritt die Darlegung der von GUTENBERG allgemein gegebenen Theorie der von ZOEPPRITZ inaugurierten Methode der Amplitudenverhältnisse zur Erforschung der Unstetigkeiten im Erdinnern hervor.

Als Abschluß dieses so reichhaltigen, klaren und kritischen Encyklopädieartikels ist endlich anhangsweise noch eine kurze Übersicht über die Methoden der Ermittlung von Epizentrum und Herdtiefe gegeben.

E. TAMS, Hamburg.

Mitteilungen aus der Meteorologie und Klimatologie.

Die neuen Ideen in der Meteorologie. Als Präsident der Sektion A der British Association hat G. C. SIMPSON, der Direktor des Meteorological Office in London, die neueren Gedankengänge in der Meteorologie zusammenfassend besprochen, wobei er selbst betont, daß der Ausdruck „neu“ insofern nicht vollständig zutrifft, als die in Frage kommenden Grundgedanken teilweise bis in das vergangene Jahrhundert zurückreichen, dagegen in der Meteorologie erst neuerdings Eingang gefunden haben.

Die Ausführungen behandeln 4 Punkte: 1. die thermische Schichtung (stratification) der Atmosphäre, 2. den Mechanismus der atmosphärischen Wärmemaschine, 3. die Bedeutung der Unstetigkeitsflächen in der Atmosphäre, 4. Entstehung und Bau der Zyklonen.

Nach einer kurzen Betrachtung der Hauptschichten der Atmosphäre, der Stratosphäre und der Troposphäre, sowie der vertikalen Temperaturverteilung, wird die Frage der aufsteigenden und absteigenden Luftbewegung angeschnitten. Da die vertikalen Bewegungen nicht durch Betrachtung des vertikalen Temperaturgradienten zu erschöpfen sind, sondern Druck und Wasserdampf berücksichtigt werden müssen, ist es zweckmäßig, von der Entropie auszugehen. Der Vorteil liegt darin, daß die Entropie in der Atmosphäre sich ähnlich wie die Dichte einer inkompressiblen Flüssigkeit verhält. Die Anfangsentropie jeder Luftmasse bleibt stets dieselbe, unbeschadet ihrer Lage in der

Atmosphäre, sobald keine Wärme zu- oder weggeführt wird. Bei Bewegungen muß in einem solchen Falle die Luftmasse sich stets auf einer isentropischen Fläche bewegen. Selbst bei Kondensation ist die zugefügte Wärmemenge so gering, daß die Luftmasse sich nur zu einer benachbarten, um ein geringes höheren Isentropenfläche bewegt. Diese Flächen haben nun die Bedeutung von Hindernissen in der Atmosphäre, die bestrebt sind in dieser nur Bewegungen in der Horizontalen aufkommen zu lassen. Wenn trotzdem, wie bekannt, vertikale Bewegungen eine große Rolle spielen, so ist dies nur möglich, wenn die daran beteiligten Luftmassen so viel Wärme aufnehmen, daß ihre Entropie in jedem Niveau die Entropie der benachbarten Massen wenigstens übersteigt. Wenn die isentropische Schichtung weniger gut ausgesprochen ist, was bei starkem Temperaturgefälle zutrifft, so wird die Atmosphäre instabil, und absteigende, meist heftige Strömungen (Gewitterstürme) stellen sich ein.

Bei Erörterung des Mechanismus der atmosphärischen Wärmemaschine wird von der von MARGULES dargelegten Tatsache ausgegangen, daß zwei Luftmassen, deren Temperaturdifferenzen die Ursachen der Bewegung sind, selbständig nebeneinander bestehen bleiben und sich nicht mischen. In jedem Luftkörper besteht eine besondere Schichtung der isentropischen Flächen. Im warmen Körper liegen sie tiefer als im kalten. Schiebt sich nun die kalte Masse allmählich unter die warme, so werden die Isentropen im kalten

Luftkörper sich senken, im warmen sich heben. Die Diskontinuitätsfläche zwischen beiden ist aber eine Gleitfläche, die keine Luft durchbricht. Die Umwandlung der solaren Energie in die kinetische Energie ist dabei hauptsächlich auf die vertikale Verlagerung der Luftmassen zurückzuführen. (In der deutschsprachigen Literatur ist bei diesen Überlegungen die Anwendung der Begriffe potentielle Temperatur und adiabatische Zustandsänderung geläufiger.)

Daß die Diskontinuitätsflächen sich tagelang erhalten können und der Ausgleich der beiden Luftmassen nicht schnell vor sich geht, ist der Erdrotation zuzuschreiben. Der Winkel, unter dem die Diskontinuitätsfläche die Erde trifft, hängt von drei Faktoren ab: der Breite, der Temperaturdifferenz und der relativen Bewegung der warmen und kalten Luftmasse. Eingegangen wird auf die drei großen Diskontinuitätsflächen die sich 1. zwischen Troposphäre und Stratosphäre, 2. zwischen Passat und Antipassat und 3. als Polarfront zwischen polaren und äquatorialen Luftmassen einschieben. In höheren Breiten pflegen neben ihnen noch weitere temporäre Diskontinuitäten in großer Zahl aufzutreten.

In der Schlußbetrachtung werden die Anschauungen von BJERKNES und EXNER über die Entstehung der Zyklonen vergleichend besprochen. Beiden dürfte ein gewisser Anteil an der Erklärung wohl zuzuschreiben sein, doch beide haben den Nachteil, daß sie sich nur mit den unteren Schichten der Atmosphäre beschäftigen, während sicher die Vorgänge in der Stratosphäre nicht zu vernachlässigen sind. Das ganze Problem wird als noch nicht abgeschlossen bezeichnet.

Die äußere Hörbarkeitszone und ihre periodische Verlagerung im Jahreslauf. Eine kritische Besprechung der verschiedenen Erklärungen der äußeren Hörbarkeitszone, die bei großen Explosionen festgestellt wurde, hat A. WEGENER in einem Aufsatz in der Meteorol. Zeitschr. 1925, S. 261—266 gegeben¹⁾. WEGENER selbst ist Anhänger der Ansicht, daß diese Zone durch Schallreflexion an den leichten Gasen der höchsten Atmosphärenschichten, d. h. oberhalb 70 km, entsteht. Die äußere Hörbarkeitszone mit der Windänderung in der Vertikalen, die zwar wirksamer als die gleichfalls als Entstehungsursache herangezogene Temperaturverteilung ist, erklären zu wollen, läßt sich nicht mit folgenden Beobachtungstatsachen in Einklang bringen. Diese Zone ist eine regelmäßig auftretende Erscheinung, ihr Innenrand stellt nahezu einen Kreisbogen dar mit der Schallquelle als Zentrum, der Azimutbereich (bis zu 290° beobachtet) der positiven Schallmeldungen ist zu groß und schließlich kann die große Laufzeit des Schalles nicht durch Fortpflanzung in den unteren Schichten erklärt werden. Von den Einwänden, die gegen die Erklärung durch Schallreflexion an den höchsten Schichten erhoben worden sind, ist jedenfalls der Hinweis auf die große Veränderlichkeit der Entfernung der äußeren Hörbarkeitszone von der Schallquelle von besonderer Bedeutung. WEGENER hat darauf hin das Beobachtungsmaterial nochmals gesichtet, und die von ihm mitgeteilten Zusammenstellungen, die allerdings erst 15 Fälle umfassen, lassen tatsächlich den Schluß berechtigt erscheinen, daß wir es hier mit einer regelmäßigen jährlichen Schwankung zu tun haben. Danach liegt auf der nördlichen Halb-

kugel die Zone größter Schallintensität im Januar und Februar in etwa 125 km, im Juli und August in etwa 230 km Zentralabstand. Der Grund für diese jährliche Schwankung wird in den Höhen gesucht, in denen die Umbiegung der Schallstrahlen erfolgt, also in der Übergangszone zwischen der Stickstoffosphäre und der Sphäre der leichten Gase. Eine bloße Höhenschwankung dieser Zone vermag das große Ausmaß der jährlichen Schwankung der Hörbarkeitszone allerdings nicht zu erklären, vielleicht sind doch größere Abweichungen vom Diffusionsgleichgewicht anzunehmen. Zum Schluß wird darauf hingewiesen, daß vereinzelte positive Meldungen aus der doppelten Entfernung des Schallmaximums der äußeren Hörbarkeitszone sogar das Bestehen einer zweiten äußeren Hörbarkeitszone als möglich erscheinen lassen.

Monatliche Luftdruck- und Temperaturanomalien auf der Erde. Korrelationen des Luftdrucks auf Island mit dem anderer Orte. In der Meteorologie haben in den letzten Jahren die Arbeiten, die den Zusammenhang zwischen dem Witterungsablauf weit entfernter Erdstellen aufdecken wollen, sehr zugenommen. Neues, den ganzen Erdball umfassendes Material hat F. M. EXNER neuerdings veröffentlicht (Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss., Wien, Mathem.-naturw. Kl. IIa, 133, 307—408. 1924). Im Gegensatz zu anderen Autoren lehnt EXNER die Anwendung der Fehlerrechnung als Kriterium der Reellität einer Korrelation ab. Diese sieht er als gegeben an, wenn in dem benutzten 30jähr. Zeitraum die Korrelation im Laufe der 12 Monate einen einigermaßen regelmäßigen Gang zeigt. Im ersten Teil der Arbeit werden die mittleren monatlichen Anomalien des Luftdruckes und der Temperatur für mehr als 70 Stationen mitgeteilt und die Monate der stärksten Anomalien, Februar und August, auch kartographisch dargestellt. Im allgemeinen sind auf der jeweiligen Winterhalbkugel die Anomalien besonders groß. Die höheren Breiten haben dann die höchsten Werte, während nach dem Äquator zu eine beträchtliche Abnahme stattfindet. Das Gebiet stärkster Druckanomalie liegt im Februar mit mehr als 7 mm über dem nordatlantischen Ozean, zwei weitere Zentren mit etwas geringeren Anomalien (größer als 5 mm) liegen über Nordwestasien und über der Ostspitze von Asien. Im August finden wir die maximale Druckänderung (mehr als 4 mm) an der Südspitze von Südamerika, während auf der Nordhalbkugel die stärksten Anomalien zwischen Island und Norwegen nur wenig den Betrag von 2,5 mm überschreiten. Bei den Temperaturanomalien treten im Februar Grönland mit einem 6° übersteigenden Wert und die beiden bei den Druckanomalien genannten Gebiete über Asien hervor. Im August liegt die maximale Anomalie über den Orkney-Inseln mit mehr als 3,5°, während Kap Pembroke auf den Falklandsinseln nur 0,5° aufweist. Die Anomaliewerte auf der Nordhalbkugel überschreiten in den höchsten Breiten gleichzeitig 1,5° nur wenig. Der Zusammenhang zwischen den Gebieten stärkster Veränderlichkeit und den von den polaren Luftmassen bevorzugten Einzugsstraßen springt deutlich in die Augen.

Im zweiten Teil der Untersuchung wird ein Beispiel einer Druckkorrelation eines bestimmten Punktes mit dem Luftdruck der ganzen Erde gegeben, indem von dem Gebiet mit der stärksten Druckanomalie, d. h. Stykkisholm auf Island, ausgegangen wurde. Auf den beiden Karten, die die Korrelationen für das nördliche Winter- und Sommerhalbjahr zeigen, tritt im Winter vor allem der Gürtel negativer Korrelation im Atlantischen Ozean zwischen Nordamerika und Mittelmeer

¹⁾ Während der Drucklegung dieses Berichts sind weitere hierher gehörende Arbeiten aus dem Bereiche der Akustik der Atmosphäre erschienen. Über sie soll demnächst berichtet werden.

stark hervor, daneben auch ein Gebiet negativer Korrelation an der Ostküste von Asien. Im nördlichen Sommer ist der negative Korrelationsgürtel der Subtropen auch vorhanden, hat aber geringere Werte. An den Ostküsten von Afrika und Südasien zeigen sich dann gleichfalls negative Werte.

Eine bemerkenswerte 16 jährige Klimaschwankung. Periodensuchen ist in der Meteorologie in letzter Zeit sehr häufig ausgeführt worden, aber andererseits bringt man den Ergebnissen starke Zweifel entgegen. Wenn trotzdem hier auf eine von A. WAGNER (Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss., Wien, Mathem.-naturw. Kl. IIa, 133. 169–224) durchgeführte Untersuchung hingewiesen werden soll, so geschieht es, weil die dabei aufgedeckte Periode besonders deutlich ausgeprägt erscheint und die Arbeit ihrer kritischen Methode wegen von Bedeutung ist. Die in Frage kommende Periode wurde zuerst in der langen Temperaturreihe von 1776 bis 1919 von Wien aufgefunden, wo die Differenzen zwischen der Temperatur des Sommers und des vorhergehenden Winters mit einem 16jährigen Rhythmus ausgesprochen hin und her schwankten. Auch nach Unterteilung der ganzen Reihe in 3 Gruppen zeigte sich die gleiche Periode. Wesentlich ist ferner die Tatsache, daß sie auch an einer Reihe anderer Stationen in Mittel- und Südeuropa mit gut übereinstimmender Phase gefunden wurde, wobei die Amplitude charakteristische Abweichungen aufweist. Sie scheint nämlich in Mitteleuropa am größten zu sein und von dort allmählich nach Norden und Süden abzunehmen. In der Linie Stykkisholm auf Island, Stockholm, Petersburg ist sie erloschen, um dann nordwärts wieder deutlich, aber mit entgegengesetzter Phase, aufzutreten. In der gefundenen Periode spiegeln sich ganz deutliche Schwankungen der Kontinentalität bzw. Ozeanität im Klima wieder. Die Untersuchung der Winter- und Sommermittel getrennt zeigte die Periode in jedem Falle mit sehr genau entgegengesetzter Phase, dabei aber im Winter mit einer doppelt so großen Amplitude als im Sommer. Im Maximum der Periode treten in Mittel- und Südeuropa strenge Winter und warme Sommer auf, während gleichzeitig in den höheren Breiten sich milde Winter und kühle Sommer gegenüberstehen. Dies besagt, daß in Mitteleuropa dann die Kontinentalität verstärkt wird, im hohen Norden sich dagegen mehr ozeanische Einflüsse geltend machen. Umgekehrt liegen die Verhältnisse beim Minimum der Periode. Die beiden untersuchten Gipfelstationen, Obir und Sonnblick, zeichnen sich gegenüber den Talstationen gleicher Breite durch eine fast doppelt so große Amplitude aus.

Die Niederschlagsverhältnisse der Schweiz. Die Darstellung der Niederschlagsverteilung im Hochgebirge war früher bei dem fast gänzlichen Mangel an direkten Messungen aus der Gipfelregion geradezu unmöglich. Erst durch Einführung der sog. Totalisatoren, das sind Jahresniederschlagssammler, die nur einmal jährlich entleert werden, gelang es wenigstens in bescheidenem Maße, die Lücken im Beobachtungsnetz auszufüllen. In der Schweiz hat man seit 1913 sich die Aufstellung der Totalisatoren sehr angelegen sein lassen. Die Ergebnisse dieser Messungen sind zusammen mit den Ergebnissen der gewöhnlichen Regenmesser von H. BROCKMANN-JBROSCH zu einer Monographie der Niederschlagsverhältnisse der Schweiz verwertet worden (Pflanzengeogr. Kommission der Schweizerischen naturforschenden Gesellschaft. Beiträge zur geobotanischen Landesaufnahme. Zürich 1925). Die Arbeit enthält auch eine Karte der Niederschlagsverteilung 1 : 600 000, die sich allerdings nur auf

ungleichwertige Perioden stützen konnte. Bemerkenswert, aber nicht ganz unanfechtbar, ist die Methode des Verf. aus den Jahresmengen der vorhandenen Stationen, die zu Landschaftsgruppen zusammengefaßt wurden, die Niederschlagsmengen bis zur maximalen Höhe des betreffenden Gebietes zu extrapolieren. Im übrigen gibt die Karte in der Linienführung der Isohyeten so viel Einzelheiten, daß jeder Fachmann sofort erkennt, daß sie sich nicht auf direkte Beobachtungen stützen, sondern nur durch enge Anlehnung an die Isohypsen zustande gekommen sind. Im großen sind folgende Züge der Regenverteilung zu erkennen: Der französisch-schweizerische Jura tritt deutlich hervor. Auf seinem Kamm (1600 m) fallen stellenweise mehr als 2 m Niederschläge. Das Schweizerische Mittelland gliedert sich in 3 Teile. Im Westen, d. h. im Genfer Becken bis über Bern hinaus, bleiben die Niederschläge unter 100 cm, eine deutliche Regenschattenwirkung der höheren südlichen Teile des Jura. Nach Nordosten zu folgt dann ein Gebiet in dem 100 cm überschritten werden, und schließlich finden wir im Osten des Mittellandes einen starken Wechsel der Regenverteilung. Im Alpenland nimmt mit der Höhe auch die Niederschlagsmenge zu. Die Maximalzone der Niederschläge wird nicht erreicht; für eine Abnahme nach oben sind bisher keine Anzeichen gefunden worden. In der Niederschlagsverteilung spiegelt sich das Relief vollständig wieder, wobei die Zugänglichkeit der Gebirgsketten für die regenbringenden Winde eine ausschlaggebende Rolle spielt. Die maximalen Mengen, über 3 m Jahresniederschlag, beschränken sich auf die höchsten Erhebungen. Die ausgesprochene Trockenheit des oberen Rhonetales erreicht ihren Höhepunkt in den Gebieten, wo die Regenmenge unter 60 cm bleibt. Sehr trocken sind auch die Täler des oberen Rheins und seiner beiden Quellflüsse. Die Jahreskurve der Niederschläge ist von Ort zu Ort sehr stark verschieden.

Die Verteilung der Gewitter auf der Erde. Sehr kritisch veranlagten Fachgenossen mag es im Hinblick auf die vielen Mängel, die den Beobachtungsangaben über die Gewitter in den Jahrbüchern der meteorologischen Zentralanstalten anhaften, vielleicht unmöglich erscheinen, die Verteilung der Gewitter auf der Erde darzustellen. Trotzdem muß es sowohl der Klimatologe als auch der Praktiker begrüßen, daß C. E. P. Brooks dieses Wagnis unternommen hat (Meteorological Office 254 d; Geophysical Memoirs Nr. 24. London 1925). Besonders Luftschiffahrt und Funkwesen werden sich der vorliegenden Arbeit mit großem Nutzen bedienen können.

Daß die Ergebnisse noch keine endgültigen sind, geht allerdings bereits aus der sehr ungleichmäßigen Dichtevertellung der Stationen hervor. Über die meisten Stationen verfügt Europa (2680), in großem Abstand folgt der mehr als viermal so große Kontinent Asien mit 182 Stationen. Nord- und Südamerika verfügen nur über je rund 130 Stationen. Auf Australien und die benachbarte Inselwelt des Stillen Ozeans entfallen nur 81 Stationen. Im ganzen standen dem Verf. 3265 Mittelwerte zur Verfügung. Das ist nicht viel, und neueres klimatologisches Material kann das Bild noch merklich verändern. Auf die Darstellung von Einzelheiten wurde in richtiger Erkenntnis der Grenzen des benutzten Materials von vornherein verzichtet. Sie war auch bei dem Kartenmaßstab nicht möglich. Begreiflich ist auch die Zusammenfassung der in Europa sehr zahlreichen Stationen zu Gruppenmittel, um auf diese Weise größere Einfachheit in das sonst verwirrende Bild hineinzubringen.

Auf der Karte der Jahressumme der Gewitter heben sich deutlich 5 Gebiete ab, die mehr als 110 Gewittertage (30%) im Jahre aufweisen. Es sind dies Stellen in Süd-Mexiko (140 Tage), in der Gegend des Panamakanals (135), in Mittel-Brasilien (110), das tropische innere Afrika (150) und Java (220 Tage). Auf der an letzter Stelle genannten Insel dürften wir die gewitterreichste Gegend der Erde zu suchen haben. Man muß der Bemerkung des Verf. zustimmen, daß dies bei Festlegung von Fluglinien nach Australien sehr zu berücksichtigen ist. Den genannten Herden besonderer Gewittertätigkeit stehen ausgesprochen gewitterarme Gegenden gegenüber. Gewitterarm sind besonders die Polarzonen. Wo hier die Grenze zu ziehen ist, bis zu der überhaupt noch Gewitter beobachtet worden sind, hat letzthin N. KALLIO in exakter Weise zu bestimmen versucht, als es von Brooks geschieht. Für die Arktis konnte KALLIO den Nachweis führen, daß diese Grenzlinie etwa dem Verlauf der Juli-Isotherme von 4° folgt, d. h. in der Gegend von Spitzbergen unter dem Einfluß des Golfstromes, bis auf 80° nördl. Breite ansteigt und über Grönland sich bis zu etwa 66° nördl. Breite senkt. In der Antarktis ist eine solche Grenzlinie nicht zu ziehen, da die Unterlagen hier fehlen, aber man kann mit Sicherheit vermuten, daß sie nicht solch hohe Breiten wie in der Arktis erreicht. Neben den polaren gewitterarmen Zonen gibt es aber in der Nähe des Äquators zwei gewitterarme Gegenden, die mit dem subtropischen Hochdruckgürtel zusammenfallen. Auf der Nordhalbkugel ist diese Gewitterarmut über der Sahara und den arabischen Wüsten besonders ausgeprägt. Hier werden im Jahre durchschnittlich noch nicht 4 Gewittertage gezählt. Eine ähnliche Gewitterarmut zeichnet auch die nordamerikanische Westküste von Alaska bis 32° nördl. Breite hinab aus. Auf der Südhalbkugel zeigt sich die gewitterarme Zone auf den Kontinenten nur über Australien, während sie sonst sowohl in Südamerika als auch in Afrika nur begrenzte Landstriche der Westküsten erfaßt. In Afrika ist es eine schmale Küstenzone bei Walfischbai und Swakopmund, wo im Mittel nur 3 Gewittertage im Jahre auftreten, und in Südamerika ist es die Küste von Mittelchile. Hier hat noch nicht einmal jedes Jahr 1 Gewitter, und an einigen Stationen sollen Gewitter überhaupt unbekannt sein. Die Trennung der Gewitterhäufigkeit nach den beiden Halbjahren — April bis September und Oktober bis März — zeigt, wie zu erwarten war, daß die Gewittertätigkeit auf der jeweiligen Sommerhalbkugel die der anderen Halbkugel stark überwiegt.

Eine immerhin interessante, aber doch mit gewisser Vorsicht aufzunehmende Übersichtsrechnung ergibt für die ganze Erde 16 Millionen Gewitter im Jahre oder 44 000 am Tage. Nimmt man für ein einzelnes Gewitter eine mittlere Dauer von 1 Stunde an, so müssen sich in jedem Augenblick etwa 1800 Gewitter in den verschiedensten Teilen der Erde austoben. Und bei einer Annahme von durchschnittlich 200 Blitzen in der Stunde, ergibt sich für den ganzen Erdball ein Durchschnitt von 360 000 Blitzen in der Stunde oder 100 in der Sekunde. Neben den hier gegebenen Punkten behandelt die Arbeit noch genauer die Gewitterverteilung eines Teiles in Zentraleuropa, sowie in größeren Zügen die jährliche und tägliche Periode der Gewitter. Hierbei kann die zusammenfassende Dar-

stellung aber doch nicht das Studium der Einzelarbeiten ersetzen, und es sei deshalb nur darauf verwiesen.

Der Winter 1924/25. Dieser nach den Feststellungen von G. HELLMANN zweitmildeste Winter seit 160 Jahren (nur 1795/96 war milder) setzt natürlich eine ungewöhnliche Luftdruckverteilung voraus. Ihre Abweichungen von den mittleren Zuständen hat G. v. ELSNER auf Grund von 5tägigen Mittelwerten für das Gebiet des nordatlantischen Ozeans mit Einschluß von Europa untersucht (Meteorol. Zeitschr. 1925, S. 310 bis 317). Der Winter zerfiel in 2 Hauptperioden. Die erste umfaßt die Zeit vom 22. November 1924 bis 6. März 1925, die zweite die vom 7. bis 21. März 1925. In der ersten Periode traten zwar kürzere Kälterückfälle auf, im allgemeinen war aber doch die Temperatur hoch. Die Luftdruckverteilung zeigt ein Gebiet zu tiefen Drucken über dem nordatlantischen Ozean, dessen Kern mit Werten von mehr als 5 mm über Island liegt und auf diese Weise eine besondere Verstärkung des isländischen Minimums anzeigt. Diesen negativen Abweichungen entsprechen auf dem Atlantik etwa von 45° nördl. Breite an im Süden positive Werte, die ostwärts bereits in noch höheren Breiten über Schweden und Finnland anzutreffen sind. Die Zeit vom 7. bis 31. März bietet eine wesentlich andere Luftdruckverteilung. Der ganze nordatlantische Ozean wird dann von einem Gebiet positiver Luftdruckabweichungen eingenommen, die im Maximum 15 mm übersteigen. Die Temperaturen dieser Epoche liegen mit starken Abweichungen über dem Mittel. Über die Ursachen, die zu einer solch anomalen Gestaltung der Luftdruckverteilung führten, konnte nichts gesagt werden.

Der wetterkundliche Unterricht an den Mittelschulen. Die weitestgehende Verbreitung wetterkundlicher Kenntnisse beim Publikum ist eine der wesentlichsten Vorbedingungen für ein erfolgreiches Arbeiten des Wetterprognostikers. Wie dieses Ziel durch Einführung der Meteorologie in die Lehrpläne unserer Schulen zu erreichen ist, darüber hat A. SCHMAUSS in einem vor dem Münchener Mathematischen Verein gehaltenen Vortrage Mitteilung gemacht (Das Wetter 1925, S. 188—195). Einleitend wird unumwunden festgestellt, daß es ein Unglück für die Meteorologie in der Stellung der Gesamtwissenschaft war, als man ihr die Wettervorhersage abrang, und daß es besser gewesen wäre, diese so lange noch zurückzustellen, bis die Forschung weiter gediehen sein würde. Jetzt, wo wir vor der vollendeten Tatsache stehen, ist es notwendig, den Boden zu bereiten, der die Prognose aufnehmen soll, und dies muß bereits in der Schule einsetzen. Der Unterricht beginnt am zweckmäßigsten mit der Beobachtung der Witterung, geht dann allmählich zur Erklärung der Witterungsphänomene über und muß dann schließlich den Schüler in das Verständnis für die Bedeutung und sachgemäße Benutzung der Wetterkarte einführen. Eine notwendige Vorbedingung ist aber, daß die Studierenden der Naturwissenschaft sich auf der Universität mehr mit Meteorologie beschäftigen. Von Fachkreisen wird daher angestrebt, daß diese unter die Prüfungsfächer aufgenommen wird, und daß die notwendigen Dozentenstellen geschaffen werden, damit die Meteorologie an allen Universitäten ihrer Bedeutung entsprechend vertreten ist.

K. KNOCH.

Das Alter der Drachenbäume von Tenerife.

Von A. PÜTTER, Heidelberg.

Wenn der eilige moderne Reisende das Auto halten lassen soll, um sich etwas anzusehen, was Natur oder Kunst gebildet haben, so muß der Gegenstand schon irgendeinen Rekord darstellen. In Heidelberg zeigt man das größte Faß, in Bunzlau den größten Tontopf. Auf Tenerife sind es die Drachenbäume (*Dracaena draco*), die als die ältesten Bäume der Welt vorgeführt werden. Wer wenig Zeit hat, begnügt sich mit einem Blick auf den Drago von Laguna, wer den Ausflug an der herrlichen Nordküste bis Icod de los Vinos oder weiter ausdehnt, muß den Baum von Icod ansehen.

In der Tat sind diese beiden Bäume — und noch mancher andere — der Beachtung jedes Naturfreundes wert, aber den Rekord an Lebensdauer, der ihnen zugeschrieben wird, halten sie nicht.

Nur wenige Organismen tragen in ihrem Körper oder in einzelnen seiner Teile Merkmale, die eine sichere Bestimmung der Alters ermöglichen. Wohl kennen wir bei den verschiedensten Wesen Zeichen, die erkennen lassen, daß das Individuum gealtert ist, aber daraus läßt sich nicht entnehmen, welche Zeitspanne zu diesem Altern erforderlich war. Bei den dikotylen Bäumen und bei den Fischen gibt es „Jahresringe“, die den Zuwachs in einem Jahr erkennen lassen und so eine genaue Zeitbestimmung ermöglichen.

Auf Grund der Zählung dieser Jahresringe wissen wir, daß die Riesenbäume in Kalifornien (*Sequoia gigantea*) ein Alter von 5000 Jahren und mehr erreichen, daß also in der Tat das Leben eines Individuums, das heute noch blüht und fruchtet, mehr als 3000 Jahre vor dem Anfang unserer Zeitrechnung begonnen haben kann.

Aber diese Bäume sollen noch nicht die ältesten Individuen sein, die die Erde trägt, die Drachenbäume der Kanarischen Inseln gelten als noch älter. Bis in die neueste Zeit hin findet man die Angabe, daß der berühmte Drachenbaum von Orotava 6000 Jahre alt gewesen sei¹⁾. Als Ersatz für den gestürzten Riesen, der 1867 vernichtet wurde, werden dem Reisenden jetzt die Bäume von Laguna und Icod gezeigt, für die die Altersangaben 1500 und 3000 Jahre betragen, der Baum von Icod ist zum Nationalmonument erklärt.

Worauf gründen sich diese erstaunlichen Alterszahlen?

Die Drachenbäume sind einkeimblättrige Gewächse und bilden dementsprechend keine Jahresringe. Urkunden könnte es auf Tenerife günstigstenfalls seit der Eroberung durch die Spanier

¹⁾ E. KORSCHULT, Lebensdauer, Altern und Tod. Dritte Auflage, S. 67. Jena: G. Fischer 1924.

1496 geben, sie könnten also nichts für die Geschichte tausendjähriger Bäume beweisen.

Der Ruhm der Drachenbäume geht, wie der Ruhm von Tenerife selbst, auf ALEXANDER VON HUMBOLDT zurück. Als er 1799 bei der Ausfahrt nach Südamerika sechs Tage lang auf der glücklichen Insel weilte, sah er in Villa Orotava einen gewaltigen Drachenbaum, von dem er berichtet: „Man versichert, daß der Stamm dieses Baumes, der in mehreren sehr alten Dokumenten als die Grenzscheide eines Feldes erwähnt wird, schon im 15. Jahrhundert ebenso ungeheuer war als heutzutage. Seine Höhe schien uns 50–60 Fuß zu betragen. Sein Umfang in der Nähe der Wurzeln beträgt 45 Fuß. Wir konnten ihn nicht höher oben messen, aber Sir GEORGE STAUNTON fand, daß 10 Fuß über dem Boden der Durchmesser des Stammes noch 12 englische Fuß beträgt und sehr gut mit der Versicherung von BORDA übereinstimmt, welcher die mittlere Dicke 33 Fuß 8 Zoll fand. Was HUMBOLDT veranlaßte, den Baum für uralte zu halten, waren offenbar mehrere Momente. Zunächst die historische Angabe, dann die gewaltige Dicke des Stammes und die Vorstellung, daß es sich um einen sehr langsam wachsenden Baum handle. Das geht noch aus dem weiteren Satze HUMBOLDTS hervor: „Unter den organisierten Wesen ist dieser Baum, nebst der Adansonie und dem Boabab von Senegal einer der ältesten Bewohner unserer Erdkugel. Die Boababs übertreffen übrigens noch die Stärke des Drachenbaums von Villa Orotava. Man kennt deren, welche nahe an der Wurzel 34 Fuß Durchmesser haben, ungeachtet ihre ganze Höhe nur 50–60 Fuß beträgt. Aber man muß bemerken, daß die Adansonien viel schneller wachsen als der Drachenbaum, dessen Vegetation sehr langsam ist.“

Das historische Argument für das hohe Alter des Individuums, das HUMBOLDT sah, muß gänzlich ausscheiden. Wer einmal versucht hat, zahlenmäßige Angaben über Zeiträume bei den Bewohnern der glücklichen Insel zu sammeln, wird sich rasch überzeugen, daß diese Menschen noch kaum Vorstellungen vom Ablauf der Jahre haben. Selbst das eigene Alter oder das der Kinder ist vielfach unbekannt. Sollte wirklich in „sehr alten“ Urkunden der Drago als Grenze erwähnt sein, so fehlt der Identitätsnachweis. Man denke nur an den Baum (*Fixus religiosa*), unter dem Buddha seine Erleuchtung empfing oder an den „tausendjährigen“ Rosenstock in Hildesheim, die — wie historisch bekannt — nachgepflanzt werden, sobald sie absterben, so daß der Beschauer nicht zu kurz kommt (man denke auch an den Tintenklecks in der Wartburg).

Es muß also versucht werden, durch unmittelbare Beobachtung an Drachebäumen die Frage zu entscheiden, ob sie wirklich so langsam wachsen, daß einem Baum von den Maßen, die HUMBOLDT angibt, ein besonders hohes Alter zugesprochen werden kann.

Da nun der klassische Drago selber nicht mehr vorhanden ist, fragt es sich zunächst, ob wir wohl unter den jetzt lebenden Bäumen Exemplare finden, die ihnen vergleichbar sind.

Es hatte der Drago von Villa Orotava im Jahre

	Umfang nahe der Wurzel	Durchmesser 2,8 bis 3,0 m über dem Boden	Höhe
1799:	14,6 m	3,3—3,65 m	15—18 m
1925:	17,45 m	4,82 m	22 m

und es hat der Drago von Icod de los Vinos im Jahre
1925: 17,45 m 4,82 m 22 m
Der Drago von Icod übertrifft also seinen berühmten Bruder von Villa Orotava in allen Abmessungen. Dieser Baum ist im Laufe der letzten 68 Jahre mehrfach gemessen worden, so daß die Frage zu entscheiden ist, ob er besonders langsam wächst. Sollte sein Alter wirklich nach Jahrtausenden zählen, so dürfte in den letzten 68 Jahren kein erheblicher Zuwachs erfolgt sein. Unter sich vergleichbar sind die Angaben über den Umfang nahe am Boden. Er betrug

		Zuwachs pro Jahr
1857 nach SCHACHT	12,0 m	10,2 cm
1881 nach SAMLER-BROWN	14,45 m	
1925 nach PÜTTER	17,45 m	
		7,0 cm

Im Mittel der letzten 68 Jahre hat der Umfang des Baumes demnach jährlich um 8 cm zugenommen.

Die geringere Zunahme des Umfanges in der Zeit von 1881—1925 dürfte dadurch ihre Erklärung finden, daß der Platz, auf dem er steht, aufgehöhht ist, so daß meine Messung, die 1 m über dem Boden vorgenommen wurde, nicht der Stelle entspricht, an der früher der größte Umfang gemessen worden ist.

Höher am Stamm hinauf ist der Baum in 2,80 m über dem Boden gemessen worden. Die Stelle der Messung liegt jetzt 2,0 m über dem Boden (an der Nordseite des Baumes gemessen) und ist an rundherum verfolgbaren Kerben zu erkennen. Der Umfang in dieser Höhe betrug:

1857 (SCHACHT)	9,5 m
1884 (CHRIST)	11,7 m
1925 (PÜTTER)	15,11 m

Der Zuwachs an Umfang beträgt in diesen 68 Jahren 8,3 cm im Jahr.

Aus diesen Beobachtungen läßt sich berechnen, wie alt der Baum höchstens ist. Es ist eine ganz allgemeine Erfahrung, daß die Größe des Zuwachses mit dem Alter geringer wird. Nehmen wir an, der Baum von Icod sei auch in seiner Jugend nicht rascher gewachsen, als in den Jahren der Beobachtung seit 1857, so erhalten wir einen zu hohen Wert für die Zeit, die ihn von einem kleinen Sämling oder Setzling zu seiner heutigen imposanten

Größe heranwachsen ließ. Legen wir die Zahlen für den Zuwachs des Umfanges nahe am Boden von 1857—1881 der Rechnung zugrunde, so wäre der Baum 1739 gepflanzt, rechnen wir nach dem Zuwachs in 2,8 m Höhe über dem Boden (jetzt 2 m hoch) in den Jahren von 1857—1925, so kommen wir auf das Jahr 1742, also praktisch auf die gleiche Zahl. Da nun das Wachstum in den ersten Jahrzehnten seines Lebens zweifellos rascher gewesen ist, so können wir mit Sicherheit behaupten, daß der Drachbaum von Icod, der den berühmten Humboldt-Baum von Villa Orotava an Größe erheblich übertrifft, keinesfalls älter als 185 Jahre ist.

Ist der Baum von Orotava auch nicht älter gewesen? Diesen Schluß dürfen wir nicht ohne weiteres ziehen, denn die Geschwindigkeit des Wachstums der Drachebäume ist recht verschieden. Das mag an dem Beispiel des dritten großen Drago erläutert werden, an dem Drago von Realejo bajo, der an Gleichmäßigkeit des Wachses und Schönheit der Stellung seine beiden berühmten Brüder von Icod und Laguna weit übertrifft. Dieser Baum, auf freier Höhe vor dem Eingang zum Kirchhof aufragend, wurde 1857 von BUNBURY gemessen. Sein Umfang betrug damals (1,2 m über dem Boden) 4,37 m. Im Jahre 1925 maß er in der gleichen Höhe 6,45 m. In 68 Jahren hatte also der Umfang um 208 cm zugenommen, d. h. jährlich um 3,05 cm. Hieraus ergibt sich, daß der Baum 210 Jahre alt sein könnte, d. h. etwas älter als der Drago von Icod. Um in einer Höhe von 3 m über dem Boden einen Durchmesser von $3\frac{1}{2}$ m zu erreichen, wie der Baum von Orotava ihn 1799 hatte, dazu würde der Drago von Realejo bei gleicher Wachstumsgeschwindigkeit, wie er sie in den letzten 68 Jahren hatte, noch etwa weitere 200 Jahre brauchen. Ob er diese Zeit erleben wird, ist zweifelhaft, wahrscheinlich wird ein Baum, der so langsam wächst, nie die besondere Dicke erreichen, die ihn in dieser Hinsicht zu einem Schaustück macht.

Über die Geschwindigkeit der Dickenzunahme des großen Baumes von Villa Orotava sind wir nur für die Jahre von 1799—1843 unterrichtet, d. h. aus einer Zeit, wo der Baum schon hohl und (seit 1819) eines guten Teils seiner Krone beraubt war. Der Umfang nahe am Boden betrug 1843: 15,8 m. Von 1799—1843 hatte er im Umfang um 1,2 m zugenommen, also jährlich um 2,73 cm. Bei so langsamem Wachstum hätte der Baum 575 Jahre gebraucht, um 15,8 m Umfang zu erreichen. Aber diese Altersangabe ist viel zu hoch, denn es ist sicher, daß der Baum in seinen jüngeren Jahren und auch später, solange er noch nicht hohl war, ganz wesentlich schneller gewachsen ist.

Haben wir kein anderes Mittel, das Alter der Drachebäume zu schätzen, als die Dicke, oder richtiger, die Geschwindigkeit der Dickenzunahme?

Die eigentümliche Verzweigungsart dieser Bäume kann als ein Anhaltspunkt für ihr Alter

benutzt werden. Die übliche Lehre ist, daß der Drago alle 8 oder 11 Jahre blüht, andere geben an: alle 12 Jahre.

Der Sproß, der geblüht hat, verliert dadurch seinen endständigen Vegetationspunkt und stellt sein Längenwachstum ein. Es brechen dann unter der alten Spitze neue Sprosse hervor. Die Zahl dieser Sprosse schwankt bedeutend. Nach der ersten Blüte kommt es zu einer Teilung in 2—12 Äste, nach den späteren Blüten sind schon Teilungen in 4 oder 5 Äste selten und bei den großen Bäumen beobachtet man vielfach, daß unter der Narbe des Blütenstandes nur ein Sproß hervorbricht, so daß dann die Zahl der Blattrosetten nach dem Blühen die gleiche bleibt. Am Baum von Icod, aber auch an anderen, ist diese Abnahme der Zahl der Teilungen sehr auffällig. Wenn es richtig wäre, daß die Blüten alle 11 oder 12 Jahre erschienen, so wäre das ja eine einfache Methode, das Alter der Bäume zu schätzen. Man braucht nur festzustellen, wieviele Blüteperioden der Baum gehabt hat. Nun geht das Blühen aber nicht schematisch in der Weise vor sich, daß alle Sprosse gleichzeitig blühen. Je älter der Baum wird, desto größer werden die Unterschiede der einzelnen Äste, doch sah ich in Laguna einen jungen Drago, der schon die zweite Blütenperiode damit begann, daß von seinen 12 ersten Teilästen nur einer eine Blüte trug, während gleichzeitig (10. IX. 1925) der große Drago an etwa 30% seiner Blattrosetten blühte. Will man also die Zahl der Blüteperioden eines Baumes feststellen, so muß man eine ganze Zahl von Zählungen an verschiedenen Ästen machen.

Ich zählte (1925) am Baum von Icod im Mittel 11 Blüteperioden; an dem von Realejo im Mittel 9 und an dem Drago von Laguno im Mittel 8. Die höchste Zahl, die ich fand, war 13 (Icod und Realejo) und unter diesen waren schon einige, die zu keiner Vermehrung der Blattrosetten geführt hatten. Träfe die verbreitete Meinung zu, daß der einzelne Sproß alle 8 oder 12 Jahre blüht, so würde der älteste Drago nur $12 \times 13 = 156$ Jahre alt sein oder gar nur $8 \times 13 = 104$, aber so schematisch verläuft das Blühen nicht, wir gewinnen auf diese Weise nur eine Minimalzahl für das Alter. Wohl sah ich einen Baum der — 14 Jahre alt — vor 3 Jahren geblüht hatte, ein anderer war 12 oder 13 Jahre alt und hatte im Vorjahre geblüht. CHRIST¹⁾ erwähnt, daß er einen 9jährigen Drago habe blühen sehen, SCHACHT sogar einen 8jährigen. Demgegenüber steht ein anderer Fall eines gut gewachsenen Baumes von 5,20 m Stammhöhe, der 24 Jahre alt war, und noch nicht geblüht hatte und einer von 25 Jahren, der im August 1925 zum erstenmal blühte. Nicht selten sieht man sehr hoch aufgeschossene Drachenbäume, die noch nicht geblüht haben. Einen solchen im Garten des Hotel Victoria in Villa Orotava schätze ich auf 10 m Höhe. Wie alt mag er sein?

Kann die Dauer einer Blüteperiode 25 Jahre

betragen, so könnte ein Baum mit 13 Perioden 325 Jahre alt sein. Nach der durchschnittlichen Zahl der Blüteperioden können wir also das Alter der Bäume nur in sehr weite Grenzen einschließen und sagen, das Alter kann sein für den Baum von

Laguna > 64 < 200 Jahre;

Realejo > 72 < 225 Jahre;

Icod > 88 < 275 Jahre.

Immerhin führt auch diese Betrachtung zu dem Ergebnis, daß die Drachenbäume recht jung sind. HUMBOLDT gibt an, daß der Drago von Villa Orotava noch jährlich Blüten und Früchte getragen habe. Wäre die Angabe richtig, so würde sie zeigen, daß der Baum recht jung gewesen ist. Es handelt sich aber auch nur um eine mündliche Mitteilung der Einwohner. Zu entnehmen ist aus ihr wohl nicht mehr, als daß Blüten keine Seltenheit am Baume von Villa waren und das verträgt sich nicht mit der Annahme eines hohen Alters.

Noch ein Punkt bedarf der Erörterung: Warum sind Drachenbäume von solchen Dimensionen, wie sie die berühmten Exemplare zeigen, so selten? Unter ca. 70 Bäumen auf Kulturland, die ich in Tenerife und 20 Bäumen, die ich in Gran Canaria sah, waren nur 5 (alle in Tenerife), deren Stammumfang 1 m über dem Boden größer als 5 m war. Auf Tenerife dürfte sich kaum noch ein weiterer Baum von solcher Größe finden, der mir unbekannt geblieben wäre.

Der Drachenbaum gehört zur typischen Pflanzenwelt der Trockenschluchten (Barrancos) und hat dementsprechend die Fähigkeit, durch ein sehr weit greifendes Wurzelsystem sich auch auf dürrer Boden soviel Wasser zugänglich zu machen, daß er bestehen kann. Eine besonders kräftige Entwicklung zeigt er aber unter solchen Vegetationsbedingungen nicht. Das lehren am besten die wild wachsenden Drachenbäume. Von den drei Stellen, an denen sich auf Tenerife solche finden, habe ich zwei besucht. Am großartigsten ist das Vorkommen im Barranco del Infierno bei Adeje, wo an äußerst steilen, senkrecht erscheinenden Felswänden weit über 100 Drachenbäume zu sehen sind. Die Standorte sind — glücklicherweise selbst für die Ziegen — unzugänglich, so daß sich die Zahl nur auf die größeren, vom Boden des Barranco aus sichtbaren Exemplare bezieht. Unter ihnen sah ich keinen Baum, der mehr als 4 oder 5 Blüteperioden hinter sich hatte. Einer blühte (vielleicht sechste Blüte). Die kleinen Bäume, die noch gar nicht geblüht hatten, waren besonders zahlreich. Alle Bäume erschienen schwächig und schlank, im Stamm wie in den Ästen, d. h. sie hatten einen ganz anderen Habitus als die in Gärten oder Feldern wachsenden Drachenbäume. Der Vergleich der beiden Bäume von Fig. 2 zeigt das sehr deutlich.

Ob der Drago bestimmte Böden bevorzugt, ist mir unbekannt, jedenfalls aber kommt er nur dort zu guter Entfaltung, wo die Wasserversorgung

¹⁾ Botanische Jahrbücher Bd. 6, S. 471. 1885.

reichlicher ist. Laguna (600 m) bietet sehr gute Bedingungen für das Gedeihen, seine Niederschlagshöhe beträgt 725 mm (die höchste auf der Insel gemessene), während Puerto Orotava nur

422 mm hat. Die ganze Südseite trägt keinen berühmten Drago, sie ist wärmer, aber regenärmer als die Nordseite. Die Regenhöhen der Orte der berühmten Drachenbäume sind (außer Laguna) nicht bekannt; doch ist bemerkenswert, daß keiner von ihnen in der trockenen Küstenzone zu finden ist. Villa Orotava liegt 300–400 m hoch, Realejo bajo 250–300 m, und Icod de los Vinos 210 bis 250 m hoch. In den beiden letztgenannten Orten



Fig. 1. Die Drachenbäume von: a) Icod de los Vinos ca. 22 m hoch, 1923; b) Realejo bajo¹⁾ ca. 15 m hoch, 1925; c) Laguna ca. 9 m hoch, 1925, in gleichem Maßstabe.

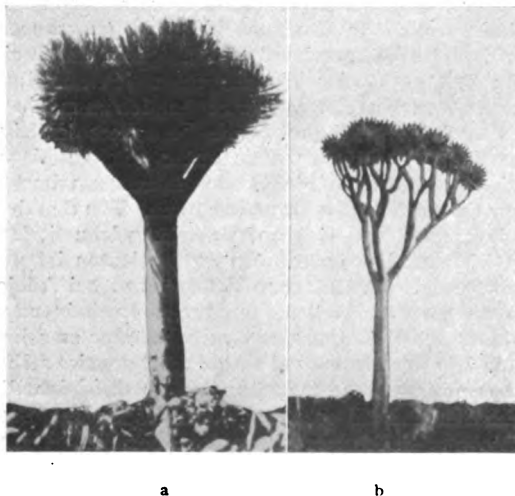


Fig. 2. Gepflegter und wilder Drachenbaum in gleichem Maßstabe. 1925 aufgenommen: a) Drago aus dem Patio des „Institutes“ in Laguna, 14 Jahre alt, hat vor 3 Jahren geblüht. Höhe 6 m; b) wilder Drachenbaum aus dem Barranco del Infierno bei Adeje, ca. 4,5 m hoch, hat schon viermal geblüht. Alter unbekannt, doch sicher über 50, wahrscheinlich an 80 Jahre. Nach einer Originalaufnahme von Herrn HEINRICH TRENNEL in Puerto Orotava.

¹⁾ Für die gütige Erlaubnis zur Wiedergabe dieses Bildes bin ich der Schriftleitung der Zeitschrift „Iberica“ zu Dank verpflichtet.

befindet sich außer den offiziell anerkannten noch je ein sehr bedeutender Drachenbaum, der Nachwuchs für die Zeit, wenn die heutigen Größen gefallen sind.

Auch heute gilt, wie zu A. v. HUMBOLDTS Zeiten, der Drago auf Tenerife als sehr langsamwüchsig, und das ist auch im Vergleich zu dem viel rascheren Wachstum der meisten anderen Bäume und Sträucher ganz zutreffend, aber absolut betrachtet, ist er keineswegs besonders langsamwüchsig, besonders nicht, wenn er gut mit Wasser versorgt ist.

Schon CHRIST hat darauf hingewiesen, daß die Drachenbäume recht rasch wachsen können. SCHENK¹⁾ schätzt den Baum von Icod auf etwa 200 Jahre und fordert neue Messungen für die früher vermessenen Bäume. Aus diesen Messungen ist nun in der Tat zu entnehmen, daß die Drachenbäume gar nicht alt sind. Die gewaltigen Exemplare danken ihre Größe nicht einem besonders hohen Alter, sondern den günstigen Wachstumsbedingungen.

Von den lebenden Drachenbäumen ist keiner auch nur 200 Jahre alt. Ich möchte den Baum von Icod auf 160–170 Jahre schätzen. Da er größer ist, als der von Villa Orotava war, der A. v. HUMBOLDTS Phantasie anregte, liegt kein Grund vor, diesen für wesentlich älter zu halten.

¹⁾ Beiträge zur Kenntnis der Vegetation der Kanarischen Inseln. Ergebn. d. dtsh. Tiefsee-Expedition Bd. 2, Teil 1. 1908.

Der Baum von Icod scheint noch ganz gesund; er mag noch manches Jahrzehnt weiter wachsen. Den von Laguna halte ich für besonders schnellwachsend, was durch Nachmessung in zehn oder zwanzig Jahren leicht zu entscheiden sein wird. Ich glaube, daß er kaum 100 Jahre alt ist.

In 20 oder 30 Jahren wird sich reichlicheres Material über die Wachstumsgeschwindigkeit der Drachenbäume gewinnen lassen, da ich 17 Bäume verschiedener Größe gemessen habe¹⁾.

¹⁾ PÜTTER, Altersbestimmungen an Drachenbäumen von Tenerife. Sitzungsber. d. Heidelberg. Akad. d. Wiss. Mathem.-naturw. Kl. Sitzung vom 14. XI. 1925.

Die Zahl der Bäume scheint sich verringert zu haben, denn wenn CHRIST 1884 schreibt, daß sie allein auf Tenerife in der Nähe der Gehöfte viele Hunderte betrage, so trifft das jetzt nicht mehr zu. Ich habe in und zwischen den beiden Orotavas kaum 40 gezählt, im ganzen auf Tenerife etwa 70. An der Südküste hat wohl nur Sa Cruz eine größere Zahl aufzuweisen, in Guimar ist der Drago eine Seltenheit und im Südosten (Arona, Adeje) habe ich — außer den wilden Bäumen — überhaupt keine gesehen. Sie können also hier jedenfalls nur sehr spärlich vorkommen. An der Nordküste sind wohl viele Bäume der Bananenkultur zum Opfer gefallen.

Strukturelle Fragen der Proteinchemie im Lichte enzymatischer Forschung.

VON ERNST WALDSCHMIDT-LEITZ, München.

Die strukturelle Erforschung der Proteine ist im Laufe der letzten Jahre in eine neue Entwicklung eingetreten. Diese Entwicklung hat ihren Ausgangspunkt genommen von der Erkenntnis, daß die durch die klassischen Untersuchungen EMIL FISCHERS festgestellte Peptidstruktur, eine wesentliche Beteiligung peptidartig verknüpfter α -Aminosäuren am Aufbau der Eiweißmoleküle, zur Erklärung ihrer Eigenschaften und ihres biologischen Verhaltens für sich allein nicht ausreicht. Auch die Anwendung enzymatischer Methoden, die befähigen sind, wichtige neue Beiträge zur Aufklärung der Proteinstruktur zu erbringen und über viele der aufgeworfenen konstitutionellen Fragen zu entscheiden, gliedert sich in ihren neuen Ergebnissen dieser Erkenntnis ein. Ihre Bedeutung, die für die strukturelle Erforschung anderer Naturprodukte, beispielsweise für die des Stärkemoleküls¹⁾, in neuerer Zeit mehr Beachtung gefunden hat, ist auf dem Gebiete der Proteinchemie zu wenig hervorgetreten.

Es ist zwar bekannt, daß die grundlegenden Anschauungen von EMIL FISCHER über die Beteiligung von Peptidbindungen an der Struktur der Proteine ihre vornehmlichste Sicherung weniger in der Auffindung und Identifizierung einfacher Peptide unter den Produkten des hydrolytischen Eiweißabbaus, als vielmehr in der Spaltbarkeit der synthetisch bereiteten Körper durch proteolytische Enzyme gefunden haben; diese Erkenntnis wurde ergänzt und vertieft durch die Erfahrung, daß der Angriff proteolytischer Enzyme fast ausschließlich die aus den natürlich vorkommenden optischen Antipoden der Aminosäuren aufgebauten Peptide betrifft. E. FISCHER verdankt man auch die bedeutsame und für gesichert gehaltene Unterscheidung der beiden wichtigsten tierischen Proteasen, des Pepsins aus dem Magensaft und des Trypsins aus der Pankreasdrüse, nach welcher das erstere, das für den enzymatischen Abbau der meisten Proteine unentbehrlich ist, synthetische Polypeptide in keinem Falle zu spalten

¹⁾ Vgl. R. KUHN, A. 443, 1. 1925; H. PRINGSHEIM und J. LEIBOWITZ, B. 58, 1262. 1925.

vermochte, während ihre dem Trypsin zugeschriebene Hydrolyse durch die Pankreasdrüse und ihre Sekrete sich glatt vollzog. Diese Erscheinung sowohl wie die Tatsache, daß Pepsin und Trypsin auf ganz verschiedenen Wegen auf Eiweiß einzuwirken scheinen, hat mit in erster Linie zu der Auffassung Veranlassung gegeben, daß die Struktur der Proteine und die *Bindungsart ihrer Bausteine keine einheitliche* sein könne. Allein in den Gedankengängen, die die neueren Wege der Eiweißforschung geleitet und die ihren Niederschlag teils in der Anwendung neuartiger Verfahren des hydrolytischen Abbaus, teils in einer mannigfaltigeren synthetischen Verknüpfung von Aminosäuren gefunden haben, hat man der Bedeutung der enzymatischen Kontrolle zu wenig Beachtung geschenkt. Am ausgesprochensten drückt sich die geringe Wertschätzung enzymatischer Methoden in den originellen Untersuchungen von N. TROENSEGAARD¹⁾ aus, in welchen auch die Verfahren des fermentativen Abbaus als „zu gewaltsam“ angesehen werden, „um die wirklichen Bausteine“ der Proteine „zu liefern“.

Die entgegengesetzte Auffassung dürfte den Vorzug verdienen. Bei der Mannigfaltigkeit der möglichen und wohl auch bestehenden strukturellen Kombinationen und bei ihrer Empfindlichkeit gegenüber chemischen Eingriffen leitende und unterscheidende Merkmale zu finden, werden gerade die fein auswählenden Methoden des enzymatischen Abbaus berufen sein. Allein die bisherigen Ergebnisse der fermentativen Hydrolyse von Proteinen haben nur spärliche und nur in wenigen Fällen genügend gesicherte Aussagen über strukturelle Besonderheiten der angewandten Substrate erlaubt; insbesondere ist die Abgrenzung der für die einzelnen Proteasetypen spezifischen Substrate und die Kennzeichnung ihrer besonderen Wirkungsweise nicht klar genug durchgeführt worden. Dies gilt z. B. für den Vergleich der spezifischen Wirkungen von Pepsin und Trypsin wie für die Abgrenzung der Spezifität von Trypsin und dem

¹⁾ N. TROENSEGAARD und J. SCHMIDT, H. 133, 116, und zwar S. 117. 1923/24.

von O. COHNHEIM¹⁾ entdeckten Erepsin der Darmschleimhaut, während die besonderen Wirkungen der meist nur in Gemischen vorkommenden pflanzlichen Proteasen noch viel weniger sicher zu erkennen sind. Auf den Mangel an leitenden strukturellen Gesichtspunkten, der sich aus der Untersuchung der enzymatischen Reaktionsprodukte ergab, ist es zurückzuführen, wenn beispielsweise in den Anschauungen, die J. H. NORTHROP²⁾ vertreten und experimentell behandelt hat, die Angreifbarkeit vieler Proteine durch Pepsin oder Trypsin lediglich dem jeweiligen Ionisierungszustand der Substrate zugeschrieben wird, ohne Beachtung der für die Affinität dieser Enzyme maßgebenden chemischen Strukturen. Es steht damit in Einklang, wenn das Lehrbuch von C. OPPENHEIMER³⁾, „Die Fermente und ihre Wirkungen“, sich die vor allem durch R. O. HERZOG⁴⁾ sowie durch E. ABDERHALDEN⁵⁾ vertretene Vorstellung, die die Proteine als polymere, aus einfachen, regelmäßig wiederkehrenden Grundkörpern aufgebaute Gebilde beschreibt, zu eigen macht und demzufolge die Wirkungen des Pepsins und Trypsins in erster Linie als depolymerisierende behandelt; sie werden von der mit chemischen Methoden faßbaren, auf einfache Peptidbindungen eingestellten Wirkung der Peptidasen, beispielsweise des Erepsins, unterschieden.

Die Fortschritte, die in der Erkenntnis der spezifischen Wirkungen proteolytischer Katalysatoren inzwischen gewonnen worden sind, beruhen auf der *Verbesserung der analytischen und der präparativen Methoden*. Einmal hat die Ausbildung quantitativer analytischer Meßmethoden in der Enzymchemie durch R. WILLSTÄTTER⁶⁾ und seine Mitarbeiter dazu geführt, die Vergleichbarkeit enzymatischer Messungen nach Menge und Aktivität der angewandten Enzyme zu sichern; und für den besonderen Fall enzymatischer Proteolysen hat sich ein neues analytisches Verfahren, die alkalimetrische Bestimmung von Aminosäuren und Peptiden nach R. WILLSTÄTTER und E. WALDSCHMIDT-LEITZ⁷⁾, nämlich in alkoholischer Lösung, als nützlich erwiesen; sie gestattet nämlich zwischen Aminosäuren und Peptiden unter den Hydrolyseprodukten zu unterscheiden.

Bedeutsamer noch sind die Fortschritte, die man der Anwendung der durch R. WILLSTÄTTER eingeführten neuen präparativen Methoden zur Isolierung einheitlicher enzymatischer Individuen verdankt. So haben E. WALDSCHMIDT-LEITZ und A. HARTENECK⁸⁾ durch das Verfahren der fraktionierten Adsorption mittels Tonerde die beiden, in der Pankreasdrüse, ihren Auszügen und ihren

Sekreten vergesellschafteten Proteasen, das *Pankreastrepsin* und das *Pankreaserepsin*, in ihren natürlichen Gemischen *voneinander zu trennen* vermocht; und in einer Untersuchung von E. WALDSCHMIDT-LEITZ und A. SCHÄFFNER¹⁾ hat es sich ergeben, daß auch das Erepsin des Darmes, so wie man es aus der Schleimhaut gewinnt, stets durch Trypsin verunreinigt ist und daß man auch hier mit adsorptiven Methoden die Isolierung der einheitlichen enzymatischen Komponenten erreicht.

Diese Trennung von Trypsin und Erepsin in den Auszügen der Pankreasdrüse wie in denen der Darmschleimhaut hat erst den Weg eröffnet zu einer gesicherten Prüfung ihrer spezifischen Wirkungen sowohl wie auch der Bedeutung des spezifischen Trypsin-Aktivators, der Enterokinase, für die Aktivität dieses Enzyms. Die Auswahl der Substrate, die dem Angriff der getrennten, einheitlichen Enzyme unterworfen wurden, betraf einmal eine Reihe einfacher Peptide, ferner ein Pepton der Pepsinverdauung als proteolytisches Abbauprodukt sowie einfacher konstituierte basische Proteine, wie Protamin und Histon, und endlich eine größere Anzahl höhermolekularer Proteine aus verschiedenen Gruppen dieser Stoffe.

Es hat sich ergeben, daß die *spezifischen Wirkungen der beiden Enzyme strenger als angenommen zu unterscheiden* sind; *alle untersuchten Dipeptide* wurden *von Erepsin* hydrolysiert, *keines* derselben dagegen *von dem tryptischen Enzym*, auch nicht ein Tripeptid, das man bisher zu den spaltbaren zählte. Weiter hat es sich gezeigt, daß die *Wirkung des Erepsins auf einfache Peptide beschränkt* ist: weder Pepton noch Protamin oder Histon, noch irgendein anderes der untersuchten Proteine war durch Erepsin zerlegbar, aber alle diese Präparate wurden durch Trypsin hydrolysiert; *in keinem Falle* war eine *Vertretbarkeit* der beiden Enzyme nachzuweisen. Sodann ist an den besprochenen Beispielen der Einfluß der Aktivierung durch die Enterokinase der Darmschleimhaut auf die Aktivität des Trypsins geprüft worden, das unter den Bedingungen seiner Darstellung in nichtaktivierter Form erhalten wird und das nach der Abtrennung des Erepsins auch keine Selbstaktivierung mehr erleidet. Die Ergebnisse dieser Versuche lassen erkennen, daß die Aktivität des Trypsins für die Spaltung höhermolekularer Proteine, wie es ja bekannt ist, durch die Aktivierung mit Enterokinase bedingt ist, daß dagegen in gewissen anderen Fällen, so bei Histon, Protamin oder auch Pepton, das Enzym *auch ohne den Aktivator beträchtliche proteolytische Wirkungen* ausübt. Diese Befunde verdienen insofern eine gewisse Beachtung, als durch sie auch auf einem anderen Wege der Beweis erbracht wird, daß das Trypsin in der Pankreasdrüse nicht, wie man früher annahm²⁾, in unfertiger, in Zymogenform

¹⁾ H. 33, 451. 1901.

²⁾ Naturwissenschaften 11, 713. 1923.

³⁾ 5. Aufl., Leipzig 1925, 2. Band, S. 811 und S. 839.

⁴⁾ Naturwissenschaften 11, 172. 1923.

⁵⁾ Naturwissenschaften 12, 716. 1924.

⁶⁾ Vgl. B. 55, 3601. 1922.

⁷⁾ B. 54, 2988. 1921.

⁸⁾ H. 147, 286. 1925.

¹⁾ Zur Kenntnis des Darmerepsins, H., im Druck.

²⁾ Vgl. W. M. BAYLISS und E. H. STARLING, Journ. of Physiol. 30, 61. 1904; 32, 129. 1905.

gebildet und erst durch die Enterokinase in aktives Enzym umgewandelt wird, sondern daß dem Aktivator *lediglich die Bedeutung eines Hilfstoffs* für die Hydrolyse bestimmter Substrate zukommt¹⁾.

Die erhaltenen Resultate sind in der folgenden Tabelle, welche die Spezifität von Trypsin und Erepsin vergleicht, in qualitativer Form veranschaulicht.

Spezifität von Trypsin und Erepsin.

(Angaben bedeuten: — = keine nachweisbare, + = positive, ++ = verstärkte Hydrolyse.)

Substrat	Enzym			
	Erepsin aus		Trypsin	
	Darm	Pan- kreas	aktiviert	nicht aktiviert
Alanyl-glycin	+	+	—	—
Glycyl-tyrosin	+	+	—	—
Glycyl-glycin	+	+	—	—
Leucyl-glycin	+	+	—	—
Leucyl-alanin	+	+	—	—
Glycyl-alanin	—	+	—	—
Leucyl-glycyl-glycin . .	—	+	—	—
Pepton (ex albumine, Merck)	—	—	++	+
Clupein	—	—	++	+
Thymushiston	—	—	++	+
Casein	—	—	+	—
Fibrin	—	—	+	—
Gelatine	—	—	+	—
Gladin	—	—	+	—
Zein	—	—	+	—
Eieralbumin	—	—	+	—
Rcinusglobulin	—	—	+	—

Die Ergebnisse der in der Tabelle mitgeteilten Versuche über die Hydrolyse einfacher Peptide durch Pankreaserepsin widersprechen den älteren Angaben von E. FISCHER und E. ABDERHALDEN²⁾, nach welchen diese Peptide in hydrolysierbare und in nichthydrolysierbare eingeteilt wurden, prinzipiell: *eine qualitative Unterscheidung der natürlich vorkommenden Peptide nach ihrer Spaltbarkeit* durch Pankreaserepsin *läßt sich nicht durchführen*. Die Bedeutung der gewonnenen Resultate wird auch nicht durch den Einwand entkräftet, daß eine qualitative Verschiedenheit zwischen dem Erepsin des pankreatischen Drüsengewebes selbst und dem des Sekretes zu berücksichtigen sei, so wie FISCHER und ABDERHALDEN selbst³⁾ gewisse Abweichungen in der Spezifität dieser beiden Enzympräparate gedeutet haben. Aus einer Untersuchung von E. WALDSCHMIDT-LEITZ und A. SCHÄFFNER⁴⁾ geht nämlich hervor, daß das *ereptische Enzym der Pankreasdrüse* in qualitativer wie in quantitativer Spezifität *mit dem Erepsin der*

Darmschleimhaut identisch gefunden wird; für die an sich wenig wahrscheinliche Annahme der Existenz zweier verschiedener ereptischer Enzyme in der Drüse, von denen nur das eine das Trypsin in das Sekret begleiten würde, läßt der quantitative Vergleich mit dem Darmerepsin keinen Raum. Die schwer verständliche Aussage, wonach der Organismus an ein und denselben Reaktionsort, in den Darm, zwei Enzyme mit der nämlichen Aufgabe, aber das eine davon mit nur unvollkommen entwickelter Affinität entsenden sollte, erscheint heute in anderem Lichte: in Wirklichkeit sind die beiden Enzyme identisch.

Weiterhin bedürfen auch die zahlreichen Angaben der Literatur über die Hydrolyse von Pepton¹⁾, von Protaminen²⁾, von Histon³⁾ und von Casein⁴⁾ durch Erepsin der Richtigstellung; diese Substrate werden, wie die angeführten Versuche zeigen, durch das Enzym gar nicht angegriffen, die Beobachtungen über ihre Hydrolyse sind vielmehr auf die Verunreinigung der angewandten Enzympräparate durch Trypsin zurückzuführen. Auch die Angaben der Literatur⁵⁾, daß durch ereptisches Enzym eine rasche Spaltung der Pepsinpeptone erfolge und daß die aufeinanderfolgende Hydrolyse der Proteine durch Pepsin und Erepsin so vollständig sei wie ihr Abbau durch siedende Säuren, sind also zu streichen; die zugrunde liegenden Beobachtungen beziehen sich vielmehr auf die Einwirkung der drei proteolytischen Enzyme, von Pepsin, Trypsin und Erepsin.

Diese neuen Erkenntnisse führen zu einer Unterscheidung *vier verschiedener Typen proteolytischer Enzyme*, welche sich bis heute zwar nur mit der Angabe spezifischer Wirkungen belegen läßt, die jedoch mit der Kennzeichnung der ihrem Angriff unterliegenden spezifischen Strukturen zu vertiefen sein wird. Zur *ersten Gruppe*, den Pepsidasen, gehört das Erepsin, als dessen spezifische Substrate einfache Peptide, z. B. Di- oder Tripeptide, zu gelten haben; eine *zweite Gruppe* umfaßt Enzyme vom Typus des nichtaktivierten Trypsins, dessen Wirkungen zwar nachgewiesen, aber noch nicht mit einem streng spezifischen Substrate gekennzeichnet werden können; für die *dritte Gruppe* wäre das aktivierte Trypsin, also das System Trypsin-Enterokinase, für die *vierte Gruppe* endlich das Pepsin als charakteristischer Vertreter anzusehen, deren spezifische Wirkungen zwar noch nicht mit Sicherheit zu beschreiben, aber zu unterscheiden sind.

Die Hydrolyse der höhermolekularen Proteine

¹⁾ Siehe dazu E. WALDSCHMIDT-LEITZ, H. 132, 181, und zwar S. 190. 1923/24.

²⁾ H. 46, 52. 1905.

³⁾ a. a. O. und zwar S. 55.

⁴⁾ Zur Kenntnis des Darmerepsins, H., im Druck.

¹⁾ Vgl. O. COHNHEIM, H. 33, 451. 1901; E. ABDERHALDEN und P. RONA, H. 67, 405. 1910; E. ABDERHALDEN und Fr. KRAMM, H. 77, 425. 1912.

²⁾ Vgl. O. COHNHEIM, H. 35, 134 und zwar S. 140. 1902; F. ROGOZINSKI, H. 79, 398 und zwar S. 413. 1912; A. CLEMENTI, Biochem. Zeitschr. 136, 71. 1922/23.

³⁾ Vgl. O. COHNHEIM, a. a. O.

⁴⁾ Vgl. O. COHNHEIM, A. CLEMENTI, a. a. O.

⁵⁾ Siehe dazu O. KESTNER, Chemie der Eiweißkörper, Braunschweig 1925, S. 94.

ist zufolge den Angaben der Literatur¹⁾ durch keine der aus nur zwei Komponenten bestehenden möglichen Kombinationen von Pepsin, Trypsin und Erepsin vollständig; und in den einfachsten Fällen, für den Abbau der Protamine, erweist sich nur das Pepsin als entbehrlich²⁾. Die Folgerung verschiedener Angriffspunkte und verschiedener Reaktionswege, die die Literatur erhebt, ist mit der Feststellung zu ergänzen, daß für eine *gegenseitige Vertretbarkeit der vier Enzymtypen* — Pepsin, Trypsin — Enterokinase, Trypsin, Erepsin — bis heute *keine Anhaltspunkte* vorliegen³⁾ und daß daher *ihr Angriff auf spezifische Strukturen zu beziehen* sein wird.

Die Hinweise, die sich aus der ausgeprägten Spezifität der Enzyme aus den vier Gruppen von Proteasen auf strukturelle Besonderheiten ihrer spezifischen Substrate ergeben, bilden nur einen vorläufigen Rahmen, er wird mit der Prüfung einer größeren Anzahl bekannter Substrate zu erweitern und vor allem durch die Untersuchung der spezifischen Reaktionsprodukte zu vertiefen sein. Wenn die Forschung beispielsweise unter den spezifischen Substraten des Erepsins bisher die meisten synthetischen Peptide sowie die Peptone und ferner Protamine, Histone und Casein zusammenfaßte, so war man auf Grund dieser gemeinsamen Angreifbarkeit geneigt, die Peptone der Pepsinverdauung als ein Gemisch von Polypeptiden anzusehen, oder man glaubte der Struktur der Protamine als einfacher gebauter Proteine polypeptidähnlichen Charakter zusprechen zu können. Diese Folgerungen werden sich nicht aufrechterhalten lassen; die angeführten Substrate, die durch Erepsin nicht angreifbar sind, wird man strukturell vom Typus der Polypeptide unterscheiden müssen. Zwar ist die Natur der für den Angriff der Enzyme der drei letzten Gruppen von Proteasen spezifischen Strukturen noch nicht erkennbar; aber die Erfahrungen, die über die auswählende Wirkung dieser Enzyme vorliegen, führen zu dem Schlusse, daß sie sowohl von dem in den einfachen Peptiden vorliegenden Typus wie auch unter sich verschieden sein werden.

Die Frage, welche Strukturen neben der einfachen Peptidbindung am Aufbau der Proteine beteiligt sind, ist noch nicht zu beantworten; aber die bis heute über die spezifische Einstellung der einzelnen proteolytischen Enzyme und über ihre Wirkungsweise vorliegenden Beobachtungen erlauben doch eine *Stellungnahme* gegenüber mehreren, in neueren Arbeiten geäußerten *strukturellen Anschauungen*. Wenn in den gedankenreichen Untersuchungen von N. TROENSEGAARD⁴⁾

ein Aufbau der Proteine im wesentlichen aus labilen, sauerstoffhaltigen heterocyclischen Ringen diskutiert wird, durch deren hydrolytische Aufspaltung erst eine sekundäre Bildung von α -Aminosäuren erfolgen soll, so bleibt bei dieser Anschauung die spezifische Einstellung der von den Organismen für den Eiweißabbau benötigten ereptischen Enzyme auf die Lösung einfacher Peptidbindungen ganz unberücksichtigt; man muß die Vorstellungen von TROENSEGAARD für das Verständnis der Spezifität proteolytischer Enzyme als ungeeignet bezeichnen.

Andere Einwände gelten gegenüber der vor allem durch R. O. HERZOG¹⁾ sowie durch E. ABDERHALDEN²⁾ vertretenen und viel erörterten Anschauung, nach welcher das Eiweiß als eine Zusammenfassung mittels Nebenvalenzen assoziierter, Anhydride enthaltender Elementarkomplexe angesehen wird. Die Bedeutung einfacher Aminosäureanhydride für den Aufbau der Proteine ist überschätzt worden. E. WALDSCHMIDT-LEITZ und A. SCHÄFFNER³⁾ haben darauf hingewiesen, daß eine Spaltbarkeit von 2,5-Diketopiperazinen unter physiologischen Bedingungen nicht zu beobachten ist und daß man eine wesentliche Beteiligung solcher einfacher Anhydride höchstens für die Struktur der enzymatisch unangreifbaren Proteinoiden, z. B. der Seidenfaser und gewisser anderer tierischer Skelettsubstanzen, anzunehmen hat. Die Annahme durch Nebenvalenzen zusammengefaßter Assoziationen zur Deutung des Aufbaus von Proteinen scheint zudem geeignet, die klare Linie einer strukturell-chemischen Fragestellung zu verwirren⁴⁾.

Die Ergebnisse unserer Untersuchungen über die Wirkungsweise der verschiedenen Proteasen zwingen im Gegenteil zu einer *strenger chemischen Auffassung der Proteinstruktur*. Nicht nur, daß die Wirkung des enzymatisch einheitlichen, *erepsin-freien Trypsins*, die auf Grund der Anschauungen ABDERHALDENS von C. OPPENHEIMER⁵⁾ als überwiegend desaggregierende betrachtet worden ist, durch den *Zuwachs freier Carboxylgruppen*, der sehr bedeutend ist, gemessen werden kann; man beobachtet dabei auch die *Abspaltung* einer sehr beträchtlichen Menge *freier Aminosäuren*; und weiter wird aus einer Untersuchung von E. WALDSCHMIDT-LEITZ und E. SIMONS⁶⁾ zu ersehen sein, daß auch die Wirkung des *Pepsins*, dem noch ausgesprochener depolymerisierende Funktionen zugesprochen werden, in der *Freilegung von Carboxyl- und Aminogruppen*, und zwar in einem bestimmten, charakteristischen Verhältnis, besteht.

¹⁾ Vgl. E. FISCHER und E. ABDERHALDEN, H. 39, 81; 40, 215. 1903; V. HENRIQUES und J. K. GJALDBAEK, H. 75, 363. 1911.

²⁾ M. TAKEMURA, H. 63, 201. 1909; F. ROGOZINSKI, H. 79, 398. 1912.

³⁾ Siehe dazu V. HENRIQUES und J. K. GJALDBAEK, a. a. O.

⁴⁾ Siehe dazu Zeitschr. f. angew. Chem. 38, 623. 1925.

¹⁾ Naturwissenschaften 11, 172. 1923.

²⁾ Naturwissenschaften 12, 716. 1924.

³⁾ H., im Druck.

⁴⁾ Siehe dazu C. OPPENHEIMER, Das Ende der Moleküle. Unterhaltungsblatt der Vossischen Zeitung, Nr. 498 vom 21. X. 1925.

⁵⁾ Die Fermente und ihre Wirkungen, 5. Aufl., 2. Band, S. 839. Leipzig 1925.

⁶⁾ Noch unveröffentlicht.

In Übereinstimmung damit stehen die neueren Befunde von K. FELIX¹⁾ über die Hydrolyse des Thymushistons durch Pepsin, bei welcher eine erhebliche Zunahme methylierbarer Aminogruppen und eine Abspaltung von freiem Lysin beobachtet worden ist.

Die Frage nach dem Vorkommen polymerer Diketopiperazine in Proteinen haben indessen in einer neueren Untersuchung M. BERGMANN, A. MIEKELEY und E. KANN²⁾ in strukturchemischer Richtung zu vertiefen versucht. Diese Forscher haben den Nachweis geführt, daß hydroxylhaltige Peptide unter gewissen Bedingungen unter Wasserabspaltung in einfache Diketopiperazine mit ungesättigter Seitenkette übergehen und daß diese ungesättigten Anhydride eine ausgesprochene Neigung zur Bildung polymerer Produkte aufweisen. Es ist bemerkenswert, daß diese poly-

meren Anhydride, die von BERGMANN in ihrem „übermolekularen Zustande“ und in anderen Eigenschaften mit den natürlichen Proteinen verglichen werden, für die die strukturelle Aufklärung indessen noch aussteht, bei der Hydrolyse z. B. mit Säure in Tetrapeptide überzugehen scheinen. Ein solcher Übergang polymerer Diketopiperazine in höhere Peptide ist nun von BERGMANN als ein Teilvorgang auch des enzymatischen Abbaus von Proteinen diskutiert worden; mit dieser Annahme ist indessen die beobachtete Abspaltung beträchtlicher Mengen freier Aminosäuren durch Trypsin, das gewöhnliche Peptidbindungen, z. B. in Tripeptiden, nicht zu lösen vermag, noch nicht in Einklang zu bringen. Vielleicht wird die fraktionierte Hydrolyse von Proteinen durch einheitliche enzymatische Individuen, die jetzt zur Verfügung stehen, und die Isolierung ihrer spezifischen Reaktionsprodukte nähere Einblicke in die zugrunde liegenden strukturellen Vorgänge erlauben.

¹⁾ H. 146, 103. 1925.

²⁾ A. 445, 17. 1925.

Probleme der Erdöltechnik.

Von LEOPOLD SINGER, Wien.

Unter den Großindustrien, welche in engem Zusammenhange stehen mit den wirtschaftlichen Verhältnissen — insbesondere denen einzelner Länder, die als Hauptproduktionsstätten von Erdöl in Frage kommen — nimmt die Erdöltechnik eine ganz eigenartige Stellung ein. Während sonstige Großindustrien sich in der technischen Durchführung ihrer Arbeitsprozesse nur oder fast nur von technischen Erwägungen leiten lassen und leiten lassen müssen, ist die Erdöltechnik mit der Erdölwirtschaft bzw. im Wege dieser letzteren mit der allgemeinen Wirtschaft ganz eigenartig verknüpft. An die Verarbeitungsmethoden des Rohmaterials werden ständig wechselnde Ansprüche gestellt, denen, vermöge der besonderen Elastizität des Rohmaterials, der Betrieb auch bis zu gewissen Grenzen folgen kann. Nicht zum geringen Teil in dieser Undefiniertheit der als Erdölderivate (Fraktionen oder Rückstände) auf den Markt kommenden Endprodukte liegt die Möglichkeit, durch Grenzverschiebungen der für ein bestimmtes Material konventionell vereinbarten Charakteristica neuartige und für andere Zwecke dienende Produkte herzustellen. Und nicht zum geringen Teil liegt auch die heute noch vorwiegend empirische Technik der Erdölverarbeitung darin, daß es sich hier eben bis jetzt nicht um wohldefinierte, einheitliche Körper gehandelt hat, sondern um Mischungen aller Art, welche in ihrer Zusammensetzung außerdem noch von der Natur des Rohöles und von den Veränderungen, denen dasselbe im Erdinneren unterworfen wurde, abhängig sind. Diese Eigenheit der Erdöltechnik hat bewirkt, daß ihr immer noch mehr der Charakter des Handwerksmäßigen anhaftet, und daß die Verwertungsmöglichkeiten mehr im Wege einfacher Methoden und Hilfsmittel gesucht und versucht wurden.

Nur so ist es zu erklären, daß ein Naturschatz, wie es (trotz aller voraussichtlich noch aufzufindenden, wenn auch bis heute unbekannten Vorkommen) das Erdöl ist, in der rohesten und barbarischsten Weise „verbraucht“ wird: zum Verbrennen und Verheizen. Diese Methode, ein brennbares Material auf Nimmerwiedersehen los zu werden, liegt weit ab von jenen chemischen Methoden, welche darauf hinzielen, ein gegebenes Rohmaterial „zu veredeln“. Überblickt man jedoch die Fortschritte der letzten ungefähr 15 Jahre, so kann man mit Befriedigung konstatieren, daß dennoch die chemische Veredlung eine immer maßgebendere Rolle in der Erdöltechnik zu spielen beginnt, dies allen Skeptikern zum Trotz, welche alle Bemühungen nach dieser Richtung in das Reich der Utopie verweisen.

Einen sehr wesentlichen Anteil an dieser Sinnesänderung hatte, auch in den Siegerländern, der Krieg. Zum Teil mußte man für das fehlende Erdöl Ersatzstoffe heranziehen, zum Teil sich vom Erdöl emanzipieren, weil es für andere Zwecke als die bisher üblichen dringend benötigt wurde. Man hat also auch hier das in und seit der Kriegszeit so oft geübte Umstellen beobachten können. Die Erdöltechnik ist dieses Umstellen, welches intern für den Betrieb immer einen Krieg bedeutet, seit altersher gewöhnt. Als im Jahre 1859 mit der Erbohrung des ersten Brunnens Erdöl ein Handelsartikel wurde, war es der „Hunger nach Licht“, der ihm den Siegeslauf eröffnete. In dem Konkurrenzkampf zwischen Kerze, Rüböl und Leuchtgas blieb Petroleum (als Hauptprodukt der Erdölverarbeitung) bis zum Auftreten der elektrischen Beleuchtung Sieger. Jedermann, der diese Zeiten mitgemacht hat, erinnert sich, wie rasch die Petroleumlampe, die der Luxus der Reichen war,

der unentbehrliche Bedarfsgegenstand des kleinen Mannes geworden ist und die Petroleumkanne den Weg in fast unerforschte Gegenden aller Kontinente gefunden hat. In dieser Zeitperiode war *größtmögliche Ausbeute an Leuchtöl* das Kriterium der Bewertung eines Rohöles oder einer Rohölverarbeitungsmethode und -einrichtung. Alles andere war nebensächlich. Die leichteren Fraktionen (Benzine) wurden in tausenden von Tonnen verbrannt, die Rückstände hörten erst dann auf, ein Ballast zu sein, als man gelernt hatte, sofern sie paraffinfrei waren, sie unter Kesseln zu verheizen, oder, wenn paraffinhaltig, zu entparaffinieren und dann zu verheizen, oder zum Teil auf Schmieröle und Paraffin aufzuarbeiten.

Die erste große Umstellung kam mit dem Benzinmotor. Der Hunger nach Licht wurde in ungeahntem Ausmaße von der in das fernste Gebirgsdorf dringenden Elektrizität weit besser befriedigt, als von der Petroleumlampe, deren Handhabung mit unzähligen Unannehmlichkeiten und Unglücksfällen verbunden war; weit heftiger trat nun „*der Hunger nach Kraft*“ auf. Er ist heute noch der alles beherrschende Faktor. Was nur irgend Kraft liefern kann, wird herangezogen. Wasser, Luft, vor allem aber Erdöl. So ist Leuchtpetroleumausbeute heute ziemlich gegenstandslos. Der Wert eines Rohöles hängt davon ab, wieviel Kraftstoff aus ihm hergestellt werden kann. Vom rein chemischen Standpunkte einer wünschenswerten Veredelung hat sich Wesentliches nicht geändert. Ob man Rohölprodukte für Lichtzwecke verbrennt oder für Kraftzwecke, kommt im allgemeinen, soweit es das Verbrauchen anlangt, fast auf eins hinaus, wenngleich natürlich der Nutzeffekt bei der Krafterzeugung sich wesentlich günstiger stellt, als bei Erzeugung von Licht, die wärmetechnisch eine ungeheuerliche Verschwendung bedeutet. Ist daher die Umstellung von Leucht- auf Kraftstoff nur bedingt ein Fortschritt im Sinne der Veredelung, so ist sie es chemisch immerhin doch, weil durch die Notwendigkeit, die Ausbeute an Kraftstoff aus Erdöl immerfort zu steigern, chemische Methoden herangezogen werden mußten, wenn auch durch die einigermaßen barbarischen Methoden der pyrogenen Zersetzung, des Zerbrechens der Moleküle, des Krackens.

Diese Umstellung ist naturgemäß im Lande der größten Kraftstoffverbraucher, in den Ver. Staaten, am durchgehendsten erfolgt, und hat die Technik der Erdölverarbeitung revolutioniert. Nun ist der Chemiker, der bisher neben dem Meister eine oft nicht besonders vorteilhafte Rolle gespielt hat, zu seinem Rechte gekommen. Teilweise liegt dies auch darin, daß mit der überlieferten Sage der Reaktionsunfähigkeit, bzw. Trägheit der Paraffinkohlenwasserstoffe angesichts der Tatsache ihrer Zersplitterungsmöglichkeit in niedrigsiedende Kohlenwasserstoffe gebrochen wurde.

Der Besitz von Kraftquellen bedeutet Macht, und so ist Erdöl heute ein größeres Politicum als

selbst Getreide. Man kann ruhig sagen, daß das charakteristischste Gefühl des Mannes von heute das des Überwundenhabens der Entfernungen ist.

Nur ganz wenige Zahlen sollen die außerordentlich große Wichtigkeit des Erdöles als Kraftstoff beleuchten. Nach den offiziellen Zahlen betrug die Weltproduktion im Jahre 1924 141,5 Mill. Tonnen, gleich 1,013 Mill. Faß. 98 Mill. Tonnen entfallen hiervon auf die Ver. Staaten, 21,3 Mill. Tonnen auf Mexiko. Amerika konsumiert etwa 80% des Weltverbrauchs. Die in der Erdölindustrie angelegten Investitionen werden mit 9 Milliarden Doll. angegeben. Bekanntlich ist Baumwolle (mit 1,083 Mill. Doll. Wert) der erste Exportartikel der Ver. Staaten. Unmittelbar darauf folgen Erdöl und Derivate mit 418 Mill. Doll.

Nicht nur durch Krackmethoden wurde die Benzinausbeute gesteigert, sondern auch durch fast restlose Gewinnung des in den Naturgasen enthaltenen Gasolins. So kommt es, daß sich die durchschnittliche Benzinausbeute aus Rohöl Anfang 1925 bereits auf fast 35% stellte und die Gesamtbenzinproduktion der Ver. Staaten im Jahre 1924 auf 24,6 Mill. Tonnen.

Dem Kraftbedarf muß auch in erhöhtem Maße das Heizöl genügen. Der vorletztjährige Heizölkonsum in den Ver. Staaten wird mit 382 Mill. Faß angegeben (allein 63,25 seitens der Eisenbahnen, 73 seitens der Handelsflotte, 6,3 der Kriegsflotte).

Hält man dem gegenüber, daß Ende 1924 in den Ver. Staaten 17,7 Mill. Motorfahrzeuge registriert wurden, für welche durchschnittlich ein Benzinverbrauch von 483 Gall. festgestellt wurde, ferner, daß die Ver. Staaten über 84% aller Personenautomobile der Welt und 74% aller Lastautomobile verfügen, so begreift man die nervöse Angst, von wo dem rapid zunehmendem Hunger nach Kraftstoff Genüge geleistet werden soll. Diese Sorge erstreckt sich aber auch auf die anderen Länder. Nicht mehr als 0,45% der gesamten Handelsflotte hatte im Jahre 1914 Dieselmotoren, 10 Jahre später 3,09%. Damals hatten 2,65% der Schiffe Ölheizung, heute 26,79%. In 10 Jahren hat sich die Welttonnage an Tankschiffen vervierfacht.

Betrachtet man angesichts dieser Zahlen und des jedenfalls beschränkten Vorrates an Erdöl im Erdinneren die Sachlage, so kommt man zur logischen Folgerung, daß die ganze Verwertungstendenz, die darauf hinausläuft, aus dem Erdöl immer mehr Kraftstoff zu gewinnen, so wie man durch Dezennien bestrebt war, immer mehr Leuchtstoff zu gewinnen, verfehlt ist. Daher sind es auch die Fabriksverfahren, insoweit sie *nur* in diese Richtung zielen. Die Suche nach Ersatzstoffen und ganz besonders nach solchen, die sich regenerieren oder durch Anbau kultivieren und regelmäßig ernten lassen, ist daher nicht nur berechtigt, sondern Pflicht. Die Entlastung, welche die Erdölindustrie durch die Kultur und Heranziehung von Ersatzstoffen erfährt, gestattet, ungeheure

Mengen für *wirkliche* Veredlungszwecke freizubekommen.

Dr. WISCHIN und der Verf. haben vor Dezenen bereits diesen Standpunkt verfochten, jedoch mit ihrer Auffassung nur den Spott jener prinzipiell konservativen Elemente geerntet, die jede Möglichkeit einer Entwicklung der Erdölindustrie zu einer wirklich chemischen Industrie als glatte Utopie lächerlich gemacht haben.

Zur Stunde aber ist die Erdöltechnik mitten in dieser zweiten Umstellung, in eben dieser Entwicklung zur Großindustrie chemischer Produkte begriffen. Diese Umstellung erfolgt allerdings nicht so stürmisch, wie die obenerwähnte von Leuchtstoff auf Kraftstoff, aber sie vollzieht sich zielbewußt, denn die amerikanischen Chemiker haben sich nach langer Lethargie des Problems bemächtigt und verfolgen dessen Durchführung mit der ihnen eigentümlichen Zähigkeit und mit dem nur ihnen zu Gebote stehenden Aufwand an Mitteln. Wer die amerikanische Erdölindustrie der letzten 15 Jahre verfolgt, muß die fieberhafte Hast, mit der ein Problem das andere jagt, feststellen, aber auch, daß man sich drüben über die Probleme selbst klar ist. War bisher die Erdöltechnik in ganz ungehörlichem Ausmaße von dem Stande der Maschinentechnik abhängig, so daß der Chemiker sich in der Auswahl des „Futters“ jeweils der Maschine anpassen mußte — woraus die Flut der „Lieferungsbedingungen“ entsprungen ist — so kommt man heute immer mehr zur Erkenntnis, daß Rechte und Pflichten denn doch gerechter als bisher zwischen Erdöl und Maschine aufgeteilt werden müssen.

Das Glück des Forschungsschemikers, vor neuen praktisch wichtigen Problemen zu stehen, ist wohl größer, als das des Betriebsleiters, dessen Betriebsführung wohl noch nie so unruhig war, wie eben jetzt.

Will man sich in dieser Überfülle von Problemen wenigstens einigermaßen zurechtfinden, so muß man sie gruppenweise zusammenfassen, etwa als Gewinnungs-, Fabrikations-, Verlustprobleme, solche der Lagerung und des Transportes, der Veredelung, der Verwendung, Untersuchungsprobleme, Ersatzprobleme, und endlich Probleme allgemeiner Art, die sich auf internationale Regelungen beziehen.

Man sieht schon aus der nackten Anführung dieser Gruppen, wie sehr hier alles fließt. Im nachfolgenden sollen diese Probleme des näheren erörtert werden, doch kann dies selbstverständlich nur ganz andeutungsweise geschehen, da jedes Problem für sich schon den Rahmen eines Aufsatzes wesentlich überschreiten würde.

Gewinnungsprobleme.

Die gegenwärtige Methode besteht bekanntlich im Niederbringen von Rohren, wobei man, wenn man überhaupt den Ölhorizont anfährt, nur 10–20% der im Gestein aufgespeicherten Erdölmengen zutage fördert. Von den Zufälligkeiten,

die mit einer wichtigen Rolle spielen und von denen abhängt, ob man fündig wird oder nicht, etwa richtige Wahl des Bohrpunktes, Beschaffenheit der durchbohrten Schichten, Wassereinbrüche usw. sei hier ganz abgesehen. Auch ohne diese Zufälligkeiten ist jede Bohrung mit einem großen Risiko und einem hohen Unsicherheitsfaktor verbunden. Ganz bedeutende Schulung des Personals, unendliche Geduld und unter Umständen jahrelange Arbeit sind erforderlich, insbesondere, wenn es sich, wie beispielsweise in Polen, um bedeutende Tiefen (bis fast 2 km) und schwierige Terrainverhältnisse handelt. Das Bestreben der Techniker geht demzufolge einerseits dahin, die Bohrmethoden zu verbessern, Schnellbohrsysteme einzuführen, andererseits dahin, mit dem Bohrsystem gänzlich zu brechen und zu der ursprünglichen, bergmännischen Gewinnung durch Schacht- und Stollenbetrieb, aber selbstverständlich mit den wesentlich verbesserten Hilfsmitteln der modernen Technik zurückzukehren. Solche Versuche sind von SCHNEIDERS und CHAMBRIER zuerst in Pechelbronn mit Erfolg begonnen worden und finden nunmehr verschiedenenorts Nachahmer. Die Ölausbeute ist bei dieser Arbeitsmethode eine wesentlich höhere. Wo ölhaltige Sande oder leicht extrahierbare Materialien zutage gefördert werden, ist die Ausbeute ein Vielfaches der durch die Rohrmethoden erzielten. Das große Gefahrenmoment ist aber hier nicht zu unterschätzen.

Eine noch zu erwähnende Verbesserung bezieht sich, worauf nur kurz hingewiesen sei, auf Wiederinbetriebsetzung verlassener Sonden, bzw. solcher, die nur in relativ bescheidene Tiefen niedergestoßen worden sind, weil die seinerzeitigen technischen Hilfsmittel es noch nicht ermöglichten, tiefer zu gehen, oder größere Rohrdurchmesser zu wählen, oder aber solcher Sonden, welche verunlückt sind und sich wieder instand setzen lassen.

Bevor also das Erdöl überhaupt den Weg in die Fabrik nimmt, tauchen schon zahllose Probleme auf, von deren Lösung die Gesteungskosten des Erdöls abhängen.

Das zumeist nicht rein, sondern mit Gas, Sand und Begleitwasser verunreinigte Erdöl bedarf einer Vorreinigung, die sich besonders dann schwierig gestaltet, wenn das Gemisch einen emulsionsartigen Charakter hat. Eine rohe Scheidung von Gas und Öl, bzw. Öl und Gestein genügt nicht, weil das Gas Ölteile mit sich reißt, das Öl Gase absorbiert hält, die beim Lagern verdunsten, und weil die anorganischen Bestandteile den Destillationsprozeß stören und die Apparatur schädigen. Unter Umständen vermögen auch die besten Methoden nicht, die Öle auf billige Weise zu entwässern. Im großen Maßstabe wird z. B. die elektrische Entwässerung in Kalifornien verwendet, hat aber aus noch unaufgeklärten Gründen bei anderen Ölen versagt. Es gilt hier eine ganze Reihe kolloid-chemischer Probleme auf rationellem Wege und von Fall zu Fall anders zu lösen. Auf

die Störungen durch Verstopfen der Rohre durch Röhrenwachs sei hier nur hingewiesen.

Die Begleitwässer werden bisher im großen und ganzen verloren gegeben, obwohl eine Fülle von Problemen gerade hier vorliegt, auch wenn man die Aufbereitung der Begleitwässer nicht im Hinblick auf die Hygiene der Flußläufe, bzw. der Kulturen vorzunehmen beabsichtigt, sondern behufs Gewinnung der in den Begleitwässern vorhandenen Stoffe. Neuerdings hat man beispielsweise im Baku-Distrikt einen beträchtlichen Jodgehalt der Begleitwässer festgestellt und rechnet aus, daß allein jährlich dort 200 Tonnen Jod ins Meer gelangen.

Fabrikationsprobleme.

Der Verarbeitungsvorgang ist seit Dezennien im Wesen der gleiche geblieben; Zerlegung des komplizierten Kohlenwasserstoffgemisches im Wege der Wärmezufuhr, durch *Destillation* in einzelne „Fraktionen“ und eventuelle Reinigung, *Raffination* einzelner Fraktionen auf chemischem Wege durch Reagenzien aller Art. Unter Umständen kann die Raffination der Destillation auch schon beim Rohöl selbst vorangehen oder in die Destillationsphasen eingeschoben werden; in der Regel geht aber die Destillation der Raffination voran. Die Destillation ist entweder konservierend, so gut sie es vermag, trachtet also die Körper, wie sie im Rohöl sind, unverändert herauszuholen und bloß zu gruppieren, oder destruktiv, zersetzend, indem sie die großen Molekülkomplexe aufspaltet, oder aber es werden, und dies ist heute die Regel, mit einem Rohöl beide Destillationsmethoden vorgenommen, die leichter entfernbaren Teile werden erst entfernt, gewisse Anteile dann zersetzt, „gekrackt“.

Welcher Weg im Einzelfalle einzuschlagen ist, richtet sich weniger nach rein chemischen Beweggründen, sondern ist hauptsächlich von wirtschaftlichen Momenten, vom Bedarf an gewissen Endprodukten, heute vor allem für Kraftstofferzeugung, abhängig. Darin liegt der überaus labile Charakter der Erdölverarbeitung und für den Bau einer Raffinerie das überaus schwierige Problem, eine Anlage zu schaffen, die alle Mittel enthält, um rasch wechselnden Konjunkturverhältnissen reibungslos Folge leisten zu können und doch das Maß der nötigen Investitionen, angesichts der erdrückend großen Konkurrenz, auf ein Minimum zu beschränken. Diese Forderung nach weitgehendster Anpassungsfähigkeit unterscheidet die Erdölraffinerieindustrie von allen anderen chemischen Großindustrien.

Was man heute nun mit Gruppenbezeichnungen: Benzin, Leuchtöl, Schmieröl, Paraffin, Vaseline, Asphalt, Pech, Gudron, Koks usw. versteht, hat nur bestimmte, bzw. in gewissen Grenzen vorgeschriebene Gruppeneigenschaften und ist in keinem Falle ein einheitlicher Körper. Die gesamte Technik der Erdölverarbeitung dreht sich heute um Gruppenkombinationen und Verschie-

bungen aller Art. Auf die unzähligen, wärmetechnischen, kolloidchemischen und rein chemischen Probleme, die hierbei auftauchen, verbietet der Raum, näher einzugehen. Nur auf das Krackproblem sei hier kurz eingegangen. Unzählige Köpfe bemühen sich, Aufklärung über den Vorgang der pyrogenen Zersetzung der Kohlenwasserstoffe zu gewinnen, um daraus den richtigen und ökonomischen Weg für die Großbetriebsarbeit abzuleiten, und ebensoviel Ingenieure sind bestrebt, die Apparaturen zu konstruieren, die den hohen Anforderungen in bezug auf Temperatur und Druck standzuhalten vermögen, so daß bei möglichst großer Ausbeute an Benzin von möglichst guter Qualität die Apparatur gefahrensicher und unter möglichst geringem Brennstoffmaterialaufwand die denkbar höchste Leistungsfähigkeit erreicht. In jüngster Zeit ist hier, was die chemische Seite des Problems anlangt, ein außerordentlich wichtiger Tendenzumschwung zu verzeichnen, insbesondere was die Verwertung der teils in den Gasen, teils in den flüssigen Körpern, die beim Krackprozeß entstehen, vorhandenen ungesättigten Kohlenwasserstoffe anlangt. Diese letzteren wurden plötzlich als höchst wünschenswerte und reaktionsfähige Ausgangsmaterialien für die verschiedensten chemischen Individuen erkannt, während sie solange als „schädliche Bestandteile oder Abfall“ die Rolle des unerwünschten Nebenproduktes spielen mußten.

Die Raffinationsprobleme sind ebenfalls in den letzten Jahren ganz anderen Auffassungen als bis dahin begegnet. Auch hier war das Steckenpferd immer wieder: für gewisse Zwecke, z. B. Leuchtpetroleumherzeugung, immer unter Berücksichtigung bestimmter Apparaturen, z. B. Lampen, als „schädlich“ geltende Bestandteile zu entfernen: z. B. durch Schwefelsäureraffination als Säureharze, oder durch Laugenbehandlung als Naphthensäureseifen, oder aber, wie bei der Schmierölraffination unter Aufopferung wertvoller Bestandteile, um gewissen äußeren Anforderungen, z. B. auf Farbe und Durchsichtigkeit, zu entsprechen. Gerade hier spielt das Problem der schonenden Zerlegung eine bedeutende Rolle. Es sei daher nur der Gegenüberstellung wegen, der chemischen sog. Reinigungsmethode mit Schwefelsäure der physikalischen Trennungsmethode mit flüssiger schwefeliger Säure Erwähnung getan. Wie denn überhaupt die minder oder fast nicht zerstörenden physikalischen Methoden immer mehr in der Erdöltechnik Eingang finden. Hierher gehören in erster Linie die in den verschiedensten Formen heute bereits im Großbetriebe geübten Adsorptionsmethoden mit Hilfe fester Adsorptionsmittel: Fullererde, Silikagel, Bentonit, Bauxit, aktiver Kohle, zum Zwecke der Entfärbung, Desodorisierung, auch Entschwefelung, obwohl für diese noch immer die chemischen Methoden obenan stehen. Diese physikalischen Methoden spielen in der Zylinderöl-, Paraffin- und Vaselinefabrikation seit langem eine bedeutende Rolle. Auch die Abscheidung des

Gasolins aus Naturgas ist ein Problem, welches zahlreiche Wandlungen durchgemacht hat. Man kann aber sagen, daß hier die Erdöltechnik relativ am weitesten vorgeschritten ist, und auch die Reindarstellung der Kohlenwasserstoffe, deren hier nicht allzu viele sind, bereits im Bereich der technischen Durchführbarkeit liegt, so daß sie als Ausgangsmaterialien für chemische Veredelung dienen können.

Verlustprobleme.

Die Vermeidung der *Vergasungsverluste* während der Lagerung und des Transportes innerhalb der Gruben, von den Gruben zur Fabrik und während der Fabrikation, ist hauptsächlich ein apparatives Problem, während die Herabdrückung der *Verarbeitungsverluste* ein mehr chemisches Problem vorstellt, da es sich darum handelt, so wenig als möglich Abfallprodukte zu erzeugen und, soweit dies unvermeidlich ist, dieselben in solcher Form auszuschcheiden, daß ihre Wiederverwendung möglich ist. Die Destillation gibt „rote Schmieren“, Abgase, pech- und asphaltartige Rückstände, Öl-Wasseremulsionen (Bodensätze), die Raffination die beiden Hauptsorgenkinder des Betriebes, Säureharze und Abfallaugen, die beide unter Umständen eine rationelle Betriebsführung in Frage stellen. Das Problem der Säureharzaufarbeitung ist heute von ganz wenigen Ausnahmen, wo besonders günstige Zustände vorwalten, abgesehen, noch ungelöst. Von der Verwertung der Laugenabfälle zur Naphthensäurenherstellung war insbesondere während des Krieges allüberall die Rede, aber auch hier sind namhafte Fortschritte und eine befriedigende Lösung noch nicht zu verzeichnen, und im Zusammenhange damit steht die Herabminderung der durch die chemische Raffination unvermeidlichen hohen Materialverluste. Man geht daher, wie schon angedeutet, immer mehr zu Methoden über, welche die Verlustziffer wesentlich herabdrücken, und auf die Kohlenwasserstoffe nicht so radikal wie die chemischen Methoden einwirken. Hierher gehören, wie schon angedeutet, die Methoden der Verwendung fester Adsorptionsmittel: Misch- und Filtrationsmethoden.

Lagerungs- und Transportprobleme.

Zum Teil fällt dieses Problem mit dem Verlustproblem zusammen, soweit es sich um Vermeidung der Verluste durch Verdunstung handelt, zum Teil mit der Abscheidung mitgerissener Sand- und Wassermengen und sog. Bodensätze, die bei Ölen asphaltisch-paraffinigen Charakters besonders häufig auftreten und zum Verlegen der Rohrleitungen im Falle ungenügender Abscheidung führen. Man hilft sich hier neuerdings teilweise auch mit Heizmethoden, kombiniert mit Zentrifugenmethoden, doch gibt es Öle, die außerordentlich schwer zu behandeln sind.

Veredelungsprobleme.

Hier sind wir im eigentlichen chemischen Fahrwasser. Die Methoden durch Oxydation, Halo-

genisierung, Hydrierung, Sulfurierung, Nitrierung, sowie durch Kombination dieser und pyrogener Methoden zu neuen Körpern, evtl. einheitlichen Verbindungen zu gelangen, datieren in ihren Anfängen weit zurück. Der allergrößte Teil des hierüber in der umfangreichen Literatur Niedergelegten ist niemals über das Laboratorium hinaus gelangt, aber gerade hier hat sich, und besonders in den Ver. Staaten, ein ganz bedeutender Umschwung vollzogen, und gerade hier sind unzählige Bemühungen am Werke, die in relativ kurzer Zeit bereits zu Großbetriebsausführungen gediehen sind.

Eine Zeitlang war das Problem der *Verseifung* der Erdölkohlenwasserstoffe bzw. der *Herstellung von Alkohol* jenes, das alle Köpfe beschäftigte. Es ist dann während des Krieges neuerdings aufgetaucht, hat eine umfangreiche Patentliteratur gezeitigt, und zwar geht der Weg der Versuche entweder dahin, die Oxydation direkt durchzuführen, oder auf dem Umwege der Chlorierung, neuerdings der Sulfonierung, und gerade dieser letzte Weg ist jener, der praktische Erfolge aufzuweisen hat, die Herstellung beispielsweise von Isopropylalkohol ist Gegenstand des Betriebes bereits einiger amerikanischer Fabriken.

Chlorierte Erdölprodukte haben seit langer Zeit bedeutenden Wert, es sei nur an Äthylchlorid für Kälteerzeugung oder als Anästheticum, an Chloroform oder an Tetrachlorkohlenstoff erinnert. Die Hydrierung von Kohle und flüssigen Kohlenwasserstoffen braucht hier um so weniger hinsichtlich ihrer Tragweite erwähnt zu werden, als ja eben jetzt das BERGIUS-Verfahren, allerdings zum Teil in recht unsachgemäßer Weise, Gegenstand zahlreicher Ausführungen in der Tagespresse ist. Neben dem BERGIUS-Verfahren sind es noch andere, welche auf anderem Wege die Hydrierung der Kohlenwasserstoffe durchzuführen bemüht sind; die Schwierigkeiten gerade auf diesem Gebiete sind hier weit größer als auf dem der Fetthärtung. Die Sulfurierung führt bei gewissen Ölen zu technisch wertvollen Körpern. Bis jetzt sind für die sog. Ichthyole allerdings nur besondere Schieferöle das Ausgangsmaterial, aber, wie schon erwähnt, gelang man im Wege der Sulfurierungsprodukte zu Alkoholen usw.

Während des Krieges hat die Nitrierung eine hervorragende Rolle gespielt und war sowohl in Deutschland, wie in den Siegerstaaten Gegenstand fabrikatorischer Durchführung. Hier handelte es sich obenan um die Herstellung von Trinitrotoluol, wozu gewisse, an aromatischen Körpern reiche Erdöle bzw. Erdölfractionen, hervorragend geeignet sind.

Von diversen Verfahren, die kurz erwähnt sein mögen, steht das der Kautschukgewinnung im Wege der Isoprendarstellung obenan. Das Problem, in hoher Ausbeute durch pyrogene Zersetzung bei hoher Temperatur aromatische Kohlenwasserstoffe zu erhalten, war schon vor Dezennien, insbesondere von russischen Forschern, aufgenom-

men worden und hat während des Krieges in Amerika eine große Rolle gespielt, als man für das RITTMANN-Verfahren große Mittel bereitstellte; dieses hat aber die Erwartungen nicht erfüllt. Den Hinweis auf die Möglichkeit der Herstellung synthetischer Riechstoffe aus Erdöl macht bereits WISCHIN, und ich selbst habe mich nach dieser Richtung vor rund 30 Jahren bemüht, damals ohne greifbaren Erfolg.

Diese kurzen Andeutungen mögen genügen, um auf den nicht zu verkennenden Tendenzumschwung der Erdölverarbeitung hinzuweisen, so sehr auch zugestanden werden muß, daß es sich erst in den Anfängen befindet. Im Maße — und dies sei hier wiederholt — Ersatzstoffe für Kraft- und Wärmelieferung Erdöl für andere Zwecke frei machen, wird sich auch die chemische Erdölverarbeitung auf breitere Basis stellen können.

Verwendungsprobleme.

Aus der Legion dieser Probleme seien hier nur angedeutet das des „Löslichmachens“, richtiger „Emulgierens“, der Steigerung der Wirtschaftlichkeit, da, wo Erdöle zur Energieerzeugung dienen, denn der Nutzeffekt ist auch bei den besten Einrichtungen heute ganz unbefriedigend, das große Problem der Schmierung an sich, der Ökonomisierung des Vorganges und der Verbesserung der vorhandenen Einrichtungen, das neuerdings so viel behandelte Problem des Klopfens der Motoren und der zur Vermeidung dieses Übelstandes dienenden Antidetonationsmittel. Das Problem der Transformatoren- und Schalteröle, der gummibildenden Bestandteile im Gasolin, der Kohlenstoffabscheidungen in den Motoren, der Verwertung der Auspuffgase und unzählige andere.

Untersuchungsprobleme.

Die rein wissenschaftlichen Methoden kommen hier nicht in Frage, wohl aber das Problem der *einheitlichen* Untersuchungsmethoden, ein Doppelproblem, denn es handelt sich einerseits um die Methoden an sich, andererseits um die Beziehung gleichen Zwecken dienender Methoden auf einander und die Schaffung einer einheitlichen Bewertungsmethode, gewissermaßen einer Umrechnungsstelle, eines internationalen Eichamtes. Die durch Jahre hindurch fortgesetzten Bemühungen der internationalen Petroleumkommission sind durch den Krieg zum Stillstand gekommen. Nationale Komitees haben für die einzelnen Länder einheitliche Methoden aufzustellen und vorzuschreiben versucht. Auch Umrechnungstabellen aller Art, z. B. für Viscositätsbestimmungen und Umrechnungsformeln, existieren. Es ist aber erforderlich, wenn die Resultate allgemein gültigen und unanfechtbaren Wert haben sollen, ein international anerkanntes, absolutes Maß zu verwenden. Davon ist man heute noch weit entfernt, und damit hängen zum Teil die Schwierigkeiten der sachgemäßen Aufstellung von internationalen Lieferungsbedingungen, sowie auch die der sach-

gemäßen Lieferung auf Grund solcher Bedingungen zusammen. Es sind sehr oft nicht wesentlich technische, sondern nebensächliche wirtschaftliche oder maschinentechnische Ursachen, denen bestimmte Lieferungsbedingungen entsprechen müssen, zum Teil liegt die Ursache auch in Konkurrenzmanövern.

Die Untersuchungsprobleme beschäftigen gerade hier auch den Ingenieur in hervorragendem Maße; ihm fehlen einwandfreie Unterlagen in zahlreichen Fällen, insbesondere für Dimensionierung der Apparate. Er rechnet mit angenommenen Größen für spezifische und latente Verdampfungswärmen, für Wärmetransmission von Öl zu Wasserdampf, Metall und hilft sich mit reichlicher Überdimensionierung, wofür der Fabrikant bedeutende Mehrsummen auslegen muß.

Wie sehr die Frage des Klopfens der Motoren, der Kohlenstoffausscheidung oder der Explosionen in Kompressoren ebenso ein maschinentechnisches als chemisches Problem ist, weiß jeder Fachmann; allerdings ist der Maschinenfabrikant stets gewöhnt, alle Schuld im Falle von Übelständen auf das Konto des Chemikers zu schreiben.

Ersatzprobleme.

Zu dem hierüber einleitend und an verschiedenen Stellen bereits Gesagten sei nur hinzugefügt, daß heute das Problem der Schieferölerzeugung und -verarbeitung obenan steht. Daneben laufen die Probleme der Heranziehung vegetabilischer und animalischer Öle, die Probleme aus relativ billigen und jederzeit in ausreichendem Maße zur Verfügung stehenden Ausgangsmaterialien (z. B. Kohle und Wasser) synthetisch Ersatzstoffe herzustellen. Es sei hier nur an die Bemühungen von FISCHER und der Badischen Anilin- und Sodafabrik erinnert. Auch das Thema der Ersatzschmieröle ist ständig auf der Tagesordnung, und es hat während des Krieges bei den Mittelmächten jahrelang den Arbeitsprozeß fast ganz beherrscht.

Allgemeine Probleme.

Man kann hierüber alle Fragen der Vereinheitlichung der Vorschriften in bezug auf internationalen Transport und internationale Lagerung und im Hinblick auf Sicherheit einordnen, dazu kommen die Handelsusancen, die Vorschriften für die Verwendung von Ölen im Haushalte, da in den Ver. Staaten in den letzten Jahren die Ölheizung im Haushalte dank der unermüdlichen Propaganda daselbst außerordentlich zugenommen hat u. a. m. Die kolossale Entwicklung des Luftzeugverkehrs schiebt eben jetzt derartige einheitliche Regelungen unerbittlich in den Vordergrund. Gleichartige Benzinsorten, gleichwertige Schmieröle werden für die einzelnen Luftfahrtstrecken, die durch die verschiedensten Gebiete führen, erforderlich, und internationale Übereinkommen nach dieser Richtung, technische Schiedsgerichte in Streitfällen, sind unvermeidlich.

Überblickt man das Gesagte, so zeigt sich, daß,

vom chemischen Standpunkte aus betrachtet, die Erdölindustrie, trotzdem sie bald ihr 70jähr. Jubiläum feiert, doch eine noch junge Industrie ist, eine Industrie, die im Gegensatz zu anderen, chemisch weit durchgearbeiteten Industrien dem wissenschaftlichen und technischen Chemiker eine Fülle von ungelösten Fragen stellt, deren Beantwortung der Natur der Sache nach unendlich schwieriger ist, als selbst in der ja so oft als Vorbild ungeahnter chemischer Entwicklung vergleichsweise gegenübergestellten Steinkohlenteerindustrie.

Besprechungen.

PAYNE, C. H., *Stellar Atmospheres, a Contribution to the Observational Study of High Temperature in the Reversing Layers of Stars*. Cambridge, Mass.: Harvard Observatory 1925. 215 S. Preis 2½ Dollar.

H. SHAPLEY, Direktor des Harvard College Observatory, kündigt in dem Vorwort zu dem vorliegenden Buch als neuen Weg, auf dem größere zusammenhängende Forschungsergebnisse des Harvard Observatoriums der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden sollen, die Herausgabe von einzelnen Monographien an. Zum Bedauern des Herausgebers können diese Monographien nicht, wie die *Annals*, *Circulars* und anderen Veröffentlichungen des Harvard Observatoriums an andere wissenschaftliche Institute kostenlos abgegeben werden, ein Teil der Kosten soll jedoch durch besondere Mittel gedeckt werden, so daß der Verkauf unter Selbstkostenpreis stattfinden kann.

Den ersten Band dieser Monographien bildet Miss PAYNES Studie über Sternatmosphären. Das Buch dürfte für jeden, der sich mit Sternspektren beschäftigt, unentbehrlich sein, erstens der Fülle neuen Materials wegen, das hier zum ersten Male mitgeteilt wird, und zweitens als allgemeines Nachschlagewerk. Der Umstand, daß das behandelte Gebiet ganz neu, stark im Fluß und in wesentlichen Punkten noch vollkommen ungeklärt ist, verleiht dem Buch ein eigenartiges Gepräge. Es ist wie der Blick in die Werkstatt eines Forschers, eines außerordentlich rührigen Forschers, mit dessen Denkweise und Methoden der Leser eng in Fühlung kommt, wozu die bündige, klare und sehr übersichtlich unterteilte Darstellung viel beiträgt.

Das Buch ist in 3 Teile gegliedert, von denen der erste gewissermaßen eine Einleitung bildet, indem er noch nicht auf das eigentliche Thema der Ionisation eingeht, sondern alles das, was ohne Ionisationstheorie über Sternspektren auszusagen ist, zusammenfaßt. Ein kurzes einleitendes Kapitel führt in die physikalischen Grundbegriffe der Atomtheorie ein; als neu und interessant sei hierbei erwähnt, daß in eine Tabelle der Ionisationspotentiale der Elemente neben den rein physikalisch (durch Anlegen elektrischer Spannung) und spektroskopisch (aus der Termdarstellung von Linien) gewonnenen Werten auch eine größere Anzahl von Werten eingesetzt werden konnte, die astrophysikalisch durch das Auftreten von Linien in bestimmten Sterntypen geschätzt wurden. Sodann wird die aus spektralphotometrischen Messungen abgeleitete Temperaturskala der Sterne behandelt, wobei heute die Hauptschwierigkeit darin liegen dürfte, daß jedem Spektraltyp nicht eindeutig eine Temperatur zugeordnet ist, sondern daß Riesen- und Zwergsterne desselben Typus verschiedene spektralphotometrische Temperatur zeigen. Das nächste Kapitel bringt eine Zusammenfassung über die für das folgende besonders wichtige Frage nach

Zur Zeit ist der Umschwung nicht zu verkennen, es gibt kein Hilfsmittel der wissenschaftlichen und technischen Physik und Chemie: Elektrizität und ultraviolette Strahlen, Kolloidchemie, ja selbst Bakterienkunde werden herangezogen. Die rege Tätigkeit, die hier herrscht, kennzeichnet sich wohl am besten durch die ungeheuer angeschwollene Literatur der letzten 15 Jahre und die großen Anwendungen, die gemacht werden, Laboratoriumserkenntnisse auch raschestens großbetriebstechnisch zu verwerten.

dem Druck in den Sternatmosphären, wobei 7 Möglichkeiten aufgezählt werden, die allerdings meist nur sehr roh und hypothetisch eine Schätzung des Druckes zulassen: Druckverschiebung von Spektrallinien, Schärfe der Linien, Weite der Linien, Flash-Spektrum, Gleichgewichtstheorie der äußeren Schichten der Sonne, beobachtete Grenze der Balmer-Linien, Ionisationserscheinungen. So unsicher diese Schätzungen im einzelnen sind, kann es doch keinem Zweifel mehr unterliegen, daß wir höchstens mit einem Druck von 10^{-4} Atmosphären in den Schichten der Sternatmosphären zu rechnen haben, in denen die Absorptionslinien entstehen. Den Schluß des ersten Teiles des Buches bildet eine nützliche, nach Elementen geordnete Zusammenstellung des Vorkommens und astrophysikalischen Verhaltens der wichtigsten Sternlinien, deren Ursprung und Serienzuordnung bekannt sind.

Der zweite Teil des Buches ist der wichtigste, er bringt die physikalische Deutung der Linien in Sternspektren nach der Ionisationstheorie. Man muß hier zunächst noch, da wir noch ganz im Pionierstadium stecken, einfache Vorstellungen zugrunde legen: eine strahlende Oberfläche, die das kontinuierliche Spektrum liefert, darüber eine dünne absorbierende Schicht, in der die Absorptionslinien bei einem Druck von weniger als 10^{-4} Atmosphären entstehen. Wenn man nun verschiedene Temperaturen der absorbierenden Schicht annimmt, entsprechend den spektralphotometrischen Sterntemperaturen, so findet man eine qualitative Bestätigung der Voraussagen, die nach der Ionisationstheorie gemacht werden können. Die bei niedrigsten Temperaturen stark auftretenden Linien der neutralen Atome werden mit wachsender Temperatur schwächer, wenn die Ionisation einsetzt. Von den Linien der ionisierten Elemente beginnen nun mit steigender Temperatur zuerst die Linien zu erscheinen, die von den niedrigsten Energieniveaus ausgehen; bei weiterem Fortschreiten zu höherer Temperatur werden diese Linien wieder schwächer, während die von den höheren Niveaus ausgehenden Linien verstärkt erscheinen. So scheint qualitativ das Prinzip der Ionisationstemperaturen, das ursprünglich von EGGERT begründet und dann von SAHA, RUSSELL u. a. auf Sternatmosphären angewandt wurde, im allgemeinen durch die Sternspektren bestätigt zu sein. Zu einer eingehenden quantitativen Prüfung aber ist vor allem eine Kenntnis der Linienintensitäten in Sternspektren erforderlich, und hierzu bringt Miß PAYNE umfangreiches eigenes Beobachtungsmaterial. In einer Tabelle sind, übersichtlich nach ihrer Serienzuordnung geordnet, die wichtigsten in Sternspektren vorkommenden Linien zusammengestellt und ihre Intensitäten für die verschiedenen Spektralklassen mitgeteilt auf Grund von Schätzungen, die durch Vergleich mit einer Normal-

skala ausgeführt wurden. Diese beobachteten Linienintensitäten sind mit der von FOWLER und MILNE entwickelten Theorie der Ionisationstemperaturen in Sternatmosphären zu vergleichen. Man berechnet, wann das Maximum einer bestimmten Linie auftreten muß, das im wesentlichen von den 2 Parametern Druck und Temperatur abhängt. Bei angenommenem Druck (10^{-4} Atmosphären) wird die Temperatur des Maximums verglichen mit der spektralphotometrisch bestimmten Sternatmosphäre der Spektralklasse, bei welcher die betreffende Linie ihr Maximum hat. Schon FOWLER und MILNE erkannten bei solchen Vergleichen, daß große Unstimmigkeiten vorhanden waren, indem die Hauptserien und die Nebenserien einiger ionisierter Elemente grundverschiedene Werte lieferten, daß also mit diesen einfachsten Voraussetzungen nicht auszukommen war. Sie verließen deshalb die einfache Annahme konstanten Druckes, d. h. die Annahme, daß alle Linien in derselben Höhenschicht entstehen, und führten versuchsweise die Hypothese ein, daß der Druck (genauer der Partialdruck der freien Elektronen), an der Stelle der Sternatmosphäre, wo die Linie entsteht, umgekehrt proportional der maximalen Häufigkeit der Atome in dem für die betreffende Linie erforderlichen angeregten Zustand sei. Die Wahrscheinlichkeit dieser Hypothese erscheint anschaulich in der Überlegung, daß, je größer die Häufigkeit der geeigneten absorbierenden Atome ist, wir um so weniger tief in der betreffenden Wellenlänge in den Stern hineinschauen können, daß also der Druck der Schicht, in welcher die Linie entsteht, um so geringer ist. Diese Hypothese wird von MIß PAYNE einer erweiterten Kritik unterzogen und für die Spektralklassen, für welche zuverlässige spektralphotometrische Temperaturen vorliegen, bestätigt gefunden. Nach dieser Bestätigung kann wiederum diese Beziehung dazu dienen, um für die heißesten Sterne, für welche spektralphotometrische Temperaturen noch nicht glaubwürdig bekannt sind, die Temperaturen festzulegen.

Der dritte Teil des Buches beschäftigt sich mit einigen speziellen Problemen. Ein kurzes Kapitel ist zunächst der astrophysikalischen Auswertung von physikalischen Konstanten gewidmet; wobei die Bestimmung der Rydberg-Konstante aus dem Heliumspektrum durch PLASKETT, die schon oben erwähnte Bestimmung kritischer Potentiale durch MIß PAYNE selbst, und MILNES Untersuchungen über die Verweildauer von Atomzuständen geschildert werden. Von Spezialproblemen, die der Rätsel noch voll sind, werden die Sterne vom O-Typus, die Sterne der A-Klasse und die Sterne mit c-Charakter (d. h. mit besonders scharfen Linien) besprochen. Schließlich wird die Frage nach der relativen Menge der einzelnen Elemente in den Sternatmosphären behandelt, wobei als Beobachtungsgrundlage das beginnende Auftreten und Verschwinden der Linien in der Reihe der Spektralklassen dient. Die von MIß PAYNE abgeleiteten relativen Mengen bestätigen die schon von RUSSELL und PLASKETT diskutierte Erscheinung, daß die Zusammensetzung der Sternatmosphären im wesentlichen dem Mengenverhältnis der einzelnen Elemente in unserer Erdkruste zu entsprechen scheint.

Das Erscheinen des ausgezeichneten Buches von MIß PAYNE bedeutet einen entscheidenden Punkt in der Geschichte des Problems der Sternatmosphären. Zum erstenmal ist ein vollständiger Überblick über den gesamten Stand des Problems gegeben, und das astrophysikalische Beobachtungsmaterial zusammenhängend mit den Forderungen der jungen Ionisationstheorie verglichen. A. KOHLSCHÜTTER, Berlin-Potsdam.

Probleme der Astronomie. Festschrift für HUGO v. SEELIGER, dem Forscher und Lehrer zum fünfundsiebzigsten Geburtstage. Unter Redaktion von H. KIENLE. Berlin: Julius Springer 1924. IV, 475 S., 58 Abb., 3 Tafeln und 1 Titelbild. Preis 45 Goldmark.

Für einen Gelehrten kann es wohl kaum eine schönere Ehrung geben als die Anerkennung seiner Fachgenossen und Liebe und Verehrung von seiten früherer Schüler. Daß Prof. H. v. SEELIGER während seiner zweiundvierzigjährigen Tätigkeit als Direktor der Sternwarte und Professor der Universität München sich diese in hohem Maße erworben hatte, davon legt die Festschrift Zeugnis ab, die ihm anlässlich der Feier seines fünfundsiebzigsten Geburtstages überreicht wurde. Leider überlebte der Jubilar diese Feier nur um wenige Monate und so steht denn die Festschrift da, gewissermaßen als ein Denkstein seines langen erfolgreichen Wirkens als Forscher und Lehrer.

Unter der Redaktion von H. KIENLE, Göttingen, ist diese ungewöhnlich reichhaltige Sammlung von 36 Originalmitteilungen zu einem stattlichen Bande von 475 Seiten angewachsen. Mit Rücksicht auf die Vielseitigkeit der behandelten Gegenstände ist der Titel „Probleme der Astronomie“ sicherlich passend gewählt, und der Verlag von Julius Springer hat an schöner Ausstattung und vortrefflicher Illustration nichts fehlen lassen. Zu schade nur, daß der hohe Preis es nicht jedem Astronomen möglich macht, ein persönliches Exemplar zu besitzen.

Es ist bezeichnend für die Anerkennung, die SEELIGER weit über die Grenzen seiner Heimat hinaus genoß, daß von den 36 Mitarbeitern mehr als ein Drittel dem Auslande angehören und 8 verschiedene Staaten vertreten. Der internationale Charakter des Buches wird ferner dadurch hervorgehoben, daß fast alle Artikel in der Originalsprache wiedergegeben sind, ein Verfahren, das in wissenschaftlichen Werken nur zu befürworten ist.

Ihrer Natur gemäß besteht die Festschrift aus einer etwas heterogenen Sammlung unzusammenhängender Beiträge, die nicht nur in den gewählten Gegenständen, sondern auch in der Art der Darstellung große Mannigfaltigkeit zeigen. In manchen Fällen ist die Behandlung streng technisch, in anderen mehr übersichtlich zusammenfassend wie in einem Lehrbuch, oder gemeinverständlich unter Weglassung technischer Einzelheiten, wie z. B. in dem interessanten Vortrage von JEANS, in dem seine Ideen über die Kosmogonie geschildert werden. Gerade darin unterscheidet sich ja die Festschrift von einer wissenschaftlichen Fachzeitschrift, daß sie nicht lediglich Originalmitteilungen neuer Forschungsarbeiten enthält, sondern auch Raum gibt für Abhandlungen, die einen mehr persönlichen Stempel tragen, sei es daß sie eine einheitliche kritische Übersicht eines Problems bezwecken oder Resultate und Erfahrungen langjähriger Arbeiten des Verf. auf seinem Spezialgebiete zusammenfassend berichten. Dieser Umstand verleiht unserem Werke einen besonderen Charakter, und, trotzdem es in erster Linie für den Fachastronomen bestimmt ist, so dürfte doch auch der fortgeschrittene Liebhaberastronom darin vieles finden, was für ihn verständlich und von Interesse ist.

Es ist nicht möglich, hier all die vielen Einzelbeiträge erschöpfend zu besprechen, da sie fast jedem Zweig der Astronomie berühren. Es sollen nur einige wenige der Gegenstände hervorgehoben werden, die augenblicklich im Vordergrund astronomischen Interesses stehen.

Die Himmelsmechanik gehört zwar zu den älteren

Gebieten der Astronomie, doch liefern die verschiedenen Bewegungsformen des Dreikörperproblems noch immer eine reiche Quelle für neue Untersuchungen. Die Entdeckung der zahlreichen kleinen Planeten hat die Aufmerksamkeit besonders auf das spezielle Asteroidenproblem gelenkt, mit dem sich die Arbeiten von WILKENS und STRÖMGREN beschäftigen, während BRENDL die praktische numerische Berechnung gestörter Asteroidenbahnen und die Organisation dieser umfangreichen Aufgabe bespricht.

Das Hauptproblem der Astrophysik, das Studium des physischen Zustandes der Sterne, hat in neuerer Zeit auch von der theoretischen Seite her wertvolle Beiträge erhalten. Da sind an erster Stelle die Arbeiten über den inneren Aufbau der Sterne zu erwähnen, von denen EDDINGTON in der Festschrift eine treffliche Übersicht gibt, indem er den Gedankengang schildert, der zu so interessanten Resultaten geführt hat. Die Bedingung des Strahlungsgleichgewichtes spielt hierin eine wichtige Rolle und wird auch in den Artikeln H. v. ZEIPELS und R. EMDENS behandelt.

Unsere Kenntnis von Sterndurchmessern muß sich zur Zeit noch zum größten Teile auf hypothetische Resultate stützen. K. F. BOTTLINGER leitet solche ab für Bedeckungsveränderliche einerseits und für Sterne mit bekanntem Farbenindex und bekannter Parallaxe andererseits, indem diese als schwarze Strahler angesehen werden.

Auf dem Gebiete der praktischen Beobachtungstechnik ist die Mitteilung persönlicher Erfahrungen von besonderem Wert und F. SCHLESINGERS einheitliche Darstellung seiner Methode der photographischen Bestimmung trigonometrischer Sternparallaxen oder P. GUTHNICKS Bericht über lichtelektrische Photometrie dürften daher willkommen sein.

In einer kritischen Untersuchung über das gegenwärtig vorliegende Material der Eigenbewegungen kommt E. GROSSMANN zu dem Schlusse, daß diese noch mit erheblichen systematischen Fehlern behaftet sind, und daß neue Fundamentalbeobachtungen dringend notwendig sind.

Da in Sternhaufen die physischen Mitglieder praktisch in gleicher Entfernung von uns gelegen sind, bieten diese Objekte eine günstige Gelegenheit zum Studium der Beziehung zwischen absoluter Helligkeit und Spektraltypus oder Farbe. Dies kann an Hand von Farbenhelligkeitsdiagrammen geschehen und P. TEN BRUGGENCATE untersucht solche für 2 kugelförmige und 3 offene Sternhaufen. Man darf indes bei der Interpretation solcher Diagramme nicht übersehen, daß Farbenbestimmungen schwacher Sterne mit erheblichen systematischen Fehlern behaftet sein können und nicht das gleiche Vertrauen verdienen wie Beobachtungen des Spektraltypus.

Eine Studie von M. WOLF über die Sternleeren der Milchstraße in der Gegend von S Monocerotis ist von schönen photographischen Reproduktionen dieser Gegend begleitet. Aus Sternzählungen werden Schlüsse gezogen über das diese Leeren verursachende absorbierende Nebelmaterial und dessen Entfernung. H. SHAPLEY skizziert ferner seine gegenwärtigen Arbeiten über die beiden Magellanschen Wolken.

Es erscheint gewiß natürlich, daß die Festschrift eine erhebliche Zahl von Beiträgen zu SEELIGERS Spezialgebiet, der Stellarstatistik, enthält. Unter diesen ist hervorzuheben W. SAMETINGERS Untersuchung über die Grenzen des typischen Sternsystems, die direkt an SEELIGERS bekannte klassische Arbeiten anknüpft. Das Verteilungsgesetz der Leuchtkräfte der Sterne, mit dem sich neben SAMETINGER auch P. J. VAN RIJN

befaßt, ist für die geringeren Helligkeiten noch recht unsicher bestimmt, doch führen die neueren Bearbeitungen im allgemeinen auf größere Häufigkeit der absolut schwachen Sterne, als dies KAPTEYS Formel angibt. Bezeichnend für den Fortschritt unserer Kenntnis individueller Sternentfernungen ist, daß es nunmehr möglich ist, das Verteilungsgesetz der Leuchtkräfte auch für die verschiedenen Spektraltypen getrennt zu bestimmen, und R. HESS stellt in einem interessanten Diagramm die Verteilung der Sterne kontinuierlich als Funktion der absoluten Helligkeit und des Spektraltypus dar; dabei tritt natürlich die Trennung der Sterne in Riesen und Zwerge deutlich zutage.

ROBERT TRÜMLER, Mt. Hamilton.

STRÖMGREN, ELIS, *Die Hauptprobleme der modernen Astronomie*. Aus dem Schwedischen übersetzt und in einigen Punkten ergänzt von WALTER E. BERNHEIMER. Berlin: Julius Springer 1925. 112 S. m. 31 Abbildungen im Text und 2 Tafeln. 14 × 22 cm. Preis 4,80 Goldmark.

Den gewaltigen Fortschritten der modernen Astronomie, die das neue Jahrhundert kennzeichnen, liegen meist Probleme der Stellarastronomie und Astrophysik zugrunde, und es werden in Verfolgung dieser großen Errungenschaften der jüngsten Zeit oft die Gedankengänge der klassischen Astronomie recht vernachlässigt.

Um den klassischen und den modernsten Fragen auf dem Gebiete der Astronomie in gleicher Weise gerecht zu werden, entstand das vorliegende Buch, ein Wegweiser und Lehrer für den gebildeten Laien. Gewissermaßen als Einleitung wird uns eine Problemstellung gegeben, die insgesamt sieben Hauptprobleme der Astronomie in ihrer heutigen und ihrer klassischen Bedeutung umfaßt. In einer Reihe in sich abgeschlossener Kapitel führt uns dann der Verf. an Hand bekannter Tatsachen in die oft nicht ganz einfachen Probleme der Astrometrie, Himmelsmechanik, Astrophysik und Stellarastronomie ein.

Im ersten Kapitel wird uns eine ausführliche Beschreibung einer Meridianbeobachtung gemacht, und man sieht weiter, welche Bedeutung solche genaue Positionsbestimmung zur Aufstellung von Sternkatalogen und zur Festlegung von Fundamentalsternen in der Astrometrie hat.

Ganz besonders interessant und wertvoll ist das Kapitel „Die Mechanik des Himmels“. Verf. schildert uns, wie durch NEWTON jene bekannten KEPLERSchen Gesetze der Planetenbewegung in der Form des Zweikörperproblems eine Erklärung fanden. Und weiter verfolgt man die Problemstellung der Mathematiker des 18. und 19. Jahrhunderts, welche in der Störungstheorie, in der Theorie der Mondbewegung und schließlich in der Aufstellung des Drei-Körperproblems ihren würdigen Abschluß finden. Es würde hier zu weit führen, auf alle die interessanten Aufgaben und Ziele der Himmelsmechanik einzugehen, die uns Verf. vor Augen führt, dessen Arbeiten auf dem Gebiet der theoretischen Astronomie so große Bedeutung haben.

Welcher Umschwung durch die Anwendung der Photographie in der Astronomie eingetreten ist, davon legt ein Vergleich zwischen der alten Mondkarte von SCHMIDT und einer modernen Mondaufnahme, und davon legt die wundervolle bildliche Ausstattung des Büchleins Zeugnis ab. Die folgenden Kapitel schildern dem Leser die Methoden der Helligkeitsmessungen an Sternen und machen ihn mit den Gesetzen der Spektralanalyse bekannt. Die Bedeutung der Spektralklasseneinteilung der Sterne als Temperaturskala wird durch eine kleine Tabelle gezeigt. Die Darstellung der Bestimmung und des Wertes anderer Farbenäquivalente

beschließt die Ausführungen dieses Kapitels. Welche wichtigen astronomischen Untersuchungen auf den Prinzipien der Spektralanalyse beruhen, das zeigt uns Verf. in den folgenden Abschnitten, in welchen uns ein Einblick in die physikalische Beschaffenheit des Sonnensystems gegeben wird. Bevor uns zum Schluß Verf. mit den modernsten Arbeiten der Stellarastonomie vertraut macht, lernen wir das Studium der Doppelsterne und die Forschungsergebnisse aus dem Gebiet der veränderlichen Sterne kennen.

Den Inhalt der letzten Kapitel der Arbeit faßt Verf. in 4 Punkte zusammen:

1. Stellung der Fixsterne, Sternhaufen und Nebel im Weltall,

2. ihre Bewegungsverhältnisse,

3. ihre physikalisch-chemische Beschaffenheit,

4. ihre Entwicklungsgeschichte.

Hier zeigt uns Verf., welche gewaltigen Ergebnisse gerade aus diesen Zweigen der Astronomie hervorgegangen sind.

Anlage und Ausstattung des Buches sind schon eine Empfehlung für sich; der Leser, der sich mit den astronomischen Arbeitsmethoden vertraut machen will, wird es mit Genuß und Nutzen lesen.

ROLF MÜLLER, Berlin-Potsdam.

BOLTE, FRIEDRICH, und HEINRICH MELDAU, Physik für Seefahrer unter besonderer Berücksichtigung der Funkentelegraphie. Zugleich 5. Auflage des **BOLTESchen** Leitfadens für den Unterricht in der Physik. Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn Akt.-Ges. 1925. VI, 359 S. und 463 Abbildungen. 14 x 22 cm. Preis geh. 17,50, geb. 20 Goldmark.

Vor fünfundzwanzig Jahren wurde die Physik als gesondertes Unterrichtsfach in den Lehrplan der Seefahrtsschulen eingefügt. Seitdem haben physikalisch-technische Einrichtungen starken Einfluß auf die Schiffsführung gewonnen, so daß es unerlässlich ist, die physikalische Ausbildung des Schiffsoffiziers auf eine breitere Grundlage zu stellen. Die damit den Seefahrtsschulen zufallende Aufgabe ist bei der Kürze der für die Ausbildung verfügbaren Zeit und der Fülle der zu behandeln-

den Gegenstände nicht leicht. Ihr zu dienen ist der Zweck des vorliegenden Buches. Die Abgrenzung des Stoffes einer nautischen Physik wird stets einiger Schwierigkeit begegnen, weil sich an die physikalischen Probleme unmittelbar die technisch-nautischen Anwendungen anschließen. So könnte man z. B. an die Kreiselerscheinungen alles anschließen, was über den Kreiselkompaß zu sagen ist, an die Lehre vom Magnetismus die Deviationstheorie, an die Wärmelehre die Meteorologie usw. Die Verfolgung eines solchen Planes würde weit über den Zweck dieses Buches hinausgeführt haben; wir konnten unser Ziel nur darin sehen, die physikalischen Grundlagen klarzulegen. Das Verständnis der physikalischen Grundlagen und der technischen Ausführungen der drahtlosen Telegraphie ist heute für den nautischen Schiffsoffizier von so großer Bedeutung und das Fehlen einer geeigneten Einführung in diese Gebiete wird so stark empfunden, daß wir uns entschlossen haben, die Tradition des **BOLTESchen** Leitfadens fortzusetzen und die Funkentelegraphie im allgemeinen so weit zu behandeln, wie sie der Nautiker zur Zeit beherrschen sollte. Abgesehen haben wir dabei von der Beschreibung der Einrichtung und der Behandlung des Bordpeilers. Ein solches Spezialinstrument kann nur ein Sonder-Handbuch genügend eingehend behandeln.

Aus dem Vorwort.

WÜRSCHMIDT, JOSEPH, Theorien des Magnetismus

Aus dem amerikanischen übersetzt. Braunschweig: Fr. Vieweg & Sohn 1925. X, 309 S. und 67 Abbild. 14 x 21 cm. Preis geh. 16, geb. 18 Goldmark.

Das National Research Council in Washington hatte eine Kommission zur Berichterstattung über die Theorien des Magnetismus eingesetzt. Zu diesem Komitee gehören S. J. BARNETT, L. R. INGERSOLL, J. KUNZ, S. L. QUIMBY, E. M. TERRY, S. R. WILLIAMS und A. P. WILLS. Das vorliegende Buch ist die von **WÜRSCHMIDT** besorgte Übersetzung des Berichtes, der im Bulletin of the National Research Council Vol. Nr. 18, August 1922, veröffentlicht ist. Den Originalbericht hat W. SCHOTTKY in den Naturwissenschaften 11, 385, 1923 bereits besprochen.

Metallographische Mitteilungen.

Journal of the Institute of Metals. (Band 32. 1924, II.) Dieser Band wird vollständig beherrscht von einer umfangreichen und in ihrer Art abschließenden Arbeit von **BENGONGH** und **MAY** über die Korrosion des Messings in Kondensatorrohren, über die in dieser Zeitschrift bereits berichtet worden ist. Die anderen Arbeiten haben ganz überwiegend nur eine enger begrenzte technische Bedeutung. Über einige Arbeiten, die ein gewisses theoretisches Interesse haben, soll im folgenden berichtet werden.

D. HANSON und **G. FORD** haben im Rahmen einer größeren Arbeit über das Kupfer den Einfluß des Eisens untersucht und unter anderem festgestellt, daß die Fähigkeit des Kupfers, Eisen in fester Lösung aufzunehmen, bei hohen Temperaturen außerordentlich stark ansteigt. Bei tieferen Temperaturen bis unterhalb 700° liegt die Sättigungsgrenze unterhalb 0,2% und steigt oberhalb 700° schnell auf ca. 3,8% beim Beginn des Schmelzens bei 1080° an. Diese auffallende Temperaturabhängigkeit der Löslichkeit ist besonders von Interesse in Analogie mit dem Duraluminproblem, bei welchem die bekannte Vergütung beim Lagern von Stücken, die vorher auf 400–500° erhitzt worden waren, meistens auf eine hochdisperse Ausscheidung einer zweiten Komponente aus einer übersättigten

Lösung zurückgeführt wird. Diese Abscheidung kann normalerweise jedoch nicht beobachtet werden, und **FRAENKEL** ist der Ansicht, daß die Vergütung des Duralumins damit nicht erklärt werden kann, worauf, weiter ausholend, näher eingegangen werden soll.

Ist die Ausscheidungstheorie der Vergütung richtig, so war auch bei eisenhaltigem Kupfer eine Vergütung zu erwarten, wenn eine durch Abschrecken übersättigte feste Lösung von Eisen in Kupfer unter geeigneten Bedingungen zum Zerfall gebracht würde. Diese Erwartung hat sich bestätigt. In einer Abb. sind die Härtezunahmen vom Kupfer mit 0,7% Eisen nach dem Abschrecken von 1000 und nach verschiedenen langer Erhitzung auf 300, 400 und 500° wiedergegeben. Bei einer Erhitzung auf höhere Temperaturen wird die Härte wieder geringer. Während die Härte bis um über 50% zunimmt, steigt die Zerreißfestigkeit auffallenderweise nur um 10%.

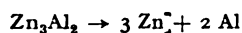
Damit ist ein neuer Beweis dafür erbracht, daß der Zerfall eines Mischkristalles zu einem Gemenge von geeigneter Dispersität, die in der Regel unterhalb der mikroskopischen Wahrnehmbarkeit liegt, eine **Härtung** (Vergütung) einer Legierung herbeiführen kann.

Ob bei der Vergütung des Duralumins nicht noch andere Vorgänge eine Rolle spielen, bleibt eine offene

Frage, zumal es FRAENKEL anscheinend gelungen ist, derartige Vorgänge beim Zink-Aluminium-System nachzuweisen.

Das Zink bildet mit Aluminium eine Verbindung, Zn_3Al_2 , die bei der Abkühlung unterhalb 260° in ein Gemenge zweier Mischkristalle, eines zinkreichen und eines aluminiumreichen, zerfällt. Unterhalb 260° ist also die Verbindung nicht beständig. Durch Abschrecken von Temperaturen oberhalb 260° läßt sich die Verbindung Zn_3Al_2 zunächst im metastabilen Zustande erhalten. Sie zerfällt dann unter erheblicher Wärmeentwicklung, die gemessen werden kann.

FRAENKEL und GOEZ¹⁾ hatten diese Wärmeentwicklung nach verschiedenen Lagerzeiten bei 0° calorimetrisch gemessen und auf diese Weise den zeitlichen Reaktionsverlauf bestimmt. Es hat sich herausgestellt, daß die Reaktionsgeschwindigkeit den Gesetzen einer nicht umkehrbaren monomolekularen Reaktion folgt:



Dieser Befund war überraschend, da die Reaktionsprodukte im kristallisierten Zustande auch Kristalle sind und als solche unter Keimbildung und nachfolgendem linearen Wachstum entstehen. Die Keimbildung ist ein langsam verlaufender Vorgang, und so war es zu erwarten gewesen, daß die Reaktionsgeschwindigkeit mit der Zeit zunächst zunehmen müßte, im Gegensatz zum Befunde. Diese Erwartung wurde bei einer typischen Reaktion im Kristallzustande — der Umwandlung des Schwefels — bestätigt gefunden. Beim Zerfall der Verbindung Zn_3Al_2 handelte es sich also um einen anders gearteten Vorgang, bei dem die Keimbildung keine Rolle spielt. FRAENKEL und GOEZ nahmen an, daß es sich hierbei um einen molekularen oder atomistischen Zerfall der Verbindung etwa in homogener Phase handelt, und daß die Umbildung dieses ersten Reaktionsproduktes unter Kernbildung in 2 Mischkristalle sich als zweiter Vorgang daran anschließen muß.

TANABE berichtet nun im Journal of the Inst. of Metals neben verschiedenen anderen Beobachtungen über das Zink-Aluminium-Paar auch über die zeitlichen Veränderungen der Eigenschaften (Volumen, Härte). Das Volumen nimmt beim Zerfall der Verbindung Al_3Zn_2 erheblich ab, wie bereits BAUER und VOGEL festgestellt haben. Die Geschwindigkeit der Volumenabnahme scheint oft erst geringer zu sein und dann zuzunehmen. Das würde im Gegensatz zu FRAENKEL für einen normalen Verlauf einer heterogenen Reaktion sprechen, doch scheint es, daß bei den Versuchen von TANABE die Fehlerquellen nicht so sicher vermieden waren wie bei denen von FRAENKEL und GOEZ. Die Härte nimmt zuerst erheblich zu, beinahe bis um 100%, um dann wieder zu sinken. Welchem Zeitpunkt der Kontraktions- und Wärmeentwicklungsversuche das Maximum der Härte entspricht, läßt sich nicht mit Sicherheit sagen, doch scheint es, daß dieses etwa dem Ende der Wärmeentwicklung entspricht.

Der Verlauf der Härtekurve kann als eine Bestätigung der Annahme von FRAENKEL und GOEZ gedeutet werden, daß der Zerfall der Verbindung zunächst molekular verläuft, und daß man es hierbei noch mit einem zweiten Vorgang zu tun hat, der unter Härteabnahme und ohne nennenswerte Wärmeentwicklung und Volumenänderung verläuft, und der in der Ausbildung des heterogenen Gemenges aus dem zunächst homogenen Zerfallsprodukt besteht. Jedoch ist auch die andere

Erklärung möglich, daß der Härteanstieg durch den Zerfall der Verbindung zu einem Gemenge von hoher Dispersität und ihr weiterer Abfall der spontan ansetzenden Abnahme der Dispersität (Rekrystallisation) entspricht.

Welche Beziehung hat das nun zum Duraluminproblem? Bei diesem besteht die bei gewöhnlicher Temperatur langsam eintretende Vergütung in einer wesentlichen Verfestigung zugleich mit einer geringen Erhöhung des elektrischen Widerstandes. Diese Widerstandserhöhung erfolgt nach den Untersuchungen von FRAENKEL nach demselben Zeitgesetz wie der Zerfall der Verbindung Zn_3Al_2 , wenn auch viel langsamer, und das hat ihn auch bei Duralumin zu der Annahme geführt, daß es sich auch hier um einen homogenen Reaktionsvorgang handelt. Dem steht die beinahe allgemein verbreitete Ansicht entgegen, daß es sich um einen Zerfall eines übersättigten Mischkristalls handelt, der bei einem hohen Dispersitätsgrade des ausgeschiedenen Bestandteiles die Verfestigung erklären kann. Unerklärt bleibt hierbei jedoch die Erhöhung des elektrischen Widerstandes und die Erniedrigung seines Temperaturkoeffizienten, beides Vorgänge, die für die Bildung, nicht aber für den Zerfall von Mischkristallen charakteristisch sind.

Die Beobachtungen von FRAENKEL an Zn_3Al_2 zeigen nun, daß solche Vorgänge, wie er sie beim Duralumin angenommen hat, bei den Metallen anscheinend tatsächlich vorkommen können, während ihre Annahme bisher unwahrscheinlich erschien. Beim Duralumin besteht jedoch ferner die Schwierigkeit, daß man aus dem Zustandsdiagramm keine Anhaltspunkte für die Annahme von homogenen Bildungs- oder Zerfallsreaktionen von Verbindungen hat. Jedoch ist die Erforschung seiner Konstitution wohl noch nicht völlig abgeschlossen.

D. H. ANDREWS und J. JOHNSTON haben in einer Arbeit über die Anwendung der idealen Löslichkeitskurve zur Deutung von Gleichgewichtsdiagrammen in Metallsystemen versucht, die Gesetze der idealen Lösungen (die VAN 'T HOFFsche Formel) anzuwenden und auf diese Weise die Schmelzkurven einiger Legierungen zu berechnen. In den Fällen, wo die Metalle miteinander weder Verbindungen noch Mischkristalle bilden, hat sich eine bemerkenswerte Übereinstimmung ergeben. Im Falle von Verbindungen kommt man zuweilen zu übereinstimmenden Resultaten, wenn man annimmt, daß die Verbindungen in der Schmelze undissoziiert enthalten sind.

Es scheint sich hieraus zu ergeben, daß die molekulare Struktur der metallischen Schmelzen bemerkenswert einfach ist. Eine Grundlage für eine zufriedenstellende quantitative Theorie der metallischen Schmelzen höherer Konzentrationen werden die Berechnungen von ANDREWS und JOHNSTON jedoch kaum bilden können, da schon die eine Voraussetzung — die Unabhängigkeit der Schmelzwärme von der Temperatur — wohl sicher nicht zutrifft, und da wir in der von VAN LAAR fortentwickelten VAN DER WAALSschen Theorie eine weit vollkommene, wenn auch kompliziertere Berechnungsmethode besitzen.

T. M. TURNER und W. E. BALLARD teilen eine Reihe von Beobachtungen über das Metallspritzverfahren nach Schoop mit. Nach diesem Verfahren wird ein Metalldraht bekanntlich in einer Spritzpistole in einer Knallgasflamme geschmolzen, zerstäubt und auf die zu metallisierende Fläche geschleudert. Eine für die Beurteilung des Vorganges wichtige prinzipielle Frage ist, ob das verflüssigte Metall beim Auftreffen auf die Fläche schon erstarrt ist oder nicht. Die Verfasser bringen

¹⁾ Z. f. Metallkunde 17, 12. 1925.

Bilder, auf denen die aufgespritzten Metallteilchen wie gespritzte Flüssigkeitstropfen aussehen und schließen daraus, daß das Metall beim Aufspritzen noch flüssig ist. Die gute Haftfähigkeit der Niederschläge spricht wohl auch für diese Annahme.

Das Metallspritzverfahren ist noch eine junge Technik, die weitgehend entwicklungs- und vervollkommnungsfähig ist. Als Korrosionsschutzmittel können die aufgespritzten Metallniederschläge in der Zukunft eine große Rolle spielen. Zur Zeit gelingt es meistens noch nicht, sie genügend dicht zu machen. Von Interesse ist die Bemerkung der Verfasser, daß das Verfahren von SCHOOR als eine ausländische Erfindung in England längere Zeit, als es auf dem Kontinent schon eingeführt war, nur geringe Beachtung gefunden hat und erst in letzter Zeit eine größere Ausbreitung findet.

Die Gußeisenveredelung durch Legierungszusätze. E. PIVOVARSKY¹⁾ berichtet über systematische Versuche über den Einfluß verschiedener Zusätze auf die Eigenschaften des Gußeisens. Untersucht wurden Zusätze von: Aluminium, Titan, Nickel, Chrom, Chrom und Nickel gleichzeitig, Vanadin, Wolfram und Molybdän.

Das Aluminium (in Mengen bis 0,1%), fördert die Graphitausscheidung und macht das Gußeisen weicher und etwas schmeidiger.

Das Titan (bis 0,58%) wirkt ähnlich wie das Aluminium fördernd auf die Graphitausscheidung, macht dieselbe aber zugleich bedeuend feiner. Hierdurch wird im grauen Gußeisen eine sehr erhebliche Verbesserung der technischen Eigenschaften bewirkt²⁾. Im Guß befindet sich das Titan nicht als Legierungsbestandteil, sondern in Gestalt von Nitriden, Oxyden und Carbiden.

Das Nickel verbessert bei mäßigen Zusätzen (0,5–1%) die technischen Eigenschaften um 20–30% und zwar infolge Mischkrystallbildung mit dem Eisen. Bei höheren Zusätzen tritt durch erhöhte Graphitbildung, die nach PIVOVARSKY durch Nickel nicht verfeinert wird, eine Erniedrigung der Gütezahl ein.

Das Chrom verbessert die technischen Eigenschaften des Graugusses nicht wesentlich.

Chrom und Nickel gleichzeitig verbessern bei geringen Gehalten die Eigenschaften des Gußeisens nicht unerheblich. Bei Gegenwart von Chrom wird die Graphitbildung durch Nickel nicht so gefördert wie ohne Chrom.

Das Vanadin fördert sehr ausgesprochen die Carbidbildung, macht also das Gußeisen weißer, ohne es

sehr spröde zu machen. Da die Anwendung des weißen Gußeisens eine recht beschränkte ist, kommt ein Zusatz des Vanadins zum Gußeisen also als praktisch kaum in Frage.

Das Wolfram und das Molybdän bewirken eine wesentliche Verbesserung der technischen Eigenschaften des Gußeisens, ohne die Graphitausscheidung zu beeinflussen. Die Verbesserung ist ausschließlich auf Mischkrystallbildung mit dem Ferrit zurückzuführen. Diese beiden Zusätze hält PIVOVARSKY für die technisch aussichtsreichsten.

Als Gesamtergebnis seiner Versuche betrachtet PIVOVARSKY die Verbesserung des Gußeisens durch Legierungszusätze für weniger aussichtsreich, als in den letzten Jahren meistens angenommen wurde. Jedoch darf man dieses Urteil von PIVOVARSKY wohl nur als ein vorläufiges betrachten. Es gibt wenige Probleme, die schwieriger sind als das des Gußeisens. Nicht nur ist die Menge der Bestandteile desselben (Fe, C, Si, Mn, P, S) sehr groß, sondern auch die Zementit-Graphit-Umwandlung nach der Erstarrung im Verlaufe der Abkühlung ist sehr kompliziert, und die technische Beherrschung seiner Entstehung sehr schwierig.

Neuere Entwicklung auf dem Gebiete der korrosionsbeständigen Stähle¹⁾. Der bekannte englische Metallurg und Industrielle W. H. HATFIELD hat einen zusammenfassenden Vortrag über diesen Gegenstand gehalten. Nach verschiedenen mißlungenen Versuchen, die Korrosionsbeständigkeit des gewöhnlichen Stahls durch geringe Zusätze dritter Elemente, z. B. Kupfer, zu erhöhen, ist man zur endgültigen Erkenntnis gelangt, daß nur durch Zusatz erheblicher Mengen von Nickel oder Chrom zufriedenstellende Resultate erzielt werden können. Ein Stahl mit 25–30% Ni ist recht korrosionsbeständig, aber viel zu teuer. Man ist deshalb auf das Chrom angewiesen. Für viele Zwecke stellt ein Stahl mit 13–14% Cr und mit 0,10–0,30% Cu ein Optimum dar, er ist gegen die meisten atmosphärischen Einflüsse und Lebensmittel beständig und läßt sich in einem walzbaren und bearbeitbaren Zustande herstellen. Noch wesentlich besser sind jedoch die Materialien, die außer Chrom auch Nickel enthalten, so z. B. ein Stahl mit 18% Cr und mit 8% Ni. Dieser Stahl ist gegen folgende Stoffe angriffsbeständig, die den Stahl mit 13–14% Cr noch angreifen: Phosphorsäure, Essigsäure, Ameisensäure, Weinsäure, Citronensäure, Milchsäure, Ammoniumsulfatlösung, gesättigte Sodalösung, 2proz. Jodlösung.

Diese Ausführungen von HATFIELD bringen eine Bestätigung des im wesentlichen bisher schon Bekannten. Der Stahl mit 18% Cr und mit 8% Ni kommt dem bekannten V2A-Stahl von Krupp nahe. Die Anwendung des letzteren in größerem Umfange scheitert zur Zeit an seinem hohen Preise, der in erster Linie wohl durch die Bearbeitungsschwierigkeiten bedingt ist.

G. MASING.

¹⁾ Engineering, 13. III. 1925, Seite 319.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Zeemaneffekt in starken Magnetfeldern. Zur Erzeugung starker Magnetfelder verwendet man im allgemeinen Elektromagnete. Mit diesen gelingt es bestenfalls in einem kleinen Raume Felder bis zu etwa 80 000 GAUSS zu erzeugen. Für viele physikalische Untersuchungen wäre es sehr wichtig, wesentlich stärkere Felder erzeugen zu können. Mit Elektromagneten kommt man über die bisher erreichte Grenze nicht mehr

hinaus wegen der Sättigung des Eisens. Man muß also, wenn man einen Fortschritt erzielen will, das Eisen vermeiden und zur Erzeugung des Feldes eisenfreie Spulen verwenden. Dieser Weg erscheint zunächst wenig aussichtsreich, weil zur Erzeugung starker Felder in eisenfreien Spulen sehr starke Ströme erforderlich sein würden, die erstens außerordentlich große Energiequellen und zweitens ganz besondere Vorrichtungen zur

Vermeidung einer übermäßigen Erwärmung der Spule erfordern würden, wenn man diese Felder für längere Zeit aufrechterhalten wollte. Für eine Reihe von wichtigen Versuchen genügt es aber, diese Felder nur für relativ kurze Zeit, also Bruchteile einer Sekunde, zur Verfügung zu haben. Dann lassen sich die genannten Schwierigkeiten überwinden. Tatsächlich ist nun auch seit einigen Jahren im RUTHERFORDSchen Laboratorium von P. L. KAPITZA unter Benutzung starker Ströme durch eisenfreie Spulen eine Methode zur Erzeugung starker Felder ausgearbeitet worden, die es gestattet, in einem sehr kleinen Raume Felder bis zu 500 000 GAUSS für eine Zeitdauer von etwa $\frac{1}{300}$ sec. zu erzeugen. Es bedeutet dies einen außerordentlichen Fortschritt. Es sind mit dieser Anordnung bereits interessante Ergebnisse erzielt worden und weitere werden sicher noch folgen.

Die Anordnung von KAPITZA ist beschrieben in den Proc. Roy. Soc. London, Ser. A 105, 691. 1924. Zur Erzeugung der starken Ströme dient eine besonders konstruierte Akkumulatornbatterie, bei der zur Verringerung des Widerstandes jede Bleiplate auf der einen Seite die positive Elektrode einer Zelle, auf der anderen Seite die negative Elektrode der benachbarten Zelle bildet. Diese Batterie wird mit Hilfe besonderer Stromschlüssel durch die aus Kupferband gewickelte Spule kurzgeschlossen. Die dabei fließenden Ströme werden mit Hilfe eines besonderen Oszillographen in ihrem zeitlichen Verlauf registriert. Sie haben während etwa $\frac{1}{300}$ sec. einen nahezu konstanten Wert und werden dann automatisch wieder ausgeschaltet. Die Stromstärken betragen maximal 6—7000 Amp.

Die erste Untersuchung, die mit dieser Anordnung durchgeführt wurde, war die Sichtbarmachung der Ablenkung der α -Strahlen in starken Magnetfeldern (Proc. Roy. Soc. London, Ser. A 106, 602. 1924). Zu diesem Zweck wurde eine WILSONsche Nebelkammer in das Innere der Spule eingebaut. Da diese erheblichen Raum erfordert und das Feld in diesem Raum konstant sein mußte, konnten nur Felder bis zu etwa 45 000 GAUSS erreicht werden, die aber völlig ausreichten, um die Bahnen der α -Strahlen stark zu krümmen. Mit einem Elektromagneten wäre es nicht möglich gewesen, ein in dem erforderlichen Raume konstantes Feld von dieser Stärke zu erzeugen. Die genannte Arbeit enthält sehr schöne Bilder der gekrümmten α -Strahlbahnen. Aus dem gemessenen Verlauf der Krümmung ließen sich wichtige Rückschlüsse über Ladung und Geschwindigkeit der α -Strahlen ziehen.

Neuerdings ist nun eine Arbeit von KAPITZA und SKINNER (Proc. Roy. Soc. London, Ser. A 109, 224. 1925) erschienen, in der die genannte Methode zur Untersuchung des ZEEMANEffektes in starken

Magnetfeldern benutzt wird. Fig. 1 gibt ein schematisches Bild der Anordnung. Die Akkumulatornbatterie 1 wird mit Hilfe der Stromschlüssel 2 durch die Magnetfeldspule C kurzgeschlossen. Gleichzeitig wird der in Öl getauchte Hochspannungsstromschlüssel 4 geschlossen. Durch diesen werden die Leydener Flaschen 5 von $\frac{1}{10}$ Mikrofarad, die durch einen Induktor mit Gleichrichter 6 auf etwa 30 000 Volt geladen sind, durch die Spule 8 entladen. Der dadurch in der Spule 9 induzierte Stromstoß zündet einen Funken, der im Innern der Spule C angebracht ist. Auf diese Weise kann erreicht werden, daß der Funke in dem Moment leuchtet, in dem das Feld im Innern der Spule einen konstanten Wert hat. Daß dies tatsächlich der Fall ist, wird durch Aufnahmen mit dem Oszillographen 3 kontrolliert. Der Funke, dessen Spektrum nun mit dem direkt davor angebrach-

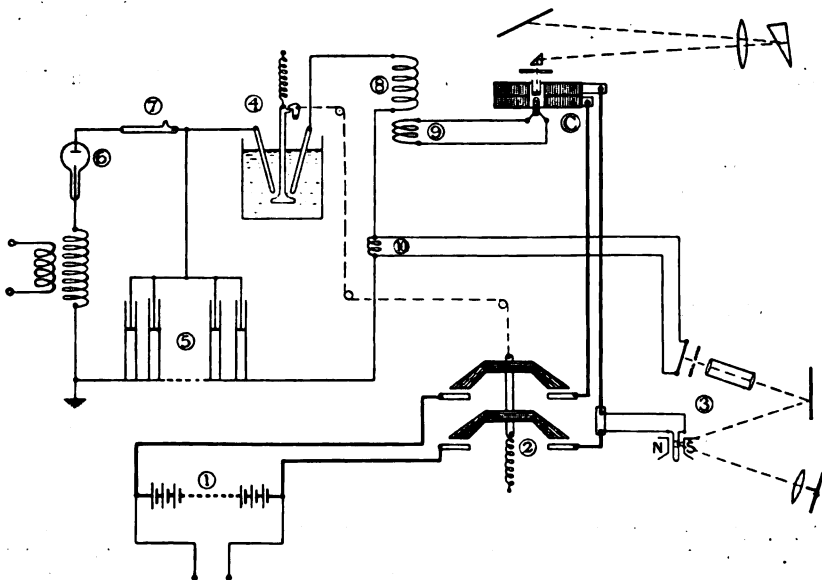


Fig. 1. Versuchsanordnung zur Beobachtung des ZEEMANEffektes in starken Feldern. 1 Akkumulatornbatterie, 2 Stromschlüssel, C Magnetfeldspule ohne Eisen aus Kupferband, 3 Oszillograph, 5 Batterie von Leydener Flaschen, 6 Gleichrichter, 7 Wasserwiderstand, 4 Hochspannungsölschalter, 8 und 9 Transformatorspulen, im Innern von C die Funkenstrecke und darüber der Quarzspektrograph.

ten Quarzspektrographen aufgenommen wird, muß natürlich sehr hell sein, weil eine Exposition von etwa $\frac{1}{300}$ sec. ausreichen muß, um die erforderlichen Schwärzungen auf der Platte zu geben. Das Verhältnis der Windungszahlen der Spulen 8 und 9 ist deshalb so gewählt, daß bei etwa 1000—2000 Volt Funkenpotential ein Strom von etwa 1000 Amp. durch den Funken geht. Die Elektroden verdampfen dabei und geben ein sehr intensives Licht.

Dicht vor den Elektroden ist eine Quarzplatte angebracht, um die Lichtquelle auf den Raum innerhalb der Spule zu beschränken, in dem das Feld konstant ist. Die in Fig. 1 gezeichnete Anordnung dient zur Beobachtung des longitudinalen Effektes (es wird in Richtung des Magnetfeldes beobachtet); um auch den transversalen Effekt beobachten zu können, muß in der Spule ein Loch vorgesehen werden, durch das das senkrecht zu den Kraftlinien emittierte Licht in den Spektrographen gelangen kann. Als Elektrodenmaterial

wurden Kupfer, Aluminium, Zink und Magnesium verwendet. Die Linien traten teils in Emission, teils in Absorption auf. Außer den Linien des Elektrodenmaterials traten auch Linien anderer Metalle, vor allem die Funkenlinien von Ca und Mg auf. Es zeigte sich, daß die Linien dieser Metalle, die als Verunreinigungen in den Elektroden vorhanden waren, im allgemeinen schärfer waren als die Linien des Elektrodenmetalles. Diese Beobachtung machten sich die Verf. zunutze und brachten Spuren von einer Salzlösung des Metalles, das untersucht werden sollte, auf die Elektroden.

Es gelang so, die ZEEMANEffekte der stärksten Linien der Metallspektren bei Feldern bis zu 130 000 GAUSS aufzunehmen, während mit Elektromagneten bisher nur etwa 45 000 GAUSS erreicht werden konnten. Es wurde versucht, die Belastbarkeit der Spule noch dadurch zu steigern, daß dieselbe in flüssiger Luft gekühlt wurde. Dann wurden auch tatsächlich Felder bis zu etwa 250 000 GAUSS erreicht. Beim Stromdurchgang werden aber in der Spule solche Mengen adsorbierter Gase frei, daß ein heftiger Gasstrom entsteht, der den Funken

der Linien zum Ausdruck kommt. Eine Trennung dieser Komponenten ist den Verf. bisher nicht gelungen. Da aber Verbesserungen der ganzen Anordnung sicher möglich sein werden, so darf man vorläufig die Hoffnung nicht aufgeben, daß es auch gelingen wird, bei solchen starken Feldern ähnlich schöne Aufspaltungsbilder zu erzielen, wie sie bei schwächeren Feldern mit Spektrographen hoher Dispersion und Auflösungskraft erzielt sind.

Aber auch so ließen sich schon interessante Ergebnisse aus der Vermessung der Platten erzielen. Besonders günstig sind hierfür Linien, die wie die Hg-Linie $\lambda = 4047$ (s. Fig. 2) doppelt normale Aufspaltung zeigen. Die Verf. maßen die Aufspaltung dieser Linie in Abhängigkeit von der Feldstärke und fanden, daß dieselbe oberhalb von 70 000 GAUSS schneller anwächst, als der theoretisch zu erwartenden Proportionalität mit dem Felde entspricht. Bei 130 000 GAUSS ist die beobachtete Aufspaltung um 10% größer als die berechnete, ein Betrag, der weit außerhalb der möglichen Fehlergrenze liegt. Bei anderen Linien dagegen ist die Proportionalität

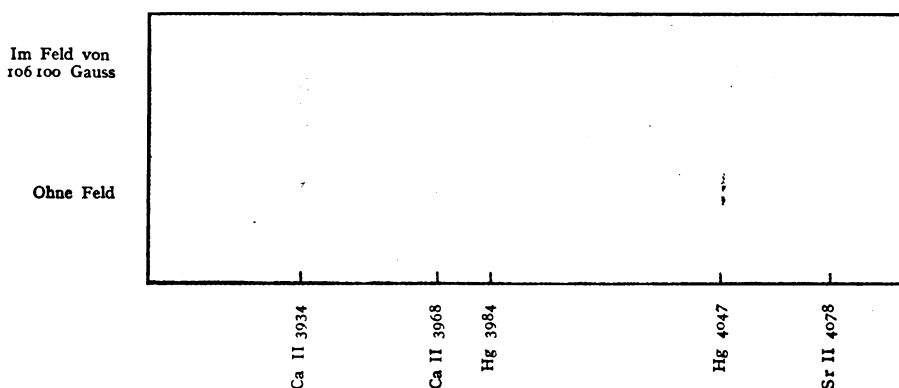


Fig. 2. ZEEMANAufspaltungen einiger Metalllinien im Felde von 106 100 GAUSS bei longitudinaler Beobachtung. Die beiden Ca II-Linien sind den D-Linien des Na analog. Die Hg-Linie 4047 hat doppelt normale Aufspaltung, die Sr-Linie 4078 dieselbe Aufspaltung wie Ca II 3934.

ausbläst, so daß eine Aufnahme des Spektrums nicht möglich war.

Die bei Feldern bis zu 130 000 GAUSS erhaltenen Spektrogramme zeigen nun trotz der verhältnismäßig geringen Dispersion des verwendeten Quarzspektrographen (HILGER E_1 , Dispersion $d = 17 \text{ \AA}/\text{mm}$ bei $\lambda = 5000 \text{ \AA}$. und $d = 2,5 \text{ \AA}$. bei $\lambda = 2400 \text{ \AA}$.) deutlich die ZEEMANAufspaltungen. Da im allgemeinen der longitudinale Effekt beobachtet wurde, so besteht das Aufspaltungsbild in den meisten Fällen aus 2 Komponenten, die symmetrisch zur unzerlegten Linie liegen. Ein Beispiel hiervon gibt Fig. 2, die der Arbeit der Verf. entnommen ist. Dies Bild ist gegenüber der Originalplatte 6fach vergrößert. Auf den Originalplatten betragen die Abstände der Komponenten 0,15 bis 0,3 mm. In Wellenlängendifferenzen umgerechnet betrug die größte beobachtete Aufspaltung 5,8 $\text{\AA}$. In Fig. 2 erkennt man, daß die Aufspaltungen der Linien verschieden groß sind. Das liegt daran, daß diese Linien sämtlich einen anomalen ZEEMANEffekt haben, so daß die Aufspaltungen Bruchteile oder Vielfache der normalen Aufspaltung sind. Bei manchen Linien z. B. der Ca-Linie 3934, die denselben ZEEMANTypus hat wie die D_2 -Linie des Na, sind die beiden Komponenten in Wirklichkeit nicht einfach, was auch in einer größeren Breite

tät innerhalb der Fehlergrenzen erfüllt. Diese Beobachtung ist theoretisch von großem Interesse, da sie auf Grund der bisherigen atomtheoretischen Vorstellungen auch unter Berücksichtigung des PASCHEN-BACK-Effektes nicht erklärt werden kann. Durch den letzteren, der bekanntlich in einer allmählichen Umwandlung des anomalen Aufspaltungsbildes in ein normales bei starken Feldern besteht, konnten andererseits die Erscheinungen bei anderen Spektrallinien erklärt werden. Die Verf. geben interessante Beispiele für das Auftreten des teilweisen und vollständigen PASCHEN-BACK-Effektes. Man wird bei weiterer Verbesserung der Versuchsanordnung gerade über diesen Effekt noch interessante Aufschlüsse erwarten dürfen.

W. GROTRIAN.

Die geometrische Lösung von Farbmischungsaufgaben. (J. GUILD, Transact. opt. soc. London 26, 139–174. 1925.) Wie die meisten Forscher außerhalb Deutschlands (!) steht GUILD auf dem Boden der HELMHOLTZschen Theorie. Er gibt in dem Aufsatz eine einfache Darstellung, fast könnte man sagen eine Anleitung für die graphischen Methoden zur Lösung von Farbmischungsaufgaben, illustriert durch zahlreiche Beispiele ihrer Anwendung auf die praktische Colorimetrie. Trotz der prinzipiellen Einfachheit dieser Dinge — es

handelt sich ja immer wieder nur um die altbekannte NEWTONsche Schwerpunktkonstruktion — dürften manche dem Verf. Dank wissen, denn das Gebiet hat seine eigenartigen Tücken. Eine davon ist die Notwendigkeit, stets 2 Arten von Einheiten im Auge zu behalten, die „weißgleichen“ Einheiten („trichromatic units“), die so gewählt sind, daß gleiche Quanta der 3 Grundfarben, gemischt, weiß ergeben, und die „Einheiten gleicher Helligkeit“ („luminosity units“), so gewählt, daß Einheitsquanta der 3 Grundfarben gleichen Helligkeitswert haben, wobei dann die Summe der drei (in diesen Einheiten gemessenen) Grundfarbenanteile einer beliebigen Farbe die Helligkeit dieser Farbe bestimmt. Brauchbare Umrechnungsfaktoren für die konventionellen KÖNIGschen Grundfarben dürften zum erstenmal von FRANZ EXNER¹⁾ angegeben worden sein, nach ihm verhalten sich die Helligkeitswerte „weißgleicher“ Quanta von Grundrot, Grundgrün, Grundblau wie 1 : 0,756 : 0,024. Die von GUILD verwendeten IVESschen Zahlen (0,568 : 0,426 : 0,006 = 1 : 0,750 : 0,011) weichen davon, in Anbetracht der Nebensächlichkeit des sehr kleinen Blauwertes, nur unwesentlich ab. (NB.: Die geringe spezifische Helligkeit des Blau ist einer der Gründe für die Notwendigkeit dauernd mit den 2 Arten von Einheiten zu rechnen; ein Zusatz von Grundblau kann Farbton und Sättigung völlig abändern, ohne noch auf die Helligkeit irgendeinen merkbaren Einfluß zu haben.)

Der Verf. bedient sich durchweg anstatt des üblichen gleichseitigen eines *rechtwinkligen* Farbdreiecks, ein Gedanke, der auch vom Colorimetrie-komitee der American Optical Soc. angenommen ist. Durch die viel größere Leichtigkeit, mit der dann alle Konstruktionen auf gewöhnlichem Millimeterpapier ausgeführt werden können, wird der Verlust an formaler Symmetrie reichlich aufgewogen. Daß diese Symmetrie übrigens etwas rein Äußerliches ist, das physiologisch bestimmt nicht zu Recht besteht, beweisen die oben angeführten Helligkeitskoeffizienten.

Zwei Gruppen sind heute an der wissenschaftlichen Farbenfrage besonders interessiert, nämlich erstens — wie schon von jeher — die Sinnesphysiologen, zweitens die Beleuchtungstechniker. Daß hier auch im einzelnen eine Anzahl *gemeinsamer* Probleme vorliegen, scheint mir vielleicht doch nicht allgemein genug bekannt, um nicht bei dieser Gelegenheit darauf hinzuweisen. Es sind vor allem diejenigen Probleme, die sich um den vielumstrittenen Helligkeitsbegriff scharen²⁾ und die durch das einfache Schema der Dreieckskonstruktionen bei weitem nicht erschöpft sind.

So ist z. B. die oben erwähnte additive Berechenbarkeit der Helligkeit einer Farbe aus ihren Grundempfindungsanteilen, oder, praktisch gesprochen: die Additivität der Helligkeiten superponierter Lichter — durch die sorgfältigen Messungen von F. EXNER³⁾, K. W. F. KOHLRAUSCH⁴⁾ und H. E. IVES⁵⁾ zwar in groben Zügen gesichert, doch möchten wir GUILD nicht beistimmen, wenn er diese Frage „bei passender Definition der Helligkeit“ schon außerhalb jeder Dis-

kussion stehen sieht. Der relativ große Rotkoeffizient (s. o.) würde im äußersten Violett des Spektrums, wo physiologisch wieder ein starker Rotanteil auftritt, einen leichten „Buckel“ — nicht gerade ein Maximum, aber einen verzögerten Abfall — der Helligkeitskurve des Spektrums erwarten lassen, welcher durch direkte Helligkeitsmessungen nach den verschiedensten Methoden *nicht* bestätigt wird. Auch KOHLRAUSCHS Messungen zeigen für rote Pigmente systematische Abweichungen von der Additivität, die reell sein können.

Eine weitere hierher gehörige Frage ist die nach der individuellen Variationsbreite der Helligkeitskoeffizienten, die nach Messungen ABNEYS¹⁾ größer zu sein scheint als die individuellen Variationen des Farbensystems *ohne* Rücksicht auf die Helligkeit.

Ebenfalls von gleich großem Interesse für die Physiologie wie für praktische Beleuchtungsprobleme sind die Fragen des simultanen Helligkeitskontrastes. Betrachtet man eine mäßig helle Farbfläche durch ein schwarzes Papprohr, mit kleiner Blende am entfernteren Ende (ca. 1–2° Winkeldurchmesser), so zeigt der binokulare Vergleich das ausgeblendete Flächenstück *augenblicklich* (also ohne eigentliche Adaptation) etwa dreimal so hell wie das ohne schwarze Umrahmung Gesehene, was durch Herstellung einer Vergleichsfarbe am Farbenkreisel leicht demonstriert und messend verfolgt werden kann. Ein solches Papprohr (mit etwas größerer Öffnung), das man *dicht* vor das eine Auge hält, kann nach einer Minute Adaptation beinahe eine Taschenlampe ersetzen, um z. B. in einem finsternen Winkel nach etwas zu suchen. Für den Beleuchtungstechniker wäre es der Prüfung wert, ob Matt- und Milchglasbirnen, die vielfach noch als Luxus gelten, weil sie Licht fortnehmen, nicht gleichwohl eine *ökonomischere* Ausnutzung der verfügbaren Lichtmenge herbeiführen, indem sie das Auge vor dem mit der Blendung verbundenen subjektiven Helligkeitsverlust schützen.

Besonderes Augenmerk verdient die Tatsache, daß die von GUILD erläuterten Konstruktionen im Farbdreieck bekanntlich nur für das reine Tagessehen Geltung haben. Bei den üblichen künstlichen Beleuchtungsstärken ist die Einmischung des Dämmerungsapparates (der Stäbchen) durchaus nicht mehr ganz unbedeutend. In praktisch besonders wichtigen Fällen, so beim Lesen, Schreiben, bei weiblichen Handarbeiten wird nun allerdings ein bestimmter Beleuchtungserfolg in erster Linie an der Stelle des deutlichsten Sehens angestrebt, wo die Stäbchen *fehlen*. Dann ist die Anwendung des Farbdreiecks, legitim und man hat nur — was nicht immer ganz leicht ist — dafür zu sorgen, daß auch die *Messungen*, welche die Konstruktionsdaten liefern, mit den *Zapfen* allein ausgeführt werden. Ein extremes Beispiel einer künstlichen Beleuchtung, die *nicht* nach ihren Eigenschaften für das Tagessehen bewertet werden darf, liefert die rote Dunkelzimmerlampe. In ihrem Licht sehen wir wegen der Unempfindlichkeit der Stäbchen gegen lange Wellen *viel* schlechter als bei einer weißen oder gelben Beleuchtung von solcher Stärke, daß ihr vom Standpunkte des Tagessehens der gleiche Helligkeitswert z käme. Damit hängt m. E. auch die besondere Eignung *roter* Beleuchtung für *mediumistische* Experimente zusammen, wobei es für die physiologisch-optische Seite der Sache ja nicht darauf ankommt, ob das hochempfindliche Dämmerungsorgan des *Mediums* — oder am Ende gar das der *Kontrollpersonen* so zarte Rücksichtnahme erfordert!

E. SCHRÖDINGER.

¹⁾ F. EXNER, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss., Wien. Mathem.-naturw. Kl. IIa 129, 27. 1920.

²⁾ Vgl. auch J. v. KRIES, Zeitschr. f. techn. Phys. 5, 327. 1924.

³⁾ F. EXNER, l. c. 127, 1829. 1918.

⁴⁾ K. W. F. KOHLRAUSCH, Phys. Zeitschr. 21, 423. 1920.

⁵⁾ H. E. IVES, Journ. Franklin Inst. 195, 23. 1923. Vgl. auch die IVESschen Arbeiten in Philosoph. mag. 1912.

¹⁾ W. ABNEY, Proc. of the roy. soc. of London, Ser. A 83, 462; 84, 449. 1910; 86, 42. 1911; 87, 326. 1912.

Additions to our knowledge of old spectacles.

M. VON ROHR, a summary of papers published in 1923–24 relating to the subject of the Thomas Young Oration of 1923. (MS. rec. 16. II., read and disc. 12. III. 25. Trans. Opt. Soc. 1924/5. 26, 175–87, 9+.) Die hier vorliegende Arbeit wird nicht wegen der Beschreibung alter Brillen besprochen, sondern weil sich darin Hinweise auf ein älteres Hilfsmittel zum Sehen in die Ferne finden, das auch weiteren Leserkreisen von einiger Wichtigkeit erscheinen mag.

Im Jahre 1585 ist in London eine umfänglichere Schrift verfaßt und ein kurzer Hinweis gedruckt worden, die beide von einem *perspective glass* Kunde geben, das zu so früher Zeit zum Sehen in die Ferne diente. Es handelte sich dabei um kein zusammengesetztes Gerät nach Art des holländischen Fernrohrs, sondern um eine einfache Sammellinse gelegentlich von sehr großer Brennweite und recht bemerkenswertem Durchmesser. Das von ihr entworfene Bild wurde mit bloßem Auge betrachtet, erschien vergrößert, und zwar dem Übersichtigen aufrecht, dem Kurzsichtigen aber auf dem Kopfe stehend. Nachforschungen in Schriftwerken wenig späterer Zeit ließen erkennen, daß auch J. B. PORTA 1589 und J. KEPLER 1604 von solchen Hilfsmitteln Kenntnis hatten. Nach der Darstellung des Letztgenannten ist es nicht unwahrscheinlich, daß man auf eine solche Verwendung ganz schwacher Sammellinsen durch Versuche in der damals weit verbreiteten dunklen Kammer (*camera obscura*) gekommen ist. Auch nach der Erfindung und Weiterbildung des zusammengesetzten Fernrohrs hat man jene *perspective glasses* noch verwandt. Beispielsweise hat noch 1719 I. NEWTONS Schüler J. A. DESAGULIERS, Schiffen eine so einfache Vorkehrung empfohlen, um mit dem Zeitpunkt der Bedeckung der Jupitermonde eine sichere und bequeme Prüfung des Ganges der Schiffsuhren zu erhalten. Beachtet man eine so hohe Bewertung der schwachen Sammellinse noch im ersten Viertel des 18. Jahrhunderts, so wird man ermessen, wieviel man um 1585 in England am Himmel hätte entdecken können, wenn man das *perspective glass* auf die Sterne gerichtet hätte. Doch hat erst GALILEI seit 1609 dieses Forschungsgebiet erkannt und mit dem glänzendsten Erfolge bestellt, obwohl sein erstes Fernrohr eine merklich schwächere Vergrößerung lieferte als das *perspective glass* von 1585.

Kleinere Linsen dieser Art wurden nach der ausführlicheren Schrift von 1585 als einzelne Brillengläser getragen, und zwar scheint es nach einer gelegentlichen Erwähnung in dem SHAKESPEARESchen Stücke „As you like it“, als seien für Augenhilfen solche einzelnen *perspective glasses* damals in der Hofgesellschaft bevorzugt worden. (Mit ziemlicher Sicherheit wird man annehmen können, daß als Brillengläser nicht nur Sammel-, sondern auch Zerstreuungslinsen verwandt wurden.) Die minder begünstigten Volksschichten mögen dagegen — nach „Coriolanus“ Bügelbrillen (*spectacles*) getragen haben.

In Deutschland nannte man, wie hier hinzugefügt sei — wohl seit dem Ausgang des 17. Jahrhunderts — solche dem Auge vorgehaltenen Einzellinsen *Ferngläser*, und diese Bezeichnung findet sich in der SCHLEGEL-TIECKschen SHAKESPEARE-Übersetzung für das oben angeführte *perspective glass*. Das ist auch nicht wunder-

bar, weil sich diese aus der Renaissancezeit stammende Sitte des leicht zu entfernenden Vorhalteteglasses auf dem Umwege über Frankreich auch in der deutschen Oberschicht eingeführt hatte. Besonders bezeichnete man eine einzelne Zerstreuungslinse als *Fernglas*, womit sich der Kurzsichtige in der Gesellschaft einen flüchtigen Blick auf die fernere Umgebung ermöglichte. Auch hierfür läßt sich ein Dichterwort aus dem Ausgang des 18. Jahrhunderts anführen, nämlich Wagners Klage:

Ach! wenn man so in sein Museum gebannt ist,
Und sieht die Welt kaum einen Feiertag,
Kaum durch ein Fernglas, nur von weiten,
Wie soll man sie durch Überredung leiten?

Die dem unter seinem kurzen Gesicht leidenden GOETHE geläufige Vorstellung wird sofort klar, wenn man an ein (namentlich etwas weitab gehaltenes) Zerstreuungsglas denkt, wo die Einzelheiten zwar scharf, aber verkleinert („von weiten“) erscheinen. An ein *Fernrohr*, das wir heute leider nur zu häufig als gleichbedeutend mit *Fernglas* benutzt finden, darf man nicht denken, da dieses ja nach seiner Winkelvergrößerung ferne Gegenstände gerade „heranzieht.“
Selbstanzeige.

Über schnelle Elektronenstrahlen im freien Luftraum.

Da die Kathodenstrahlen mit den beim radioaktiven Zerfall auftretenden β -Strahlen identisch sind, hat man verschiedentlich versucht, Elektronen hoher Geschwindigkeit in die Luft eintreten zu lassen, um so die medizinisch-physiologische Wirkung von β -Strahlen zu erzielen. Jetzt ist es nach einer vorläufigen Mitteilung W. D. COOLIDGE gelungen, Elektronen hoher Geschwindigkeit und erheblicher Menge in den Luftraum zu überführen (Science. 13. XI. 1925). Als Elektronenquelle dient eine Glühkathode, wie in den modernen Röntgenröhren. Die angelegte Spannung entspricht auch den neuesten Groß-Röntgenanlagen bis 250 kV. Der Strom in der Röhre erreicht einige Milliampere. Ein kleines, dünnes Al-Fenster (LENARD 1894) ist also zum Austritt so erheblicher Elektronenintensitäten nicht geeignet. Durch eine besondere Konstruktion kann ein Al-Fenster von 0,025 mm Stärke und 8 cm Durchmesser benutzt werden. Die niedrigste Röhrenspannung, bei der die Wirkung von schnellen Elektronenstrahlen dicht vor dem Fenster bemerkbar wird, beträgt 70000 V. Die größte beobachtete Reichweite war bei 250 kV bereits 46 cm. Die Reichweite in Luft von Atmosphärendruck läßt sich durch eine lineare Funktion der angelegten Spitzenspannung darstellen: Reichweite in cm = $0,254 \cdot kV - 17,8$.

Bemerkenswert ist die Leuchterscheinung, die sich mit steigender Spannung immer weiter von dem Fenster ausbreitet, ein purpurfarbenes Glimmlicht, das sich infolge der Streuung auch nach den Seiten ausbreitet. Die Wirkung der Strahlen ist im Vergleich zu normalen Ra-Präparaten ganz gewaltig: Rizinusöl verwandelt sich sehr schnell in einen festen Körper, gelber Rohrzucker wird weiß und gibt bei nachfolgender schwacher Erwärmung beträchtliche Mengen Gas ab. Durch Bestrahlung von $\frac{1}{10}$ s Dauer traten am Ohr eines Kaninchens bereits die Verbrennungswirkungen normaler Ra-Strahlung auf, Sporen von *Bacterium subtilis* wurden getötet und große Stubenfliegen vernichtet.

LÜ. (E. T. Z. 11. 2. 26).

Die Synthesiologie von Martin Heidenhain als Versuch einer allgemeinen Theorie der Organisation.

Von W. HUECK, Leipzig.

Als ich vor einiger Zeit (s. diese Zeitschr. 1923, Nr. 9) die Wandlungen aufzeigte, die die allgemeine Krankheitslehre in den letzten Jahrzehnten durchmacht, mußte zunächst die Stellung der Cellulartheorie in der modernen Biologie beleuchtet werden. Von den Forschern, die die Schwächen dieser Theorie am schärfsten und frühesten erkannt haben, wurde MARTIN HEIDENHAIN, der Tübinger Anatom, namhaft gemacht und zur Begründung auf ein in dieser Zeitschrift über seine Arbeiten erscheinendes Referat verwiesen. Äußere Zufälligkeiten verhinderten dies von einem Fachgenossen HEIDENHAINS in Aussicht genommene Referat. Wenn ich als pathologischer Anatom (auf Bitten des allzu früh verstorbenen BRAUS hin) es wage, dies Referat jetzt selbst zu schreiben, so tue ich es vor allem in der Überzeugung von der prinzipiellen Bedeutsamkeit der HEIDENHAINschen Lehre und zum Ausdruck meines Dankes an meinen ersten Lehrer in der Anatomie.

Die Beobachtungen und Gedankengänge HEIDENHAINS, die ihn zur Aufstellung der Synthesiologie, d. h. einer synthetischen Theorie der Organisation des tierischen Körpers, geführt haben, seien im Anschluß an eine von ihm selbst in der Klinischen Wochenschrift 1925, Nr. 3 und 11 gegebene Übersicht hier in folgender Weise wiedergegeben:

HEIDENHAIN geht aus von dem Versuch, die morphologische Verfassung des Körpers zu ergründen. Schon 1899 drückt er in einem Vortrag klar aus, daß die bisherige cellulare Theorie dazu nicht imstande sei. In Verfolg der von SCHWANN übernommenen Lehre hatte sie die Zelle zum letzten selbständigen Baustein des lebenden Organismus gemacht. Sein Ganzes war gleich der Summe der einzelnen Teile. HEIDENHAIN fühlte schon damals, daß ein Ganzes weit mehr ist. Löst man den Körper in eine Summe selbständiger Einzelindividuen auf, als welche man die Zelle betrachtet, so ist man verpflichtet zu sagen, durch welche Vorgänge sie gerade zu diesen besonderen Formen zusammenzutreten, um gerade diese besonderen Funktionen zu erfüllen. Er faßte also schon damals die heute jedem geläufige Vorstellung, daß ein Aggregat von Zellen und die Summe ihrer Eigenschaften keine Erklärung abgibt weder für die speziellen Formen, die wir im Körper beobachten, noch für die Funktionen, die wir an Gewebsverbänden und Organen beobachten. Diese zeigen zwar Eigenschaften, die auch den einzelnen Zellen zukommen, die sie zusammensetzen, aber sie zeigen auch Bau und Funktionen, die ihnen nur als einem in sich geschlossenen

und geordneten System zukommen. Es galt den Schlüssel zu dieser Ordnung zu finden.

HEIDENHAIN glaubte anfangs das Problem durch Auffindung einer bestimmten Richtungsorganisation in der Zelle lösen zu können. Er ging daher an ein umfassendes und sorgfältiges Studium der verschiedensten cellularen und protoplasmatischen Strukturen. Diese Arbeiten hatten zwar mancherlei Teilergebnisse (polare Organisation der Leukocyten 1894, polar-bilaterale Organisation der Darmepithel- und Flimmerzelle 1899), machten ihn auch zu einem unserer kenntnisreichsten und technisch überlegensten Mikroskopiker (was seinen Ausdruck in dem bekannten Werk über „Plasma und Zelle“ 1907 und 1911 fand), führten aber wegen der Schwierigkeit des Objektes noch nicht zu dem gewünschten Ziel. Erst die Untersuchung fibrillärer Strukturen, besonders des Muskels (1898 begonnen), führte zur Auffindung einer Lösung, die sich ihm in der Folgezeit als fruchtbar erwies. Es war die Entdeckung *vom Stufenbau des Organismus auf der Basis der Fortpflanzungserscheinungen der Teilkörper*.

Ihr liegt die nachfolgende Vorstellung zugrunde: Der Organismus ist kein Aggregat verschiedenartiger Bausteine, sondern ein ganz bestimmtes Ordnungssystem. Dies besteht darin, daß jeweils ein System einfacherer Ordnung in einem System höherer Ordnung enthalten ist. Nehmen wir als Beispiel den Muskel, so sind hier Systeme verschiedener Größenordnung ineinander geschachtelt: Fibrillen, Säulchen, Muskelfasern, Fleischfasern und schließlich der makroskopische Muskel. Die einzelnen Systeme sind nun dadurch gekennzeichnet, daß sie bestimmte Formstücke in ständiger Wiederholung enthalten. Dies sind die von HEIDENHAIN (in Anlehnung an WIESNER) sog. „Teilkörper“ oder „Histomeren“. Ein Histomer niedriger Ordnung tritt mit einer bestimmten Zahl anderer Histomeren zu einem „Histosystem“ höherer Ordnung zusammen. So ist z. B. das Histosystem „Zelle“ zusammengesetzt aus den Histomeren: Kern, Zentrum, GOLGIScher Apparat, Fibrillen, Grundmasse — das Histosystem „Kern“ wieder aus den Chromosomen und der sie enthaltenden Grundmasse — das Histosystem „Chromosom“ aus Chromiolen und Lininfaden usw. Oder anders ausgedrückt: der Kern ist ein Histomer, d. h. Teilkörper der Zelle, die Zelle ist das ihn umschließende Histosystem; der Kern selbst ist wiederum ein Histosystem, in dem das Chromosom als Teilkörper, Histomer, enthalten ist usw.

Natürlich erhebt sich die Forderung nach einer scharfen Umreißung des Begriffs „Teilkörper“. Wie der Namen sagt, sieht HEIDENHAIN als seine wesentliche Eigenschaft das *Teilungsvermögen* an.

Die histologische Forschung des letzten Jahrhunderts hat gezeigt, daß das Vermögen der Fortpflanzung durch Teilung in der belebten Natur allenthalben vorkommt, daß es keineswegs nur der Zelle anhaftet, sondern daß auch Kern, Centrosomen, Plastosomen usw. das Vermögen der Selbstteilung besitzen. Es lag deshalb nahe, in diesem Teilungsvermögen eine grundlegende Eigenschaft lebender Systeme zu sehen. Macht nun diese Eigenschaft bei der Zelle nicht halt, so drängt sich einerseits sofort die Frage nach den kleinsten Lebenseinheiten auf, die eben noch dieses Vermögen der Selbstteilung besitzen, und andererseits erhebt sich die Forderung des Nachweises der Teilbarkeit von Zellverbänden als Ganzes.

Die erste Frage glaubt HEIDENHAIN so beantworten zu sollen, daß er — wie dies bekanntlich zahl-

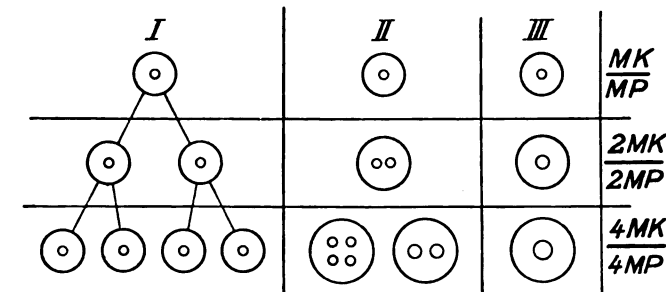


Fig. 1. Schema zum synthetischen Wachstum der Zellen durch Verdoppelung des Plasmavolumens.

reiche Forscher tun — diese kleinsten Einheiten jenseits des mikroskopisch Sichtbaren sucht. Er sieht es als ein logisches Postulat an, daß die mechanische Teilbarkeit eine Form unseres kategorialen Denkens ist. Dann muß auch das Protoplasma solange als aufteilbar *gedacht* werden können, bis man an die Grenze kommt, jenseits welcher es in seine unlebendigen Bestandteile Eiweiß, Salze, Wasser zerfällt. Unmittelbar vor dieser Grenze muß der ultimus terminus der lebendigen Substanz, der kleinste mögliche Formwert, welcher zugleich auch die gesuchte kleinste physiologische, durch Selbstteilung fortpflanzungsfähige Einheit ist, liegen. Diese bezeichnet HEIDENHAIN als „Protomer“. Die Protomerentheorie besagt also zugleich, daß die Fortpflanzbarkeit eine Eigenschaft der lebendigen Masse ist — ebensogut wie Stoffwechsel und Irritabilität —, und daß nicht das kleinste lebende Teilchen jemals von neuem entstehen könne, sondern eine lebendige Mutter haben muß, d. h. immer nur von seinesgleichen abstammt.

Diese Theorie hat ihre Brauchbarkeit zunächst als Arbeitshypothese dem Autor insofern aufs beste bewiesen, als es ihm gelungen ist, „das Gesetz des Wachstums der lebendigen Masse in kon-

stanten Proportionen“ aufzustellen und unter Mit Hilfe seines Schülers JACOB am Objekt durch Messung zu bestätigen. Ausgangspunkt war die von R. HERTWIG (1903) gefundene und von BOVERI (1905) experimentell ausgebaut Kern-Plasma-Regel, die besagt, daß die Masse des Kerns und die Masse des Plasmas in konstanter Relation steht,

$$\left(\frac{\text{Masse des Kerns}}{\text{Masse des Protoplasmas}} \text{ in Fig. 1.} \right),$$

das Verhältnis von Kern-Protoplasma bleibt bei Wachstum und Teilung der gleichen Zellart immer dasselbe (s. Reihe I der Fig. 1). Im Sinne der Protomerentheorie würde das bedeuten, daß je im Kern- und Zellplasma eine konstante Summe teilungsfähiger Lebenseinheiten, der Protomeren, enthalten ist, welche bei Gelegenheit der Zellteilung für gewöhnlich vollkommen durchgespalten werden. Es kommen nun bekanntlich Fälle vor, wo nur der Kern sich teilt, die regelrechte Teilung des Zellleibes aber ausbleibt. Es entstehen dann mehrkernige Zellen mit 2, 3, 4 usw. Kernen. HEIDENHAIN bezeichnet diese als Zwillinge, Drillinge, Vierlinge, oder als Di-, Tri-, Tetra- usw., kurz als Polymere der einfachen Zelle (s. Reihe II der Fig. 1). Die vielkernige Muskelfaser im reifen Zustand ist ein solches Polymer der anfangs einkernigen, embryonalen Muskelzelle: die Kerne haben sich geteilt, das Protoplasma muß für die äußere Betrachtung als ungeteilt geblieben bezeichnet werden. Aber das Plasmavolumen ist entsprechend vermehrt, was nach HEIDENHAIN auf einer Teilung der (unsichtbaren) Protomeren im Plasma beruht. Im Gegensatz zu der „effektiven“ Teilung des Histosystems Kern spricht HEIDENHAIN daher in diesem Falle beim Histosystem Plasma von einer „inneren“ Teilung oder einer Teilung „der Anlage nach“.

Nun gibt es Fälle (s. Reihe III der Fig. 1), wo auch die Kernteilung ausbleibt. Hier wachsen Kern und Protoplasma lediglich auf dem Wege der „inneren Teilung“. Die objektive Messung hat die Richtigkeit dieses Gedankens bestätigt: JACOB hat in sehr mühsamen und äußerst sorgfältig durchgeführten Untersuchungen zunächst die Volumina der Kerne der Leberzellen der Maus bestimmt (die der Zellen selbst sind wegen ihrer polyedrischen Form unbestimmbar) und sie nach Variationskurven geordnet. Er fand, daß 4 Kerngrößen am häufigsten sind, die sich rechnerisch fast genau wie 1 : 2 : 4 : 8 verhalten, wobei in der embryonalen Leber nur Kerngrößen der ersten Kurve (mit dem niedrigsten Maximum) vorkommen. Diese Beobachtung entspricht also der theoretischen Forderung eines rhythmischen Wachstums eines Histosystems durch Verdoppelung der gesamten, in seiner lebendigen Substanz enthaltenen, teilungsfähigen Lebenseinheiten oder Protomeren.

Wenn sich das Wachstum in konstanten Proportionen bei dem Histosystem „Kern“ leicht nachweisen läßt [JACOB¹⁾ ist es noch an zahlreichen anderen Objekten gelungen], wird dies beim Protoplasma größere, vielleicht zunächst unüberwindbare Schwierigkeiten haben, da es — abgesehen von der oft durch die äußere Form bedingten Unmöglichkeit einer rechnerischen Volumenbestimmung — eine wechselnde Menge unlebendiger Einschlüsse enthalten kann, die nicht in Abrechnung zu bringen sein werden. Doch wird man bei der anderweitig sichergestellten konstanten Kern-Plasma-Relation vielleicht das für den Kern Gefundene auch auf das Protoplasma übertragen dürfen.

Wie steht es nun mit dem Nachweis, daß es auch der Zelle übergeordnete Histosysteme gibt, die das Vermögen der Teilbarkeit zeigen? Dies konnte HEIDENHAIN an zahlreichen Objekten in schönster Weise beobachten. Jedem Betrachter des Organismus drängt sich die Erscheinung auf, daß der typische Aufbau zahlreicher Organe durch die fortdauernde Wiederholung bestimmter Formwerte gegeben ist: die epithelialen Röhren und Läppchen der Drüsen, die Zotten der Dünndarmschleimhaut, Papillen der Zunge, Follikel der Schilddrüse, Fasersysteme der Muskeln und Sehnen usw. Diese Formwerte treten „in hoher Auflage“ auf, und schon das legte HEIDENHAIN den Gedanken nahe, sie könnten „effektiv“ — also in sichtbarer Form, so wie sie vorlagen — oder „in der Anlage“ durch Teilung, Spaltung, Knospung bestimmter Teilkörper niedriger Ordnung (Zellen und Zellkomplexe, Muskelfasern, Bindegewebsbündel usw.) entstanden sein, die dann durch eine Art Synthese zu — unter Umständen abermals teilbaren — Histosystemen einer oberen Ordnung zusammentreten. In der Entwicklung würden wir also eine aufsteigende Synthese mit stetigen Übergängen von den niederen zu den höheren Graden der Mannigfaltigkeit vor uns haben. Diese Synthese kann sich — in Analogie zu dem chemischen Begriff — in einer tatsächlichen Verbindung vorher getrennter Teile äußern (Neuronen mit Erfolgsorgan u. a.), wird aber oft nur darin bestehen, daß die sich vermehrenden Formwerte unter Aufrechterhaltung ihres primären embryodynamischen

¹⁾ Die ausführliche Arbeit JACOBYS konnte ich leider erst nach der Niederschrift dieses Referates kennenlernen. Sie ist im Arch. f. Entwicklungsmech. 106 erschienen. Die Untersuchungen belaufen sich auf die Kerne der Leberzellen von Proteus, Maus, Ratte und Echidna — des Pankreas von Ratte und Maus — der interstitiellen Zellen des Schweinehodens — der Belegzellen der Fundusdrüsen des Katzenmagens — der Niere der Maus. Abgesehen von der grundlegenden Bedeutung der ausgezeichneten Untersuchungen für die Protomerentheorie enthalten sie wertvolle Beobachtungen über die Bedeutung der Amitose für das Wachstum und für die rhythmische Periodik der lebenden Substanz.

Zusammenhangs in Kombinationen höherer Ordnung übergehen — z. B. werden die Epidermiszellen, die embryonalen Drüsenröhren, die Scheitelknospen der wachsenden Drüsenbäumchen bei ihrer „Teilung“ sich äußerlich nicht vollständig durchteilen, ihre Nachkommen verharren in einem primären Zusammenhang. Dies ergibt dann die von HEIDENHAIN sog. „Stockbildung“ oder den „Histokormus“ — in Analogie zur Stockbildung wirbelloser Tiere. Hier kommt aufs schärfste der Gegensatz HEIDENHAINs zur bisherigen „Bausteintheorie“ des Organismus zum Ausdruck. Diese ließ bei den Teilungsfolgen alles in einzelne Individualitäten zerfallen, HEIDENHAIN läßt die sich teilenden Gebilde auseinanderreten, aber in einem gegebenen lebendigen Zusammenhang bleiben. Er möchte das „Diachorese“ nennen. Vermehrung der Formwerte durch „Teilung“ und „Synthese“ sind also Bezeichnungen für den nämlichen Vorgang, der nur von zwei Seiten betrachtet wird. Und der

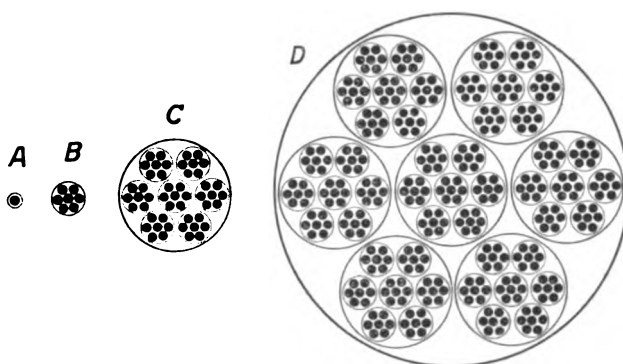


Fig. 2. Konstruktive Darstellung der Entstehung eines Schachtelsystems auf der Grundlage der fortgesetzten Spaltung eines teilbaren Formwertes bei gleichzeitiger Zunahme der Zwischensubstanz.

„lebendige Zusammenhang“ ist bei HEIDENHAIN deshalb kein unvorstellbarer leerer Terminus, Synthese also keine Phrase, weil er durch den Nachweis der abermaligen Teilungsfähigkeit des in diesem Zusammenhang stehenden Gebildes als Ganzes (siehe Scheitelknospen der Drüsenbäumchen) jederzeit demonstriert werden kann. Die Durchforschung des Organismus ließ nun zuerst am Aufbau des Muskels (1899–1902) das Prinzip der Synthese von Teilkörpern zu höheren Ordnungssystemen aufs klarste erkennen, und zwar geht hier, wie jeder Querschnitt leicht zeigt, die Zusammenfügung der Teilkörper in Form des „Schachtelsystems“ vor sich. Die Vorgänge sind an den Muskelfibrillen, die streng nach den Dimensionen des Raumes ausgerichtet sind, am besten sichtbar. Je mehr eine Faser an Kaliber zunimmt, um so mehr zeigt sie auf dem Querschnitt das Bild, das in Fig. 2 in aufsteigender Folge schematisch dargestellt ist: Zunächst sieht man bei A den Querschnitt einer Fibrille mit geringer protoplasmatischer Umhüllung; durch Teilung in eine bestimmte Zahl (im Schema sind 7

willkürlich angenommen) von Tochterelementen entsteht — die zunächst unsichtbare Protomeren-teilung im Protoplasma wird kenntlich an der entsprechenden Volumenzunahme des Protoplasmas — ein bestimmtes Histosystem höherer Ordnung *B*, das wiederum durch entsprechende Zerlegung in 7 Teilkörper in die analoge Form *C* übergeht, diese in *D* usw.

Die Muskelfasern der Insekten und Krebse zeigen dieses „Schachtelsystem“ (Enkapsis) aufs schönste, die Wirbeltiere weniger, weil bei ihnen

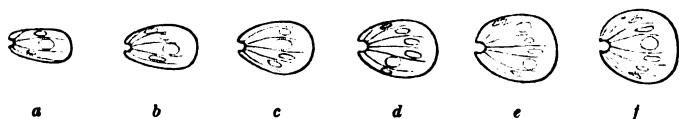


Fig. 3 a. Homologe Reihe der einporigen Knospen. Das Histosystem der Knospe wächst durch Teilung der nächst untergeordneten Histomeren, nämlich der Zellen.

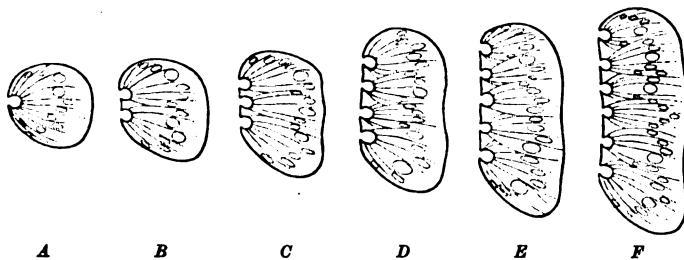


Fig. 3 b. Homologe Reihe der polymeren Knospen. Das Histosystem der Knospe unterliegt bei wachsender Zellenzahl der inneren Teilung, woraus der Reihe nach die Knospen der oberen Ordnungen, Dimeren, Trimeren, Tetrameren usw. hervorgehen.

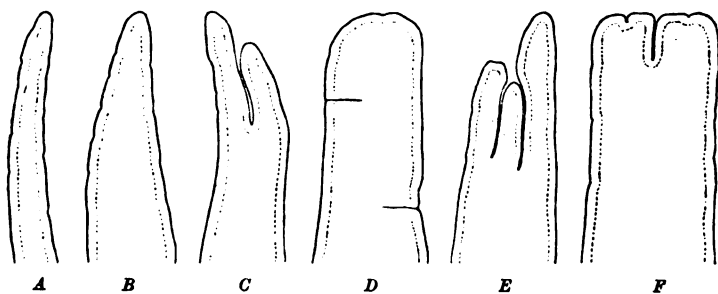


Fig. 4. Homologe Reihe der Darmzotten. *A* = Monomere; *B* = ungeteilte, *C* = geteilte Dimere; *D* = ungeteilte, *E* = geteilte Trimer; *F* = Tetramere. *A* = zylindrische, *B*–*F* = flache Formen der Dünndarmzotten aus dem Jejunum der Katze.

das die teilbaren Fibrillen enthaltende Sarkoplasma nicht in gleichem Maße zunimmt. HEIDENHAIN muß hier eine „Latenz“ des einen Teilkörpersystems annehmen. Andererseits zeigt auch bei den Wirbeltieren bekanntlich ein Querschnitt durch einen ganzen Muskel ein typisches Schachtelsystem, insofern sich Muskelfasern und interstitielles Bindegewebe gleichmäßig durch Spaltung vermehrt haben.

Es folgen, um etwa die zeitliche Reihenfolge der HEIDENHAINschen Untersuchungen einzuhalten, die

Arbeiten über die Teilkörpernatur der Dünndarmzotten (1911) und Geschmacksknospen (1914). Der Raum verbietet es leider, im einzelnen den Gang dieser Untersuchungen darzulegen. Es ist das insofern bedauerlich, als nur hierdurch der Leser ein Bild von der ungemein sorgsam und äußerst mühevollen Arbeit bekommen würde, die hier geleistet ist. Gilt es doch zunächst ein klares Bild von der räumlichen Gestalt, dem körperlichen Aufbau der zu untersuchenden Gebilde zu schaffen. Auch unabhängig von der Beurteilung der Theorie

als solcher sind hier dauernd wertvolle Tatsachen über Aufbau und Wachstum ans Licht gekommen. Die Ergebnisse können — in der Deutung natürlich, die ihnen HEIDENHAIN geben zu müssen glaubt — an dieser Stelle nur in Form der kurzen Schemata aus den Arbeiten des Verf. wiedergegeben werden. Die Geschmacksknospen (untersucht wurden die in der Papilla foliata des Kaninchens) können in der Weise wachsen, daß sich die in ihnen enthaltenen Zellen durch Teilung vermehren (s. Fig. 3a): in der Nomenklatur HEIDENHAINs: das Histosystem Geschmacksknospe wächst durch Teilung der nächst untergeordneten Histomeren, der Zellen. Man kann diese Knospen in einer homologen, aufsteigenden Reihe ordnen von den kleinsten bis zu den größten, deren Glieder etwa je um eine Zelle wachsen. Das wären die „Monomeren“, in denen der Teilkörper „Geschmacksknospe“ nur einmal vertreten ist. Daß diese durch Synthese entstanden ist und dauernd einen lebendigen inneren Zusammenhang hat, beweist das Vorkommen einer Teilung der Knospe als solcher, kenntlich an der Verdoppelung der Pore und der Ampulle der Knospe und der Zellen (s. Fig. 3b). Dabei unterbleibt häufig die vollkommene Trennung der Gebilde durch Auftreten der Scheidewand, die Tochterknospen bleiben in teilweisem Zusammenhang (s. oben), und so entstehen die Zwillings-, Drillings- usw. -Formen (Di, Tri- bis zur Hexamere) der Fig. 3b.

Eine ähnliche Reihe läßt sich für die Darmzotten aufstellen (s. Fig. 4). Hier kannte man seit langem die „zylindrischen“ (Fig. 4 A) und „flachen“ (Fig. 4 B–F) Zotten, und HEIDENHAIN zeigt, daß letztere in ihrer Grundfläche ein bestimmtes Vielfache (es fand sich ein mittleres Verhältnis wie 1 : 2 : 3 : 4) der zylindrischen Zotte zeigen, und daß (s. z. B. *E* und *F* in Fig. 4) viele der ungeteilten flachen Zotten äußerlich entsprechend ihrem Formwert (Vielfaches der einfachen) eingefurcht sind. Er faßt also die flachen Zotten als ent-

sprechende Mehrlinge der einfachen auf, wobei entweder die Teilung äußerlich ganz unterblieben ist oder sich partiell in den Furchen und Kerben verrät. Wieder also wie bei den Geschmacksknospen treten bei den Dünndarmzotten Histosysteme einer niederen Ordnung (Epithelzellen, glatte Muskelzellen, Bindegewebszellen usw.) zu einem Histosystem oberer Ordnung, dem Körper der Zotte, zusammen, welche ihrerseits als ein Ganzes teilbar ist. Unterbleibt die Teilung äußerlich oder findet sie nur partiell statt, so entstehen die Mehrlingsbildungen (oft kenntlich an den äußeren Furchungen und Einkerbungen), die schon das nächsthöhere Ordnungssystem zeigen, da sie das Vielfache der Knospe oder Zotte darstellen.

Die Ergebnisse der zeitlich auf die Untersuchung der Darmzotten folgenden Arbeit über die Muskelsäulchen der Forelle (1913) und die Noniusfelder der Muskelfaser (1919) können schematisch mit denen der spaltenden Drüsen vorgetragen werden. Die Durcharbeitung der Speichel-, der kleinen STENOSCHEN Nasen-, der LIEBERKÜHNSCHEN Darmdrüsen (1921) und der Niere (1923) sowie der Lunge durch HEIDENHAIN'S Schüler BENDER (1925) ergab, daß es unter den Drüsen zwei Hauptformen gibt: spaltende und sprossende (s. d. Schemata Fig. 5 und 7). Der Typus der spaltenden Drüse ist gegeben in den LIEBERKÜHNSCHEN Drüsen und den Sammelrohrsystemen der Niere, die der sprossenden am reinsten in der Lunge; die Speicheldrüsen wachsen ebenfalls durch Sprossung, zeigen gleichzeitig aber auch Röhrenspaltung.

Die Drüsen aller Art wachsen natürlich zunächst auf dem Wege der Zellteilung. Aber es ist nicht einzusehen, wie es durch die einfache Vermehrung dieser Bausteine zu so differenten äußeren Formgestaltungen der Drüsen kommen soll, wie wir sie im Körper finden. Diese werden erklärlich, wenn wir uns vorstellen, daß — infolge einer bestimmten, uns natürlich vorläufig unbekannten embryodynamischen Verfassung — gewisse Zellkomplexe zu einem System oberer Ordnung zusammentreten, welches System dann wiederum als Ganzes teilbar ist. Dieses durch Teilung und Synthese („Diachorese“ nach HEIDENHAIN) zusammengeordnete System sieht bei einer spaltenden Drüse schematisch so aus, wie es Fig. 5 zeigt. Es stellt folgenden Entwicklungs- und Wachstumsprozeß dar: Zunächst ist in bekannter Weise durch Zellteilung und Kanalisierung eine Drüsenröhre entstanden (A). Der Querschnitt am apikalen Ende gewinnt an Ausdehnung, und es erscheint eine Einkerbung oder Einfaltung (B), welche sich allmählich in der Richtung basalwärts fortsetzt; der nämliche Vorgang wiederholt sich mehrfach vom Ende her (C, D), und so entsteht das büschelförmige Drüsenbäumchen F. Aus der Zeichnung geht ferner hervor, daß die am apikalen Ende vor jeder Spaltung auftretende Querschnittserweiterung sich basalwärts fortsetzt, so daß die Mutterröhren an Breite gewinnen; der Querschnitt eines Drüsenrohres wird also abhängig sein von der Zahl der

Endäste. Da sich die spaltenden Drüsen rein dichotomisch verzweigen, ihr Aufbau also ein radiärer ist, kommen die blinden Enden der Röhren alle in die Peripherie zu liegen (im Gegensatz zu den sprossenden Drüsen, bei denen die blinden Enden durch das ganze Parenchym hindurch zu liegen kommen).

Das Drüsenröhrchen A ist also nach HEIDENHAIN ein Histosystem, das sich durch Teilung vermehrt: B. Die Teilung führt aber nicht zur völligen Aufspaltung in zwei voneinander getrennte Röhrchen,

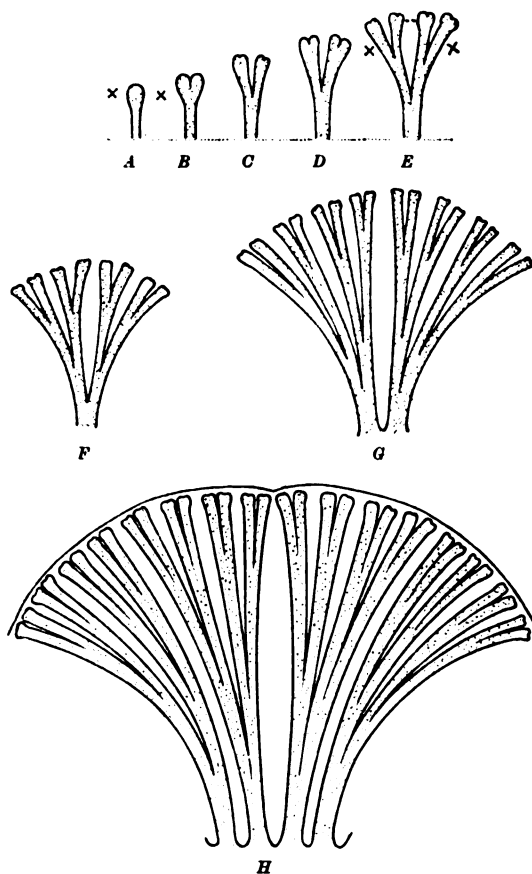


Fig. 5. Schema der Entwicklung einer *spaltenden* Drüse.

sondern bleibt eine partielle, es entsteht eine gewebliche Stockbildung in der Art büschelförmiger Drüsen, welche in formaler Hinsicht auch als fixierte Teilungszustände aufgefaßt werden könnten, da sie durch unvollständige Röhrenspaltung entstanden sind. Solche „fixierten Teilungszustände“ trifft man vielfach in den Darmdrüsen, die in der Reihe A–F ihr schematisches Abbild haben. Daß nun diese Pölymere aber wiederum Histosysteme höherer Ordnung darstellen, geht aus der Tatsache ihrer Spaltungsmöglichkeit hervor. In dieser Weise kommt in der Reihenfolge F, G, H der Fig. 5 die Grundstruktur der Lobi renales (Renculi) zustande.

Das Drüsenbäumchen *F* verhält sich als teilbarer Formwert oberer Ordnung; es unterliegt der Reihe nach mehrfachen Spaltungen, welche sich basalwärts bis auf die Papillengegend fortsetzen, und so entstehen mehrere gleichartige Drüsenbäumchen oder Büschel, deren Mündungen nebeneinander auf der Papille liegen. Bei HEIDENHAIN sehen wir deutlich, daß mehrere solcher Büschel zu einem besonderen Sektor des Renculus gehören. Diese Sektoren sind oft durchaus symmetrisch gestellt, buckeln sich an der Nierenoberfläche hervor und sind im Verhältnis zu den Drüsenbäumchen als Formwerte einer nächstoberen Ordnung anzusehen, welche wiederum spaltbar sind. Die Sektoren ihrerseits sind die Grundlage für die Teilungsfähigkeit der Renculi; letztere vermehren sich in der Ontogenese durch Spaltung auf der Basis der sektorialen Gliederung und nehmen somit an Zahl zu.

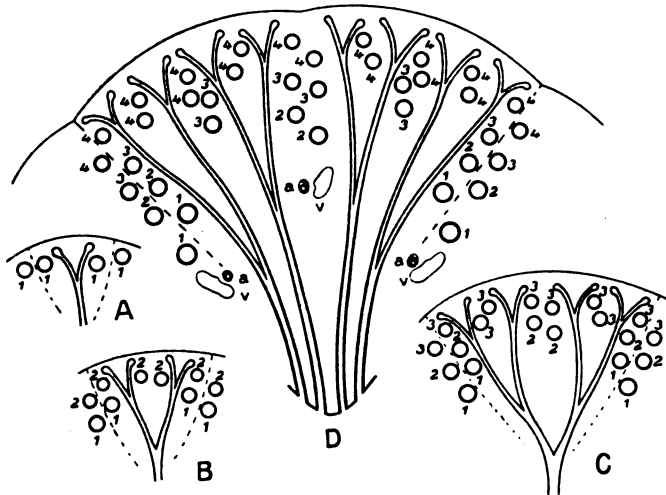


Fig. 6. Schema zur Verdeutlichung der Entstehung der Sektoren unter dem Einfluß des tangentialen Wachstums der Rinde.

Kurz erwähnt sei noch, daß die Anlegung eines Querschnittes etwa in mittlerer Höhe des Schemas *H* das Bild eines ausgesprochenen Schachtelsystems — nach Analogie der COHNHEIMschen Felderung des Muskelquerschnittes (s. oben) — ergibt, d. h. es stehen die Sammelröhren in kleineren Gruppen beisammen, welche sich durch zwischengeschobenes Bindegewebe zu größeren Gruppen vereinigen usw.

Leider verbietet der Raum, hier auf die zahlreichen sonstigen Ergebnisse einzugehen, die diese Untersuchung des Baues der Niere gezeitigt hat (Papillenbildung, „Epithelmantel“). Sie ist zweifellos eine der überzeugendsten Arbeiten des Verf. und ein guter Beweis für die Fruchtbarkeit seiner Theorie. Aber ein Punkt muß noch etwas ausführlicher besprochen werden: Als spaltendes Teilkörpersystem hat sich dem Verf. lediglich das System der harnleitenden Sammelröhren erwiesen, während im schärfsten Gegensatz dazu die sekretorischen Abschnitte (Glomerulus — Tubul.

cont. — Schleife und Schaltstück) als durchaus unspaltbar angesprochen werden müssen. Sie müssen daher im Laufe der Entwicklung immer wieder von neuem aus dem Anlagematerial, den nephrogenen Kapfen, erzeugt werden: diese Teile sind also nur in der Anlage teilbar, gegenüber den „effektiv teilbaren“ Sammelröhren.

Nun wird auf das leichteste eine bisher noch recht unklare Erscheinung in der Organisation der Niere verständlich: die sog. Emporhebung der Schaltstücke (FELIX). Eine solche benötigte man nämlich, um die Tatsache zu erklären, daß die in der Entwicklung zuerst angelegten sekretorischen Abschnitte anfangs in die Sammelröhren 4. Ordnung, später in der fertigen Niere aber in solche 11. — 12. Ordnung einmünden. Nimmt man HEIDENHAINs Deutung von der Spaltung der Sammelröhren als Wachstumsschema an, so wandern nicht die Sam-

melröhren herauf (die dafür nötigen Ablösungs- und Wiedereinpflanzungsvorgänge sind kaum vorstellbar), sondern ganz naturgemäß müssen bei fortschreitender Gabelung die fixierten Mündungsstellen der zuerst angelegten sekretorischen Abschnitte, eben die Schaltstücke, an den am weitesten außen liegenden Röhren sich befinden: man werfe nochmals einen Blick auf die Fig. 5: Die Schaltstücke münden erfahrungsgemäß am oberen ampullären Ende der Sammelröhre; nehmen wir an, etwa an Stelle der Sternchen in *A*, diese Punkte sind fixiert, werden also z. B. in *E* an den äußeren Röhren liegen, während die neu hinzukommenden Mündungen an den inneren Röhren liegen (die Punkte bei *E*). Zählt man nun die Gabelungsstellen als Ordnungszahlen für die Sammelröhren, so ist klar, daß die zuerst angelegten Fixpunkte in immer höhere Ordnungszahlen hinaufrücken,

was aber nur auf Zunahme und Tieferücken der Gabelungsstelle beruht.

Wachstum und Aufbau eines Renculus durch Spaltung der Sammelröhren und schichtweise (auf die Begründung hierfür kann hier nicht eingegangen werden) Anlagerung der sekretorischen Teile macht das folgende Schema der Fig. 6 klar. Es sei mit den Worten HEIDENHAINs beschrieben: „Wir nehmen in *A* einen kleinen Bezirk der Rinde an mit einer peripheren Astgabel und je einem sekretorischen Abschnitt zur Rechten und zur Linken, dargestellt durch die zugehörigen Glomeruli; zwei punktierte Linien sondern diesen gedachten Bezirk von den benachbarten ab, und in jedem derselben ist der Übersichtlichkeit halber noch ein Nachbarglomerulus angegeben. Im Fortschritt der Entwicklung nehmen wir bei *B* eine Übersichtung mit einer neuen Folge sekretorischer Abschnitte an, und zwar tragen wir nunmehr, weil die Oberfläche inzwischen gewachsen und die Astgabel durch Spaltung ver-

doppelt ist, 4 neue Glomeruli (bei 2) ein, diese in verschiedener Höhenlage, wegen der verschiedenen Geschwindigkeit ihrer Entwicklung; auch in den Nachbarabschnitten ist zur Ergänzung des Bildes je ein weiterer Glomerulus eingetragen. Wir sehen jetzt, daß die älteren, tiefer gelegenen Glomeruli (bei 1) in seitlicher Richtung auseinandergerückt sind. In gleicher Weise ist das Schema C konstruiert: abermals eine Verdoppelung der Astgabeln und ebenso eine Verdoppelung der Glomeruli in der oberflächlichen Schicht (bei 3), zuzüglich zweier Glomeruli in den Nachbarabschnitten. Wir bemerken nun, daß die ältesten Glomeruli (bei 1) sehr tief liegen und weit auseinandergerückt sind; aber auch die in der zweiten Schicht angenommenen Glomeruli sind seitlich auseinandergetreten, und es zeigt sich außerdem, daß die Rinde, in radialer Richtung gemessen, dort, wo die ältesten Glomeruli liegen, verhältnismäßig dick, wo die jüngsten befindlich sind, dünn ist (bei 3). Noch besser erkennt man den typischen Effekt dieser Entwicklungsvorgänge in dem Schema D, welches genau nach dem nämlichen, sagen wir geometrischen Prinzip konstruiert ist wie vorher: abermalige Spaltung der Sammelröhren und Verdoppelung der Astgabeln, jetzt mit Durchschneiden der Trennungsfalten bis zur Papillengegend, und ebenso abermalige Verdoppelung der Anzahl der zugewachsenen Glomeruli (bei 4). Nunmehr könnte die ganze Figur, als Schema gedacht, einen Renculus vorstellen, welcher zwei Sektoren in sich enthält."

Es erschien mir wichtig, dieses Schema vom Autbauplan der Niere hier wiederzugeben, denn es ist m. E. imstande, gewisse krankhafte Formveränderungen der Niere zu klären, für die bis heute noch keine Aufklärung gefunden ist. Wie kommt z. B. das jedem Mediziner geläufige Bild der regelmäßigen Höckerung einer Schrumpfniere zustande (Granularniere)? Natürlich zunächst so, daß bestimmte sekretorische Abschnitte veröden und einsinken — aber weshalb finden sich diese Einsenkungen (Schrumpfungsherde) in vielen Fällen in derart regelmäßigen Formen? Hierfür wird man nirgends eine Erklärung finden. Der hier von HEIDENHAIN vorgelegte Organisationsplan läßt sie ganz verständlich erscheinen. Zum mindesten fordert er zu einer Untersuchung nach dieser Richtung geradezu heraus, seine Theorie erweist sich also auch für wichtige Nachbargebiete als fruchtbar.

Endlich die „sprossenden“ Drüsen. Ihr Bauplan kann nicht knapper als mit HEIDENHAIN'S Worten selbst geschildert werden, die mit unwesentlichen Änderungen hier folgen mögen:

„Wir unterscheiden bei dieser Art von Drüsen im allgemeinen das bäumchenartig verzweigte Gangsystem und die endständigen Scheitelknospen (Fig. 7); in der Gruppe der Speicheldrüsen

gehen letztere schließlich durch histophysiologische Ausdifferenzierung in die Drüsenbeeren (Acini) über, während in der Lunge die Alveolen aus ihnen hervorgehen. Ferner bezeichnen wir die Scheitelknospen in der Gruppe der Speicheldrüsen als Adenomeren, bei der Lunge als Pneumomeren; sie verhalten sich beiderseits während der ganzen Dauer der Wachstumsperiode als teilbare Histosysteme und zerlegen sich demgemäß durch Zweiteilung. Daher läßt das Drüsen- bzw. Lungenbäumchen eine primäre Dichotomie erkennen (Schema Fig. 8), welche in der Gruppe der Speicheldrüsen durch Streckung der Gangsysteme und besondere Ausbildung der Hauptachsen sehr bald vollständig, bei der Lunge in den peripheren Bezirken nur unvollständig schwindet. Die Endästchen der Gangsysteme, welche ihrerseits die

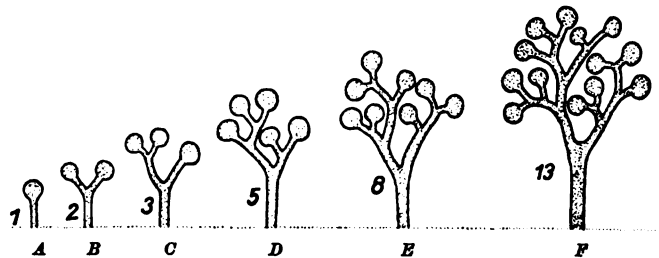


Fig. 7. Schema der Entwicklung einer sprossenden Drüse. Die beigesetzten Ziffern bedeuten die Anzahl der jeweils vorhandenen Scheitelknospen; diese Zahlenreihe ist bei der Lunge die des Goldenen Schnittes (BENDER).

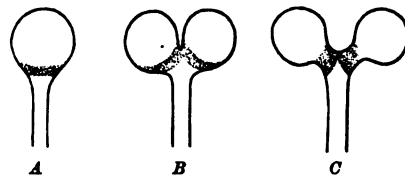


Fig. 8. Schematische Darstellung der Teilung einer Adenomere oder Pneumomere mit nachfolgender Entwicklung des neuen Endganges durch Sprossung aus der Basis der Tochterknospe.

Scheitelknospen tragen, bezeichnen wir als präterminale Gänge; sie entstehen aus dem Körper der Tochteradenomeren oder -pneumomeren, und zwar aus der Basis durch Streckung (Sprossung) des betreffenden Teiles in der Richtung der Achse der Scheitelknospen (Schema Fig. 8c). Aus dieser Art der Entwicklung geht hervor, daß jede Gabelung des Gangsystems ursprünglich der Teilung einer Scheitelknospe entspricht und daß die Glieder des Drüsenbäumchens, gerechnet von einer Gabelungsstelle zur anderen, sukzessive übereinander aufgebaut werden (Fig. 7). Im ganzen betrachtet, stellt sich demnach die Synthese des Drüsenbäumchens als eine gewebliche Stockbildung (Histokormus) dar, welche dadurch zustande kommt, daß mit und durch die Teilung der Scheitelknospen jedesmal zwei neue Endglieder geliefert und dem Drüsenstock hinzugefügt werden. Sehr

charakteristisch für die Art der Entwicklung ist schließlich, daß beim Erwachsenen die Drüsenbeeren als Mehrlingsbildungen (Di-, Tri-, Tetrameren usw.) in großer Zahl vorkommen, ein Verhalten, das nach unserer Beobachtung auch bei den Alveolen der Lunge in ähnlicher Art vorhanden ist.“

„Durchschneiden wir ein Organ der hierhergehörigen Gruppe, so gewahren wir, daß sein Volumen in ungemein stetiger Weise von den Verzweigungen des Gangsystems und den dazugehörigen Endgliedern (Drüsenbeeren, Alveolen) erfüllt wird (Fig. 7 und 9). Diese „stetige Raumerfüllung“ könnte dann nicht zustande kommen, wenn von Anbeginn an alle Teile des epithelialen Systems gleich schnell wüchsen. In diesem letzteren Falle würde das Drüsenbäumchen vielmehr

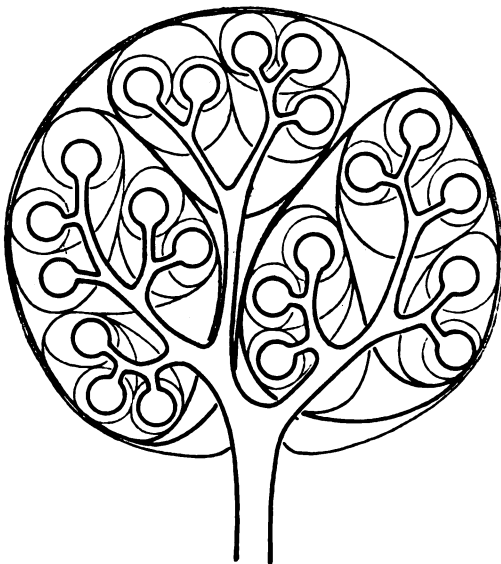


Fig. 9. Enkaptisches System eines embryonalen Lungenläppchens; konstruktive Darstellung nach der Regel des Goldenen Schnittes.

ähnlich aussehen wie bei den spaltenden Formen, d. h. es würden bei gleicher Länge der Zweige die Scheitelknospen alle in eine Ebene oder in eine Kugeloberfläche hineinfallen (Fig. 5). Wegen der stetigen Raumerfüllung ist es vielmehr nötig, daß von den neugebildeten Tochterzweigen immer einige im Wachstum zurückbleiben („laterale Knospen“), und es ist auch nötig, daß dieses Zurückbleiben in einer gesetzmäßigen Weise stattfindet. Nachdem diese Verhältnisse von mir bei den Speicheldrüsen im allgemeinen besprochen worden waren, hat Herr Dr. W. BENDER das Sprossungsgesetz der Lunge festgestellt und gezeigt, daß die Geschwindigkeit der Teilungsfolgen der Pneumomeren ebenso wie die Entwicklung der präterminalen Gänge an den sämtlichen Zweigen des embryonalen Lungenbäumchens untereinander in einer sehr bestimmten Korrelation stehen, welche

ausdrückbar ist durch die Angabe der in den aufeinanderfolgenden Stadien jeweils vorhandenen Zahl der Scheitelknospen (bzw. Endglieder) des Bäumchens. Unser Schema (Fig. 7), welches nach den BENDERSchen Angaben ausgeführt worden ist, zeigt diese Zahlenreihe: es ist diejenige des Goldenen Schnittes (1—2—3—5—8—13 usw.). Zweifellos ist es ein großes Verdienst BENDERS, gezeigt zu haben, daß ein Entwicklungsprozeß evtl. auf Grund der Teilkörpertheorie in Gestalt einer allgemeinen Reihe dargestellt werden kann.“

„Betrachten wir unsere Fig. 7 genauer, so zeigt sich die korrelative Beziehung aller Teile des wachsenden Bäumchens darin, daß in dem Schema C die beiden vorhergehenden Stadien A und B (einfache Endigung und Zweiteilung), in dem Stadium D ebenso die beiden vorhergehenden Schemata B und C (zwei- und dreigeteiltes Ästchen), in dem Stadium E die Stadien D und C (drei- und fünfgeteiltes Ästchen) enthalten sind usw. Infolge dieser Anordnung können wir jedes einzelne Drüsenästchen jeder beliebigen Ordnung mit seinen Verzweigungen als ein bestimmt gebautes Histosystem betrachten, welche jedoch, alle zusammengekommen, unter sich in bestimmter morphologischer und physiologischer Korrelation stehen. Diese Auffassung ist meiner Ansicht nach korrekter als jede andere, denn es handelt sich darum, einen passenden Ausdruck zu finden für die Formen der stetigen Entwicklung und des stetigen Zusammenhanges in der lebendigen Natur. Wiederum kann man in histologischer Sprechweise jeden Ast mit seinen Verzweigungen und dem dazugehörigen Bindegewebe als ein Drüsenläppchen bezeichnen, und es ergibt sich daraus eine besondere Art der Umschließung oder der Enkapsis der Histosysteme, welche auf ebenen Durchschnitten des Organs und geeigneter Ausfärbung des Bindegewebes kenntlich werden wird. Die besondere Form der Enkapsis des wachsenden Lungenbäumchens haben wir in Fig. 9 konstruktiv dargestellt; sie enthält mit 21 Scheitelknospen die sämtlichen Glieder der Reihe in Fig. 7, entspricht also auch genau der Zahlenreihe des Goldenen Schnittes und, um den Sachverhalt kenntlich zu machen, haben wir alle einzelnen Glieder des Schachtelsystems von den niedrigsten bis zu den höchsten Ordnungen mit in sich geschlossenen Begrenzungslinien umfahren.“

Damit glaube ich, den Teil der Beobachtungen im wesentlichen wiedergegeben zu haben, den HEIDENHAIN selbst in seinem oben erwähnten Referat aus jüngster Zeit als wichtige Grundlage für seine synthetische Theorie aus seinem ganzen Material herausgehoben hat. Interessierte Leser seien aber darauf hingewiesen, daß sich in seinen ausführlichen Veröffentlichungen noch eine ungemeine Fülle von Beobachtungen findet, die hier nicht erwähnt worden sind, und daß insbesondere in seinem Aufsatz „Formen und Kräfte in der lebendigen Natur“ die allgemeinen Grundlagen

der Theorie, ihre Beziehungen zum Vitalismus u. a. erörtert werden.

Wollen wir die allgemeinen Gesichtspunkte nochmals zusammenstellen, so kommen wir zu folgendem Lehrgebäude: Alle lebendige Form ist zurückführbar auf die eigenartige Synthese bestimmter kleinster, das Leben tragender Teilchen zu den mannigfachen Formwerten höherer Ordnung. Die das Leben tragenden Apparate stammen immer wieder in irgendeiner Weise voneinander ab: *Omne vivum e vivo*. Der Zusammentritt von Formwerten niedriger Mannigfaltigkeit zu den Graden einer höheren Mannigfaltigkeit vollzieht sich in verschiedener Weise. Zunächst haben wir die intracellulären Teilkörper, die unsichtbaren Protomeren, die — je nach ihrer Anlage — durch fortwährende Teilung teils zu Chromiolen, Centriolen, Chondriosomen, Plasmafasern usw. zusammentreten und so den Formwert „Zelle“ bedingen. Sodann gibt es vielzellige oder supracelluläre Teilkörper: Muskelfasern, Geschmacksknospen, Drüsenläppchen, Zähne, Hände, Extremitäten usw. Der Vorgang der immer größeren Mannigfaltigkeit beruht je nach den Umständen auf innerer Teilung, Polymerisierung (Mehrlingsbildung) oder Diachorese (Übergang einer lebendigen Totalität in eine Mannigfaltigkeit höherer Ordnung). Dadurch entstehen auch die sehr verschiedenen Arten der *Stockbildung* (Histokormus) — wenn infolge unvollkommener äußerer Teilung die Zwilling-, Drillings-, Mehrlingsbildungen auftreten (homologe Reihen) — und ferner die *Schachtelsysteme* (s. Fig. 2). Vom befruchteten Ei an wächst also der Körper unter Aufrechterhaltung seiner Totalität durch „Teilung und Synthese“, in dem sich eine „Überschichtung“, Enkapsis (s. Fig. 9) von Struktursystemen herausbildet, welche sämtlich untereinander in Verhältnissen der morphologischen und physiologischen Korrelation stehen. Der höher entwickelte tierische Organismus hat mannigfache Mittel und Wege zur Unterhaltung dieser Korrelationen: z. B. Nervensystem, Blutkreislauf, innere Sekretion. Die unmittelbare Grundlage kann aber nur in histodynamischen Wirkungen liegen, die sich direkt von Zelle zu Zelle fortpflanzen. Diese Verkettungen müssen zständlicher Art sein, etwa vergleichbar dem Tonus des Nerv-Muskelsystems, und sich dauernd durch das ganze Leben hindurch erhalten. Sie sind die Grundlage für den dauernden Bestand der lebendigen Form. Diese Zustände möchte HEIDENHAIN unter den Begriff der „Syntonie“ zusammenfassen. Unter Hinweis auf die Experimente von MIEHE, DRIESCH, WINKLER, ROUX, MANGOLD, BOVERI u. v. a. zeigt er, daß es sowohl gelungen ist, diese Syntonie aufzuheben, d. h. zunächst die Totalität auf eine Summe von Zellpersonen zu reduzieren, als auch umgekehrt diese

Syntonie durch künstliche Vereinigung vorher getrennter Teile herzustellen, also eine „Synthese im Lebendigen“ zu schaffen. Diese Syntonie unter den Zellen und Zellverbänden dürfte sich ableiten von den entsprechend gearteten dynamischen Wirkungen zwischen Kern und Plasma des Zellleibes, die demnach ebenfalls als Zustände der Syntonie bezeichnet werden können. Vielleicht gelingt es — nach dem Vorgang JACOBYS für die Kern-Plasma-Relation der Leberzellen —, auch für die höheren Teilkörpersysteme einmal zur Aufstellung algebraischer Formulierung zu kommen. Die Frage nach der speziellen Art der Kräfte dieser Syntonie hält HEIDENHAIN für ebenso schlecht oder gut beantwortbar, wie die Frage nach der Beschaffenheit der Kräfte der anorganischen Naturwissenschaften, die letzten Endes bekannt-

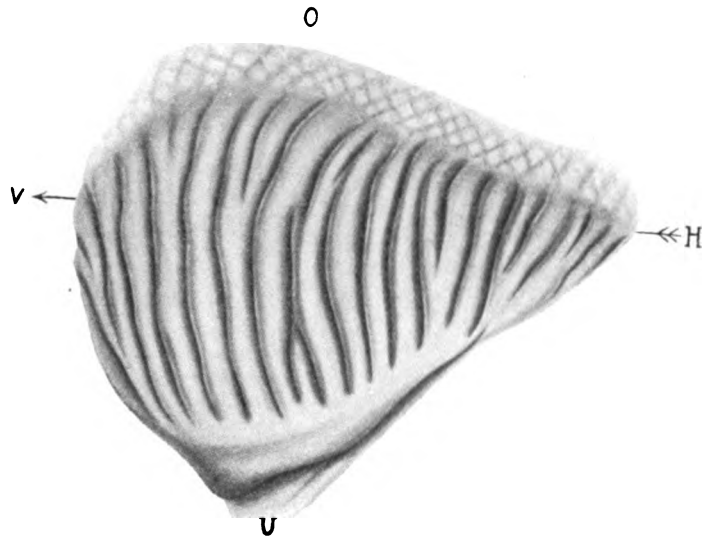


Fig. 10. Linke Papilla foliata eines erwachsenen Kaninchens. V = vorn; H = hinten; O = oben; U = unten. Vergr. ca. 15mal. Man beachte die Gabelungen der Leisten.

lich auf gewisse „metaphysikalische“ Fiktionen hinauskommen.

Welches sind nun die Ergebnisse, die diese Lehre aufzuweisen hat? Zunächst erscheinen sie negativer Natur, gipfelnd in einer Kritik der hergebrachten cellulaeren Theorie. Ihre Fehler und Lücken werden von HEIDENHAIN scharf wie folgt formuliert: „Die klassische Zellentheorie umfaßt weder die Intercellularsubstanzen noch auch die außerordentliche Fülle der Gliederungen zwischen der Zelle und dem Körperganzen; sie liefert weder eine Theorie der Formen noch eine Vorstellung vom Bauplan tierischer und pflanzlicher Geschöpfe. Sie verkannte, daß die Zellen lediglich untergeordnete Formwerte im Bestande des lebendigen Körpers sind, stellte sie als relativ selbständige Gebilde hin und kam dadurch zu dieser gewissen Bausteintheorie, welche in allen ihren

Verzweigungen zu unmöglichen Schlußfolgerungen führte.“

Die positiven Erfolge sind in ihrer Wertschätzung abhängig von der Einstellung des Beurteilers zum Problem der Synthese überhaupt. HEIDENHAIN war einer der ersten, der das rein Zersetzende der analytischen Methode, die die letzte Hälfte des vorigen Jahrhunderts in der Biologie beherrschte, das „Zerschlagen des lebendigen Ganzen in einen Trümmerhaufen“, klar erkannte und zu vermeiden

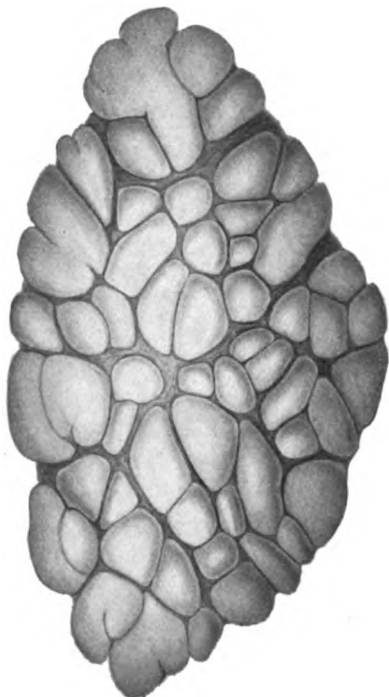


Fig. 11. Parotis vom Hunde. Isoliertes Drüsenläppchen von der Oberfläche her gesehen. Vergrößerung 448. Verschiedene Form und Größe der Drüsenbeeren, welche zum Teil als Mehrlingsbildungen auftreten.

suchte. Im gegenwärtigen Jahrhundert, und namentlich im letzten Jahrzehnt, wurde das Streben nach synthetischer Forschung so verbreitet, daß sehr bald auch die Gefahren allzu offenkundig wurden, um nicht die ganze Richtung wieder in Mißkredit zu bringen. Es ist hier nicht der Ort, das Für und Wider zu erörtern. Auch in eine Kritik über Einzelheiten der Arbeiten HEIDENHAINs sei hier nicht eingetreten. Die Früchte allein sind maßgebend. Mir scheint, daß unsere Augen durch HEIDENHAIN geschärft sind, z. B. für eine Reihe

bekannter Oberflächenformen der Organe (s. Fig. 10 und 11), in denen vielfach gar kein Problem gesehen wurde; unsere Kenntnisse vom Wachstum und dem räumlichen Aufbau der Organe sind vertieft worden. Es wäre zu wünschen, daß das, was für Muskeln, Niere, Lunge usw. so verheißungs-, voll begonnen, auch für Organe wie Leber, Milz-Haut usw. noch fruchtbar durchgeführt werden könnte. Auch die naheliegenden Beziehungen zu Fragen der Regeneration, Geschwulstbildung usw. wären angreifbar.

Aber noch bedeutungsvoller erscheint, daß wieder einmal der Grenzpfahl zwischen lebender und toter Materie hinausgerückt wird: nicht die „Zelle“ bildet den ersten Ausdruck des Lebens, sondern sie ist bereits ein durch und durch organisierter Körper; die geheimnisvolle Organisation, die wir Leben nennen, beginnt schon mit den Protomeren. Wird die aufsteigende Stufenfolge der lebenden Teilkörper als Gesetz der Organisation anerkannt, so ist diese Theorie zugleich ein Beitrag zu der Forderung, die morphologische Forschung als eigenartige Methode der Wissenschaft anzuerkennen und ihr nicht mit der Behauptung, sie sei nur eine „Methode der Physiologie“, ihre Eigengesetzlichkeit zu nehmen.

Endlich sei betont, daß die begeisternde Kraft einer großen Idee und die Freudigkeit, die originales Denken verleiht, dazu gehören müssen, um ein so viel beackertes Feld, wie es die besprochenen Gebiete für einen Anatomen heutzutage sind, noch einmal neu zu pflügen und zu bestellen. Daß es mit leidenschaftlicher Hingabe geschehen, wird auch ein Gegner der Theorie nicht abstreiten können.

Arbeiten von MARTIN HEIDENHAIN, auf die im vorliegenden Referat Bezug genommen wird:

1. SCHLEIDEN, SCHWANN und die Gewebelehre. Sitzungsbericht d. physikal. med. Ges. Würzburg 1899.
2. Als „Beiträge zur Teilkörpertheorie“:
 - I. Anat. Anz. **40**. 1911.
 - II. Arch. f. mikr. Anat. **83**. 1913.
 - III. Arch. f. mikr. Anat. **85**. 1914.
 - IV. Anat. Hefte **56**, H. 170. 1919.
 - V. Arch. f. Entwicklungsmech. **49**. 1921.
 - VI. Arch. f. mikr. Anat. **97**. 1923.
 - VII. Vortr. u. Aufsatz über Entwicklungsmech. H. 32. 1923.
 - VIII. Klin. Wochenschr. **4**, Nr. 3 und 11. 1925.
3. Plasma und Zelle. Jena: Fischer. Bd. I. 1907; Bd. II. 1911.
4. K. W. BENDER (unter HEIDENHAIN), Zeitschr. f. Anat. u. Entwicklungsgesch. **75**. 1925. (Beitrag IX.)
5. W. JACOB (unter HEIDENHAIN), Arch. f. Entw.-mech. **106**. (Beitrag X.)

Zur Frage nach der Existenz des Ekacaesiums.

Von OTTO HAHN, Berlin-Dahlem.

Durch die vor kurzem erfolgte Auffindung der bisher unbekannten Manganhomologe mit den Ordnungszahlen 43 und 75 [Masurium und Rhenium¹⁾] sind jetzt von den 92 Elementen des peri-

odischen Systems alle bis auf drei bekannt. Es fehlen noch die Elemente 61, 85 und 87, also eine seltene Erde, das Ekajod und das Ekacaesium.

¹⁾ W. NODDACK, J. TACKE, Naturwissenschaften **13**,

567. 1925; W. NODDACK, J. TACKE und O. BERG, Berlin. Akad.-Ber. **1925**, 400.

Die Stellung der beiden letzteren Elemente im periodischen System macht es in hohem Maße wahrscheinlich, daß sie, wenn sie überhaupt existieren, als radioaktive Atomarten vorkommen. Denn von den benachbarten Elementen mit den Ordnungszahlen 84, 86 und 88, dem Polonium, der Emanation und dem Radium, sind bisher nur radioaktive Vertreter bekannt, und ebensowenig, wie man das aktive Polonium in Tellurmineralien, das aktive Radium in Bariummineralien findet, ebenso unwahrscheinlich ist es, etwa aktives Ekacaesium in Caesiummineralien anzutreffen¹⁾. Umfangreiche Fraktionierungsarbeiten mit Caesiumsalzen haben übrigens niemals einen Hinweis auf das Vorhandensein eines höheren Homologen des Caesiums ergeben.

Handelt es sich um radioaktive Elemente, dann muß man sie bei den bekannten radioaktiven Substanzen suchen, die ihrerseits alle aus dem Uran und dem Thorium entstehen. Da die normalen Umwandlungsreihen bekannt sind, könnte es sich dabei nur um sog. Verzweigungen oder Seitenlinien handeln. Von vornherein ist die Aussicht sehr gering, Ekacaesium oder Ekajod in irgendwie erheblichen Mengen zu finden. Die durch das ganze periodische System hindurchgehende Gesetzmäßigkeit, daß Elemente ungerader Ordnungszahl im allgemeinen weniger verbreitet sind als benachbarte Elemente mit gerader Ordnungszahl, ist bei den Elementen mit den höchsten Ordnungszahlen besonders stark ausgeprägt. Die folgende Zusammenstellung gibt die relativen Mengenverhältnisse der Elemente mit den Ordnungszahlen 92–84, wie sie sich aus radioaktiven Daten berechnen; dabei sind jeweils die längstlebigen, also in größter Gewichtsmenge vorkommenden Atomarten als Vertreter der betr. Elemente der Berechnung zugrunde gelegt; *Uran und Thor sind gleich 1* gesetzt.

Tabelle 1.

84 Po	85 —	86 Em	87 —	88 Ra	89 Ac	90 Th
$7 \cdot 10^{-11}$	?	$2 \cdot 10^{-12}$	?	$3 \cdot 10^{-7}$	10^{-10}	1
91 Pa	92 U					
$7 \cdot 10^{-8}$	1					

Man sieht, daß die Elemente mit den ungeraden Ordnungszahlen 91 und 89 in sehr viel geringeren Mengen vorkommen als die ihnen benachbarten Elemente Uran, Thor oder auch Radium. Geht man weiter nach links, dann werden, wenn ein Analogieschluß erlaubt ist, die Gewichtsmengen noch sehr viel kleiner, denn schon die Körper mit gerader Ordnungszahl (Em und Po) sind nur in äußerst kleiner Menge vorhanden. Man kann also schon hieraus den Schluß ziehen, daß es sich bei den fraglichen Substanzen, falls sie überhaupt existieren, entweder um solche sehr kurzer Halbwertszeit handelt oder, falls diese länger sein

sollte, daß das Abzweignungsverhältnis äußerst klein ist.

Als Muttersubstanzen für das Ekacaesium (Ordnungszahl 87) kämen in Frage einerseits das Actinium (Ordnungszahl 89) resp. sein Isotop Mesothor 2, andererseits die radioaktiven Emanationen (Ordnungszahl 86). Im ersteren Falle würde es sich um eine Verzweigung unter Emission von α -Strahlen, im letzteren um eine solche unter Emission von β -Strahlen handeln. Für die Entstehung des Ekajods kämen in Frage ein α -strahlendes Ekacaesium oder ein β -strahlendes Polonium.

Keine der hier für die Bildung der hypothetischen Elemente vorausgesetzten Strahlungen ist bekannt. Beim Actinium und Mesothor 2 sind nur β -Strahlen, bei den Emanationen und dem Polonium (und seinen Isotopen) sind nur α -Strahlen beobachtet. Hier ist aber zu bemerken, daß ein sehr kleiner Prozentsatz der betreffenden Strahlenart sich sicher dem Nachweis entziehen würde, besonders wenn es sich um Substanzen handelt, die, wie die Actiniumisotope und die Emanationen, sehr schnell andere Zerfallsprodukte mit den verschiedensten Arten von Strahlen nachbilden. Bei den β -Strahlen müßte außerdem noch der Nachweis erbracht werden, daß es sich um primäre, einen Atomzerfall bewirkende Strahlen handelt, und nicht um sekundäre, aus γ -Strahlen entstandene, die mit dem Atomzerfall selbst nichts zu tun haben¹⁾. Eine indirekte Beweisführung für die Entstehung der hypothetischen Elemente durch eine Untersuchung der Strahlen der für die Entstehung in Frage kommenden Muttersubstanzen erscheint also als ein hoffnungsloses Beginnen.

Aussichtsreicher war der Versuch einer direkten chemischen Abtrennung der hypothetischen Elemente aus ihren möglichen Mutterelementen, wobei die sich aus der Stellung der gesuchten Elemente im periodischen System ergebenden chemischen Eigenschaften als Richtschnur für den Trennungsgang dienen konnten. Zugabe einer chemisch ähnlichen, inaktiven Trägersubstanz war dabei notwendig. Fand sich nach dem Trennungsgang bei dieser eine charakteristische Strahlung, so gab diese den Hinweis auf die Anwesenheit der gesuchten Substanz.

Dieser direkte Weg wurde für die Suche nach dem Ekacaesium eingeschlagen. Falls sich dieses auffinden ließ und etwa α -Strahlen emittierte, so entstünde aus dem Ekacaesium mit der Ordnungszahl 87 nach dem Verschiebungssatz das ebenfalls unbekannte Ekajod mit der Ordnungszahl 85; das Ekajod wäre damit ebenfalls in den Bereich der Nachweisbarkeit gebracht.

Das Ergebnis der Untersuchung war, wie gleich hier bemerkt werden soll, völlig negativ. Da dieser experimentelle Befund aber eine Aussage über den Anteil gestattet, in dem ein radioaktives Ekacaesium oben besprochener Herkunft im Vergleich zu den gewöhnlichen Radioelementen höch-

¹⁾ L. MEITNER, Zeitschr. f. Physik 9, 131. 1922; 26, 169. 1924.

¹⁾ Die Möglichkeit der Existenz inaktiver Polonium- oder auch Radiumisotope soll damit keineswegs bestritten werden. Solche könnten sich möglicherweise in gewissen Tellur- oder Bariummineralien vorfinden.

stens vorkommen kann, ist es vielleicht nicht ganz überflüssig, kurz über die Versuche zu berichten.

Als Ausgangsmaterial diente ein technisches, also radiumhaltiges Mesothoriumpräparat, dessen Gesamtaktivität von rund 57 mg Element sich etwa folgendermaßen zusammensetzte: 42 mg Mesothor, 11 mg Radium, 4 mg Radiothor¹⁾.

Als wichtigster Bestandteil wurde dabei das Mesothor angesehen, denn das mit dem Mesothor 1 im Gleichgewicht stehende Mesothor 2 mit der Ordnungszahl 89 kommt neben dem Actinium als Muttersubstanz für ein Ekacaesium vor allem in Betracht. Die Anwesenheit des Radiums und des Radiothors bedingt das Vorhandensein entsprechender Mengen Radiumemanation und Thoremanation, bei denen eine primäre β -Strahlung, wie schon erwähnt, auch zur Bildung von Ekacaesium führen müßte.

Als Arbeitshypothese wurde angenommen, daß das Ekacaesium in seinen chemischen Eigenschaften denen des Caesiums nahesteht, bei der chemischen Verarbeitung eines Elementengemisches bei Anwesenheit von Caesium also mit diesem abgeschieden würde. Die entsprechenden Analogien in den anderen Gruppen des periodischen Systems (etwa *Ba* — *Ra*, *La* — *Ac*) berechtigen durchaus zu dieser Annahme.

Der Arbeitsgang war also im Prinzip äußerst einfach. Das radioaktive Präparat wird unmittelbar nach seiner Auflösung mit einem Caesiumsalz versetzt, alle Radioelemente so quantitativ wie möglich abgeschieden, das Caesium in der wohlcharakterisierten Form des Platindoppelsalzes in reinem Zustande abgeschieden²⁾ und dessen Aktivität untersucht. Bei der Kostbarkeit des Präparats und der Notwendigkeit exakter Trennungen und peinlich sauberen Arbeitens konnte dabei die Arbeitsdauer nicht unter eine gewisse Zeit herabgedrückt werden. (Wegen der sich hieraus ergebenden Folgerungen über die Halbwertszeit des hypothetischen Produktes siehe weiter unten.)

Das etwa 75 mg wiegende Mesothorchlorid wurde klar gelöst und mit 30 mg Caesiumchlorid versetzt. Die möglichst vollständige Abtrennung aller Radioelemente vom Caesium geschah folgendermaßen. Die Lösung wurde in der Wärme mit Ammoniak plus Ammoncarbonat gefällt, kurze Zeit stehen gelassen und kalt abfiltriert. Es fallen hierbei von langlebigen Substanzen quantitativ das Radiothor, das Radioblei und das Polonium; zum größeren Teil die Radiumisotope Mesothor und Radium. Im Filtrat wurde nach Zugabe von

0,3 ccm $\frac{1}{10}$ Bariumchloridlösung das Barium mittels Schwefelsäure in der Hitze gefällt und der Niederschlag am nächsten Morgen abfiltriert; er enthält den weitaus größten Teil der in der Lösung noch vorhanden gewesenen Radiumisotope. Das Filtrat wurde mit einer sechsmal größeren Bariummenge versetzt und ein zweiter Sulfatniederschlag gemacht, der nur noch Spuren der Radiumisotope enthielt. Alle bekannten radioaktiven Substanzen müssen jetzt aus der caesiumhaltigen Lösung entfernt sein. Um das Caesium und mit ihm das gesuchte Ekacaesium abzuscheiden, wurde das klare Filtrat vorsichtig in der Wärme mit Platinchloridlösung versetzt, wobei sich das sehr schwer lösliche Caesiumplatinchlorid in Form hellgelber Kryställchen ausschied, während das leichter lösliche orangefarbene Ammoniumplatinchlorid in Lösung bleibt. [Die Löslichkeit der Alkalichloroplatinate fällt stark in Richtung der höheren Glieder. 100 g Wasser lösen bei 0° 4,7 mg Caesiumsalz gegenüber 13,7 mg Rubidiumsals; bei 100° lösen sich 9,15 mg Caesiumsalz und 33,4 mg Rubidiumsals¹⁾.]

Die einzige Schwierigkeit der ganzen Verarbeitung liegt in den Gefahren einer Infektion und den Maßnahmen zu ihrer Vermeidung. Die ersten beiden Fällungen geschahen in einem abgelegenen Flügel des Instituts, weit entfernt von dem Raum, in dem die definitiven Messungen vorgenommen werden sollten. Die Fällung und spätere Weiterverarbeitung des Caesiums erfolgte unter besonderen Vorsichtsmaßregeln, die im einzelnen nicht aufgezählt zu werden brauchen.

Die ersten Messungen des Caesiums geschahen 30 Stunden nach der ersten Auflösung des Präparats. Die Aktivität des Filters mit dem Caesiumsalz entsprach etwa 2 Millionstel Milligramm Radium, betrug also $\frac{1}{25}$ Millionstel der Ausgangsaktivität. Die Messungen wurden in verschiedenen Elektroskopen vorgenommen, so daß die Gesamt- α -Strahlung, die durchdringende α -Strahlung und die β -Strahlung gesondert untersucht werden konnten. Es waren alle Arten von Strahlen anwesend, und die Aktivität nahm ziemlich schnell ab. Das Tempo der Abnahme entsprach einem Gemisch der aktiven Niederschläge, mit einem Überschuß von Thorium C; eine Restaktivität blieb übrig. Am nächsten Morgen wurde das Caesiumsalz in heißem Wasser gelöst, je 2 mg Wismut-Blei- und Thornitrat zugefügt und umkrystallisiert. Die ersten Messungen dieses gereinigten Produktes erfolgten 2 Tage nach dem Beginn der gesamten Operationen. Die Aktivität des neuen Caesiumfilters war nur sehr gering, sie entsprach $8,5 \cdot 10^{-8}$ mg Radium, betrug also kaum mehr als ein Zehnmilliardstel der Ausgangsaktivität! Dabei ließ es sich zeigen, daß sowohl absorbierbare als durchdringende Strahlen anwesend waren; allerdings betrug die Aktivität der β -Strahlen nur $\frac{1}{3}$ der natürlichen Ionisation und war nicht mehr genau zu messen.

¹⁾ Der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft, die der radioaktiven Abteilung des Kaiser Wilhelm-Institut für Chemie das Mesothorpräparat zur Verfügung gestellt hat, sei auch an dieser Stelle herzlich gedankt.

²⁾ Ein Ekacaesiumplatinchlorid würde zweifellos mit dem Caesiumplatinchlorid Mischkrystalle bilden. (Vgl. hierzu H. S. GRIMM, Zeitschr. f. Elektrochem. 30, 467. 1924; A. JOHNSON, Naturwissenschaften 13, 531. 1925.)

¹⁾ E. H. ARCHIBALD und L. T. HALLOTT, Journ. of the Americ. chem. soc. 47, 1314. 1925.

Die Anwesenheit komplexer α - und β -Strahlen spricht gegen eine neue Substanz, und die mit Sorgfalt über Monate hindurch fortgesetzten Messungen lassen erkennen, daß die Aktivität vermutlich von geringen Spuren Mesothor + Radium herrührt; die Aktivität des Filters nimmt langsam zu, und zwar etwa in dem Tempo, das sich aus der Nachbildung des Radiothors aus dem Mesothor erwarten läßt.

Zur Kontrolle wurden außer dem Caesiumpräparat selbst auch die bei der letzten Verarbeitung anfallenden anderen Teile in ihrer Aktivität untersucht; so insbesondere das Ammoniumplatinchlorid, das beim Einengen des Filtrats des Caesiumniederschlags gemeinsam mit kleinen Teilen weiteren Caesiumsalzes sich abschied, und schließlich noch das zur Trockne eingedampfte letzte Filtrat des Ammoniumsalzes. Irgendwelche Besonderheiten zeigten sich nicht. Die Präparate sind etwas stärker als das Hauptpräparat und scheinen ebenfalls im wesentlichen aus Mesothor + Radium zu bestehen.

Die im Verhältnis zur Ausgangssubstanz ungeheuer geringe, dabei vermutlich vom Mesothor herrührende Aktivität beim Caesium läßt den fast sicheren Schluß zu, daß ein radioaktives Ekacaesium nicht existiert. Natürlich lassen sich derartige Aussagen immer nur in gewissen Grenzen machen, unterhalb deren der Spekulation oder Phantasie noch immer ein Gebiet der Betätigung übrigbleibt.

Daß diese Grenzen in unserem Falle aber recht weite sind, läßt sich an einigen Überschlagsrechnungen leicht erkennen.

Wir nehmen einmal an, das Mesothor 2 sei die Muttersubstanz eines Ekacaesiums mit einer Halbwertszeit von 1 Tag. Auf Grund des obigen experimentellen Befundes läßt sich das Abzweignungsverhältnis berechnen, mit dem ein solcher Körper im besten Falle sich bilden könnte: Die Aktivität des Caesiumsalzes entsprach 2 Tage nach Beginn der Abtrennungen $8,5 \cdot 10^{-8}$ mg Ra. Es war hergestellt aus 42 mg Mesothor (auf Radium bezogen).

Das Verhältnis der Aktivität ist also $\frac{8,5 \cdot 10^{-8}}{42} = 2 \cdot 10^{-9}$. Nimmt man die Ausbeute bei der Verarbeitung auf 50% an, so ergibt sich die Aktivität des Mesothor 2, zu der des Ekacaesiums wie $1:4 \cdot 10^{-9}$. Bei einer Halbwertszeit von 1 Tag ist das Ekacaesium nach 2 Tagen auf $\frac{1}{4}$ abgeklungen; es bleibt als maximales Verhältnis der Gleichgewichtsaktivitäten das Verhältnis $1:1,6 \cdot 10^{-8}$. Bei einer Halbwertszeit von 1 Tag könnte also das Abzweignungsverhältnis Ekacaesium : Mesothor 2 kaum mehr als 1 Hundertmillionstel betragen, eine ungeheuer kleine Zahl.

Betrüge die Halbwertszeit nur 2 Stunden, dann wäre die Aktivität nach 2 Tagen zwar schon auf den zwanzigmillionsten Teil gefallen, nach 30 Stunden wäre aber noch $\frac{1}{30\,000}$ Teil der Gleichgewichtsmenge vorhanden. Gefunden wurden nach 30 Stun-

den eine Aktivität von $2,10^{-6}$ mg Radium, im Verhältnis zu den 42 mg Ausgangsmaterial also der $5 \cdot 10^{-8}$ Teil. Selbst unter der Annahme, daß die gesamte Aktivität, die ja sicher zum größten Teil aus ThC bestanden hatte, Ekacaesium gewesen wäre, wäre das Abzweignungsverhältnis für einen 2-Stundenkörper kleiner als ein Zehntausendstel.

Auf ganz analoge Weise läßt sich ein maximales Abzweignungsverhältnis berechnen, wenn man dem hypothetischen Ekacaesium längere Halbwertszeiten beimißt, wobei zu bemerken ist, daß sehr große Halbwertszeiten (schon aus der oben diskutierten Stellung im periodischen System) nicht in Frage kommen.

Die folgende Tabelle gibt für eine Anzahl fiktiver Halbwertszeiten die aus dem experimentellen Ergebnis abgeleiteten maximalen Verzweignungsverhältnisse wieder, wenn die sicher nicht zu Recht bestehende Voraussetzung gemacht ist, daß die bei dem Caesium gefundene Aktivität von einem Ekacaesium herrührte. Die Berechnung geschah unter der Voraussetzung, daß das Mesothor $3\frac{1}{2}$ Monate alt war, also während dieser Zeit das hypothetische Element bilden konnte. Zum Vergleich mit der Tabelle 1 sind die sich aus dem Abzweignungsverhältnis und der Halbwertszeit ergebenden maximalen Gewichtsmengen beigefügt, in denen ein solches Element höchstens vorkommen könnte. (Die Menge Thorium ist, wie in Tabelle 1, als 1 angesetzt.)

Tabelle 2.

Fiktive Halbwertszeit des Ekacaesiums	Maximales Abzweignungsverhältnis	Maximale Gewichtsmenge pro Gramm Thorium
2 Stunden	10^{-4}	$1,1 \cdot 10^{-18}$
1 Tag . .	$1,6 \cdot 10^{-8}$	$2,2 \cdot 10^{-21}$
10 Tage . .	$5 \cdot 10^{-9}$	$6,8 \cdot 10^{-21}$
100 Tage . .	$8 \cdot 10^{-9}$	$1,1 \cdot 10^{-19}$
10 Jahre . .	$1,5 \cdot 10^{-7}$	$7,5 \cdot 10^{-17}$

Die Aktivität eines Radioelements innerhalb einer Zerfallsreihe ist, bei Vergleichung gleicher Strahlen, proportional dem Abzweignungsverhältnis, die Gewichtsmenge außerdem proportional der Halbwertszeit. Die Tabelle 2 zeigt, bis zu welchen winzigen Grenzen der Aktivität und Gewichtsmengen die Existenz eines etwa aus Mesothor 2 entstehenden Ekacaesiums ausgeschlossen ist. Der eben gezogene Schluß von der Nichtexistenz dieses Elementes ist also wohl berechtigt.

Ganz analoge Betrachtungen lassen sich anstellen für die Hypothese, daß ein Ekacaesium durch primäre β -Strahlenumwandlung aus Radiumemanation oder Thoriumemanation entstünde. Entsprechend der geringeren Aktivität des Radiums und noch kleineren des Radiothors gegenüber der des Mesothors in dem für die Versuche verwendeten Präparat, können hier die Aussagen nicht ganz so weitgehend gemacht werden wie im Falle des Mesothor 2. Für die Entstehung

aus Radiumemanation würden die obigen Zahlen für das Abzweignungsverhältnis mit 4, für die der Entstehung aus Thoremanation mit 10 bis 20 (je nach der fiktiven Halbwertszeit des Ekacaesiums) zu multiplizieren sein. Innerhalb dieser Grenzen ist wiederum der Schluß auf die Nichtexistenz eines radioaktiven Ekacaesiums berechtigt.

Die letzte Möglichkeit der Entstehung eines radioaktiven Ekacaesiums ist schließlich die Bildung aus Actinium durch α -Strahlenumwandlung oder aus Actiniumemanation durch β -Strahlenemission. Bei der Unmöglichkeit, Actiniumpräparate von einer Stärke zu gewinnen, die der des benutzten Mesothors auch nur entfernt vergleichbar wäre, ist die Aussicht auf ein positives Ergebnis so gering, daß von einer experimentellen Prüfung Abstand genommen wurde.

Zusammenfassung. Es werden die Möglichkeiten diskutiert, wie die noch fehlenden Elemente

Ekacaesium und Ekajod in Form radioaktiver Atomarten als Seitenlinien bei dem normalen Zerfall der Radioelemente entstehen könnten.

Es wird mit einem hochaktiven radiumhaltigen Mesothorpräparat der Versuch einer Abtrennung des hypothetischen Ekacaesiums, gebunden an Caesium, unternommen. Die Aktivität des Caesiums, zwei Tage nach dem Beginn der Verarbeitung des Mesothors, betrug 1,5 Zehnmilliardstel der Ausgangsaktivität des Mesothors; und auch diese minimale Aktivität rührt augenscheinlich nur von Mesothor her. Die Existenz eines aus Mesothor 2, Radium- oder Thoremanation entstehenden Ekacaesiums mit einer Halbwertszeit von einigen Stunden oder darüber dürfte damit praktisch als ausgeschlossen zu betrachten sein.

Kaiser Wilhelm-Institut für Chemie,
Berlin-Dahlem.

Besprechungen.

Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik. 11. Auflage, herausgegeben von E. EUCKEN, O. LUMMER †, E. WAETZMANN. III. Bd., 2. Teil: Kinetische Theorie der Wärme; unter Mitwirkung von H. G. GRIMM bearbeitet von K. F. HERZFELD. Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn A.-G. 1925. X, 436 S. Preis 21 Goldmark.

Mit der zweiten Hälfte seines Wärmebandes beginnt die 11. Auflage des altbekannten und verbreiteten MÜLLER-POUILLET'schen Lehrbuches ihr Erscheinen. Die gesamte Anlage und Tendenz der neuen Ausgabe, das was gegenüber der letzten Auflage erhalten geblieben und was geändert wurde, wird in dem Vorwort zum Gesamtwerk (das in dem HERZFELD'schen Bande noch nicht abgedruckt ist), wie folgt geschildert:

„Seit der Herausgabe der 10. Auflage des MÜLLER-POUILLET'schen Lehrbuches ist mehr als ein Jahrzehnt verstrichen. Die Schwierigkeiten, die bereits damals einer Herausgabe eines ausführlichen, die gesamte Physik umfassenden Lehrbuches entgegenstanden, haben sich inzwischen noch wesentlich vermehrt. Ein besonders schmerzlicher Verlust für das begonnene Werk der Neuherausgabe war der plötzliche Tod OTTO LUMMERS, dem ja das Buch bereits in seinen früheren Auflagen außerordentlich viel verdankt, und der die Mitarbeit auch an dieser Auflage mit voller Frische und größter Freude und Hingabe begonnen hatte.

Die neue Auflage wird gegen die 10. erhebliche *Veränderungen* aufweisen. Die zum Teil veralteten Bände I (Mechanik und Akustik) und III (Wärmelehre) werden vollständig neu bearbeitet; die inzwischen entstandene Atomoptik hat eine bedeutende Erweiterung des Bandes II (Lehre von der strahlenden Energie) notwendig gemacht, und auch Band IV (Elektrizität und Magnetismus) wird durch Aufnahme der modernen Ergebnisse auf dem Gebiete der drahtlosen Telegraphie usw. ergänzt. Ein V. Band „Physik der Erde und des Kosmos, einschließlich Relativitätstheorie“, der die Geophysik, Meteorologie und Astrophysik enthält, wird neu hinzugefügt. In der gegenwärtigen Gestalt umfaßt das Werk sämtliche Gebiete der reinen und angewandten Physik. Der Titel der 10. Auflage „Müller-Pouillet'sches Lehrbuch der Physik und Meteorologie“ ist daher in „Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik“ abgeändert worden.

Die bisher bewährte *Tendenz des Buches* als eines im echt wissenschaftlichen Sinne populären Lehrbuches wird beibehalten; gleichwohl wird versucht das Ganze auf eine etwas höhere Stufe als früher zu heben; dabei galt als Ziel, nicht nur den Studierenden der Physik ein brauchbares Lehrbuch in die Hand zu geben, sondern auch alles das zu bringen, was etwa ein Dozent für die Experimentalvorlesung, oder ein angehender Forscher zur ersten Orientierung über ihm noch fremde Teilgebiete der Physik braucht. Wo die elementare Theorie versagt oder schleppend wirkt, wird von den Elementen der höheren Analysis Gebrauch gemacht; nach wie vor aber ist dem Experiment, der Versuchsanordnung und den endgültigen Forschungsergebnissen in der Darstellung die erste Stelle eingeräumt. Daneben wird versucht besonders das *Methodische* klar herauszuarbeiten. Wir hoffen damit auch den Bedürfnissen des großen Leserkreises außerhalb der Fachphysik gerecht zu werden, in welchem sich das Lehrbuch bisher einer ausgesprochenen Beliebtheit erfreute. Welche Veränderungen gegen früher im einzelnen vorgenommen wurden, und aus welchen Gründen dies geschah, ist in den Vorworten zu den Einzelbänden dargelegt worden.

Daß ein Lehrbuch vom Umfange des vorliegenden nicht mehr von einem oder einigen wenigen Autoren bearbeitet werden konnte, bedarf wohl keiner besonderen Begründung. Allerdings war es auf diese Weise nicht leicht, die gerade für ein Lehrbuch wünschenswerte Einheitlichkeit der Darstellung zu erreichen. Wenn auch gerade in diesem Punkte sich nicht alle unsere Wünsche und Bestrebungen in vollem Umfange erfüllen ließen, so hoffen wir trotzdem der Neuausgabe im wesentlichen den Charakter eines Lehrbuches bewahrt und die Gefahr der Umwandlung in ein Handbuch oder Nachschlagewerk vermieden zu haben. Wie das Verzeichnis der Mitarbeiter zeigt, ruht die Behandlung jedes einzelnen Gebietes in den Händen von Fachgenossen, die dieses Gebiet auf Grund eigener Forschungen völlig beherrschen.“

Der die gesamte Wärmelehre enthaltende Band III ist entsprechend den beiden grundsätzlich verschiedenen Denk- und Forschungsmethoden dieses Gebietes in *zwei* (auch einzeln käufliche) Teilbände zerlegt worden. Der erste, dessen Erscheinen in einigen Monaten zu er-

warten ist, trägt die Titel: Physikalische, chemische und technische Thermodynamik (einschl. Wärmeleitung), der zweite bereits vorliegende behandelt die kinetische Theorie der Materie. Durch diese Trennung kommt das bereits oben erwähnte Bestreben der Herausgeber zum Ausdruck, das Methodische möglichst scharf herauszuarbeiten. Wenn auch hierdurch einzelne Härten unvermeidlich sind, fallen diese im Vergleich zu dem prinzipiellen didaktischen Gewinn, der hierdurch erzielt wird, doch schließlich kaum ins Gewicht.

Daß gerade innerhalb einer brauchbaren *Darstellung einer Theorie der Wärme* die Methode eine ausschlaggebende Rolle spielen muß und in dem vorliegenden von K. F. HERZFELD verfaßten Bande auch tatsächlich spielt, bedarf kaum einer besonderen Erwähnung. Mit Recht wurde von dem Verf. insbesondere darauf Wert gelegt, konkretere modellmäßige Vorstellungen nur dort zu verwenden, wo es unbedingt nötig ist. Bekanntlich wird ja gerade in dieser Hinsicht von Anfangern (und nicht nur von diesen!) viel gesündigt, indem sie sich bei ihren Gedankengängen unnötigerweise oder mindestens viel zu frühzeitig auf konkrete Annahmen oder Modelle festlegen. Die Befürchtung, daß die Darstellung hierdurch zu abstrakt und schwerverständlich ausfiele, erweist sich anscheinend nicht als gerechtfertigt. Wenn auch die Anforderungen, die die Lektüre der einzelnen Abschnitte stellt, nicht völlig gleichmäßig sind, so ist es dem Verf. doch wohl gelungen, entsprechend der Tendenz des Gesamtwerkes die Auswahl des Stoffes und die Darstellung im großen ganzen den Bedürfnissen eines Studierenden der Physik anzupassen, der die Anfangsgründe der Experimentalphysik und der höheren Mathematik beherrscht. Einzelne etwas schwierigere Probleme, deren Verständnis für den Anfänger zunächst entbehrlich ist, werden zum Teil in längeren Fußnoten, zum Teil im vorletzten Kapitel behandelt.

Der Inhalt gliedert sich in folgende 10 Kapitel: 1. Kinetische Theorie der Gase in elementarer Darstellung [a) Gleichgewichtszustände, b) Strömungs- und Leitungsercheinungen], 112 S. 2. Allgemeine statistische Mechanik [a) Zusammenhang zwischen Entropie und Wahrscheinlichkeit im einfachsten Falle, b) Grundformeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung, c) Einfluß der Energiebedingung, d) die thermodynamischen Größen], 50 S. 3. Gase [a) Zustandsgleichung, b) mehratomige Gase], 35 S. 4. Der feste Körper (unter Mitwirkung von H. G. GRIMM), 54 S. 5. Theorie der Flüssigkeiten, 16 S. 6. Theorie der Lösungen, 45 S. 7. Theorie der Schwankungen, 38 S. 8. Quantentheorie, 48 S. 9. Weiterbildung der statistischen Methode, 8 S. 10. Zahlenwerte, Geschichtliches, 12 S.

Diese Stoffeinteilung ist in mancher Hinsicht bemerkenswert und läßt ohne weiteres eine Reihe charakteristischer Merkmale des Buches hervortreten. Auffallend ist vor allem, daß die Quantentheorie relativ spät eingeführt und anscheinend nur kurz behandelt wird. Dies erklärt sich dadurch, daß eine Anzahl Probleme, für die schließlich die Quantentheorie unentbehrlich ist, schon in früheren Kapiteln behandelt ist, und daß die Darstellung und die Gestalt der Formeln hier bereits nach Möglichkeit auf die Quantentheorie zugeschnitten ist, so daß ihre Einführung am Schluß gewissermaßen als die organische Fortführung des Vorangehenden empfunden wird. Daher wird gerade denjenigen Physikern der von HERZFELD eingeschlagene Weg sympathisch sein, die größeren Wert darauf legen, das gemeinsame zwischen klassischer Theorie und Quantenlehre zu betonen, als das Trennende.

Da in der ganzen neueren Weltliteratur nur außerordentlich wenige Bücher existieren, in denen der Versuch gemacht wird, von der gesamten kinetischen Theorie der Materie bis zu den neuesten Forschungsergebnissen hin eine knappe, zusammenfassende Darstellung zu geben, darf man wohl erwarten, daß der HERZFELDSche Band sich auch über den Kreis der Leser der übrigen Bände des MÜLLER-POUILLETschen Buches zahlreiche Freunde erwerben wird.

A. EUCKEN, Breslau.

WHITTAKER, E. T., **Analytische Dynamik der Punkte und starren Körper.** Die Grundlehren der mathematischen Wissenschaften in Einzeldarstellung. Bd. XVII. Berlin: Julius Springer 1924. XII, 462 S. 16 × 24 cm. Preis geh. 21, geb. 22,50 Goldmark.

Die deutsche Ausgabe dieses bekannten und geschätzten englischen Lehrbuches ist sehr zu begrüßen. Wir haben eigentlich kein neueres Lehrbuch der Dynamik von diesem Umfang und Ziel. Am nächsten wären damit vielleicht die Vorlesungen JACOBIS zu vergleichen, aber diese stammen aus der Mitte des vorigen Jahrhunderts. Der Verfasser stellt die analytischen Methoden überall voran und sucht einen vollständigen Überblick darüber zu geben, was sich mit ihnen erreichen läßt. Daß er dabei vor mathematisch recht schwierigen Teilen nicht zurückschrecken darf, ist selbstverständlich. Sind doch die Probleme der hohen Dynamik oft der Anlaß für die Mathematiker gewesen, ausgedehnte und abstrakte Untersuchungen durchzuführen, um neue Angriffsmethoden zu gewinnen. Daß es keinen Königsweg in der Mathematik gibt, spürt man leider beim Eindringen in diese Teile der Dynamik. Aber man gewinnt aus dem Buch den Eindruck, daß WHITTAKER in vieler Hinsicht als Wegebauer viel geleistet hat. Ich habe die Überzeugung, daß Physiker, Mathematiker und Astronomen das WHITTAKERSche Buch viel benutzen werden.

Die Einteilung ist kurz diese: „Kinematik“ und „Bewegungsgleichungen“ bilden die einleitenden Kapitel. „Die Integrationsprinzipien“, „Die lösbaren Probleme der Punktmechanik“, „Das dynamische Verhalten starrer Körper“, „Die lösbaren Probleme der Dynamik starrer Körper“ (Kreiseltheorie), „Die Theorie der Schwingungen“, „Nicht-holonome Systeme, Systeme mit Energiezerstreuung“, „Die Prinzipien der kleinsten Wirkung und der kleinsten Krümmung“ — das führt uns über die erste Hälfte des Buches und im allgemeinen über bekanntes Gelände, wie es auch in anderen guten Darstellungen zu finden ist (z. B. im WEBSTER). Allerdings ist hier alles Mathematische viel stärker betont, als es die meisten anderen Autoren zu tun streben, und es ist eine Reihe sonst wenig bekannter Sätze und Verallgemeinerungen ausgesprochen. Mit dem 10. Kapitel: „HAMILTONSche Systeme und ihre Integrationsvarianten“ beginnt für den Verfasser — und vermutlich für die meisten Benutzer des Buches — sichtlich das eigentliche Thema. „Die Transformationstheorie der Dynamik“ bringt eine eingehende Darstellung der Berührungstransformationen und mit ihrer Hilfe werden im nächsten Kapitel „Die Eigenschaften der Integrale dynamischer Systeme“ diskutiert. Es handelt sich hierbei hauptsächlich um die methodische Auffindung neuer Integrale der Bewegungsgleichungen, für den Fall, daß eine oder mehrere partikuläre Lösungen schon bekannt sind. Die letzten 100 Seiten des Buches behandeln das Dreikörperproblem als Beispiel für die Anwendung und Fortführung der Transformationstheorie. („Die Reduktion des Dreikörperproblems“, „Die Sätze von BRUNS und von POINCARÉ“, „Allgemeine Theorie der Bahnkurven“, „Integration durch trigonometrische Reihen“). Es

ist dies eine Stelle, wo man eine gute, genügend breit fundierte Einführung in dies berühmteste der dynamischen Probleme erhält und zugleich eine Zusammenfassung dessen, was erreicht worden ist. Erwähnt sei die Diskussion der periodischen Lösungen und der Stabilität von Lösungen.

Das WHITTAKERSche Buch ist eine wahre „*mécanique analytique*“ nach LAGRANGESchem Muster. Man wird vergeblich eine einzige Figur in dem Buch suchen — selbst in dem Kapitel über Kinematik, in dem die Zusammensetzung von Drehungen, die EULERSchen Winkel, die Ableitung eines Vektors nach beweglichen Achsen u. dgl. besprochen werden. Dem Leser anschauliche Hilfsmittel zur Festhaltung des Gegenstandes zu geben, liegt dem Autor völlig fern. Ich kann den Verdacht nicht loswerden, daß diese Einstellung auf das Analytische für viele Leser (auch in den höheren Teilen) eine Erschwerung bedeutet. Der nahe Zusammenhang der Transformationstheorie mit der Flächentheorie (die Bahnkurven können z. B. als geodätische Linien auf gewissen Flächen gedeutet werden) und der Theorie der Charakteristiken, ebenso die ganze Theorie der Berührungstransformationen läßt sich analytisch und geometrisch parallel verfolgen, jedenfalls eine erhebliche Strecke weit. Wäre das in dem

Buch mehr berücksichtigt, so wäre seine Lektüre genüßreicher. Ich möchte nicht sagen, daß das Buch dadurch an und für sich nützlicher würde: nur angenehmer. Wer den Gegenstand wirklich aufnehmen will, muß ihn meinem Gefühl nach durch eigene Arbeit nach der geometrischen Seite hin ergänzen. Wenigstens sind viele Mathematiker und Physiker so eingestellt.

Geradezu fabelhaft und für denjenigen, der das Buch wirklich durcharbeitet, von unschätzbarem Wert, ist die Fülle von Aufgaben, die allen Kapiteln beigegeben ist. In dieser Hinsicht zeigt das Buch die Überlegenheit des englischen Mechanikunterrichts (wenigstens in Cambridge und einigen anderen Universitäten) über den unseren. Was da im ‚Tripos‘ Examen an Schwierigkeiten der Klausurarbeit den Studenten zugemutet wird, dürfte bei uns lange nicht erreichbar sein. Der Dozent, der Mechanik liest, wird hier ohne Mühe Stoff zur rechnerischen Illustration auch der hohen Teile der Theorie finden. In gewissem Sinne ersetzen die Übungsaufgaben die geometrische Deutung des Stoffes.

Die von Herrn und Frau Dr. MITTELSTEN-SCHIED besorgte Übersetzung ist vorzüglich. Im Satzbild fällt angenehm die gut durchgeführte Unterscheidung von Einschiebseln durch kleineren Druck auf.

P. P. EWALD, Stuttgart.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Der Herausgeber hält sich für die Zuschriften und die vorläufigen Mitteilungen nicht für verantwortlich.

Über Lumineszenz hochverdünnter Flammen.

In einem kurzen Bericht, der Mitte August 1925 in dieser Zeitschrift erschienen ist¹⁾, haben H. BEUTLER und M. POLANYI eine Methode beschrieben, um die von HABER und ZISCH entdeckte Chemilumineszenz des Natriums in großer Intensität zu erzeugen und zugleich über den Mechanismus der zugrunde liegenden Reaktion Aufschlüsse zu gewinnen. Es wird hierzu das Natrium mit dem Halogen bzw. flüchtigen Halogensalzen im Vakuum zusammengebracht. Die Drucke der reagierenden Substanzen bleiben unter 0,5 mm Quecksilber.

Inzwischen haben K. LIALIKOV und A. TERENIN²⁾ ebenfalls hochverdünnte Flammen von Alkalimetallen mit Jod erzeugt und das Auftreten der beiden ersten Resonanzlinien von Kalium und Rubidium festgestellt. Dies veranlaßt uns, hier einiges aus unseren eigenen Resultaten auf diesem Gebiete mitzuteilen.

1. Die Intensität des Lichtes sowie die Lichtausbeute kann um das Vielfache gesteigert werden, wenn man statt der ursprünglich beschriebenen Anordnung folgende Arbeitsweise verwendet: Man läßt in einem weiteren Rohr von etwa 3 cm Durchmesser den Alkalimetalldampf strömen und durch ein engeres Rohr von etwa 3 mm Durchmesser, das zentrisch in das weitere hineingesteckt ist und etwa bis zu dessen Mitte hineinragt, das Halogen oder flüchtige Halogensalz eintreten. Die Strömungen werden so eingestellt, daß der Metaldampfstrom in Äquivalenten pro Sekunde das Mehrfache des Halogenstromes beträgt. Die thermoelektrisch gemessene Lichtstrahlung beträgt bei der so geführten Umsetzung von Natrium bzw. Kalium mit Chlor bzw. Sublimat 10% des theoretisch möglichen Maximums (Güteverhältnis 10%). Die photometrisch

gemessene Lichtstärke der D-Linie betrug in Übereinstimmung hiermit 2–6 HK. Die Lichtstrahlung des Kaliums wird durch Einschaltung eines Rotfilters nur wenig (ca. 10%) geschwächt, besteht also zu überwiegendem Teil aus der Doppellinie 7665/99. Die Bestimmung der Temperatur in der Reaktionszone liefert den Nachweis, daß es sich auch hier um Chemilumineszenz handelt. (St. v. B. u. M. P.)

2. Das Licht, das mit der unter 1. beschriebenen Anordnung erzeugt wurde, haben wir mit folgendem Ergebnis spektral untersucht.

a) Natriumlicht.

Termbezeichnung	Wellenlänge in $\mu\mu$	Anregungsenergie vom Normalzust. in Cal	Intensität bei Erregung durch Reaktion (mit Energie des Elementarvorgangs)			
			HgCl ₂ 70 Cal	Cl ₂ 90 Cal	Br ₂ 80 Cal	J ₂ 70 Cal
Hauptserie						
1s – 2p	589	48,3	100	100	100	+
1s – 3p	330,3	86	1,5	0,05	0,015	
1s – 4p	285,3	99,7	0,05	+		
1s – 5p	268,0	106	0,005			
1s – 6p	259,4	109,6	0,0005			
II.						
Nebenserie						
2p – 3s	616	94,5	+	+	+	
2p – 4s	515	103,3	0,15	+		
2p – 5s	475	108	0,2	+		
2p – 6s	454	110,5	0,05	+		
2p – 7s	442	112,3	0,02	+		
2p – 8s	434	113,5	0,02	+		
I.						
Nebenserie						
2p – 4d	568	98,2	1	0,5	0,15	
2p – 5d	498	105,1	0,3	+		
2p – 6d	467	108,9	0,3	+		
2p – 7d	450	111,2	0,1	+		
2p – 8d	439	112,7	0,05	+		
1s – 3d	346,2	82,6	0,005	0,005		

Die als Intensitätsschätzungen angeführten Zahlen haben folgende Bedeutung. Die D-Linie wurde durch ein 1% durchlassendes Filter aufgenommen und eine bestimmte, so erhaltene Schwärzung als 1, die un-

1) Naturwissenschaften 13, 711. 1925.

2) Naturwissenschaften 14, 83. 1926. Das Manuskript ist am 16. November 1925 eingegangen, die vom Verfasser imprimierte Korrekturfahnen am 12. Januar 1926.

Die Schriftleitung.

geschwächte Intensität der D-Linie als 100 bezeichnet. Dann wurden die Zeiten gemessen, die bei den anderen Linien die Schwärzung 1 ergaben, und die reziproken Werte dieser Zeiten in die Tabelle eingesetzt. Es wurden panchromatische Ilford-Platten verwendet und stets nur Schwärzungen auf einer Platte verglichen. Auftreten von Linien ohne Intensitätsschätzung wird mit einem Kreuz bezeichnet.

Bei allen Lumineszenzen des Natriums tritt noch ein Bandenspektrum auf (Intensität ca. 1) mit folgenden Schwerpunkten der Banden:

571,3 schw.	589,0 schw.	610,9 schw.	632,7 st.	658,0 schw.
574,5 st.	595,0 schw.	616,3 s. st.	639,3 st.	— s. schw.
579,3 st.	599,1 st.	622,3 st.	— s. schw.	— s. schw.
585,0 schw.	605,5 st.	627,2 schw.	650,1 schw.	

Dieses Spektrum stimmt mit demjenigen überein, das Wood¹⁾ bei Anregung mit langsamen Kathodenstrahlen gefunden hat.

b) *Kaliumlicht*. Bei Reaktion von K mit HgCl_2 treten folgende Linien auf. Hauptserie 766,5/9,9, 404,4/4,8, 344,7, 321,7 (1s – 2p bis 1s – 5p). II. Nebenserie 693,9/1,2, 580,2/78,2, 534,0/2,4 (2p – 3s bis 2p – 5s). I. Nebenserie 583,2/1,2, 536,0/4,4, 511,3/509,8, 496,5/5,2 (2p – 5d bis 2p – 8d). Ferner 464,2 (1s – 3d).

c) *Quecksilberlicht*. Bei den Reaktionen von Na und K mit HgCl_2 tritt die Resonanzlinie 253,7 auf. (Bei Na mit der Intensität ca. 1.) Außerdem wurden bei Na schwach 3663 (2p₁ – 3d₃) und 3131 (2p₁ – 3d₃) beobachtet.

d) *Weitere Bandenspektren*. Bei den Reaktionen $\text{Na} + \text{HgCl}_2$, $\text{Na} + \text{Cl}_2$ und $\text{Na} + \text{Br}_2$ treten jeweils verschiedene Bandenspektren in geringer Intensität auf. Hiervon wurde ausgemessen bei Na und Br_2 das Bandenspektrum: 370,5, 375, 379,5, 383, 388, 393, 398,5, 403, 408, 413, 417, 422, 426, 431, 436, 441, 446, 451,5, 457, 462, 467,5.

Vom theoretischen Standpunkte sei nur darauf hin-

¹⁾ Wood, Phys. Zeitschr. 9, 460. 1908.

gewiesen, daß die Energie des einzelnen Elementarprozesses keineswegs die Grenze der Anregungen vorschreibt (ebensowenig, wie bei der Anregung der 2537-Linie bei KALLMANN und FRÄNZ¹⁾). Besonders groß sind die Überschreitungen bei $\text{Na} + \text{HgCl}_2$ (bis zu 42 Cal.). Bemerkenswert erscheint das Auftreten der bisher bei Na noch nicht beobachteten Linie 1s – 3d. Diese tritt auch bei K ungewöhnlich stark auf. (H.B. u. M. P.)

Die Untersuchung der Flamme auf Leitfähigkeit ergab eine Ionisierung von etwa $1/10000$ der umgesetzten Stoffe.

Berlin, den 1. Februar 1926.

H. BEUTLER, St. v. BOGDANDY und M. POLANYI.

Zur Frage des analytischen Nachweises von Gold in Quecksilber.

Sehr geringe in Quecksilber gelöste Goldmengen entziehen sich längere Zeit nach dem Erhitzen dem analytischen Nachweis bei dem Versuch, sie durch Auflösen in Salpetersäure und Beobachtung des Rückstandes unter dem Mikroskop aufzufinden. Diese sehr geringen, fein verteilten Goldmengen werden z. B. durch monatelanges Stehenlassen des Quecksilbers nachweisbar nach der von A. MIETHE und H. STAMMREICH²⁾ angegebenen analytischen Methode, ohne daß eine elektrische Behandlung des Quecksilbers stattgefunden hat.

Die ausführliche Darstellung der Untersuchungen wird in dem in Vorbereitung befindlichen Heft der Wissenschaftlichen Veröffentlichungen aus dem Siemens-Konzern erscheinen.

Siemensstadt, den 9. Februar 1926.

Forschungslaboratorium der Siemens & Halske A. G. und der Siemens Schuckertwerke G. m. b. H.
E. DUHME und A. LOTZ.

¹⁾ KALLMANN und FRÄNZ, Zeitschr. f. Phys. 34, 924. 1925.

²⁾ A. MIETHE, Naturwiss. 12, 597. 1924.

Die spezifische photochemische Wirkung bei der Kohlensäureassimilation nach den Versuchen von Wurmser.

Herr OTTO WARBURG hat in seiner Arbeit über Kohlensäureassimilation (Naturwissenschaften 4. Dez. 1925, S. 988), beim zitieren der Versuche und Resultate von WURMSER einige Fehler gemacht, die ich hier korrigieren möchte, und bei derselben Gelegenheit ebenfalls einige Erläuterungen über die Berechnungsmethoden der Absorption des Chlorophylls und über die Anwendbarkeit des EINSTEINSchen Äquivalentgesetzes angeben möchte.

1. Herr O. WARBURG beginnt den Absatz über „die spezifische photochemische Wirkung nach R. WURMSER“ mit folgenden Worten: „Kürzlich (1925), hat R. WURMSER versucht, die spezifische photochemische Wirkung bei der Kohlensäureassimilation zu messen.“

Dazu muß man bemerken, daß die Arbeiten von WURMSER ganz gleichzeitig und parallel denjenigen von O. WARBURG und NEGELEIN gemacht wurden; denn die erste Arbeit von WURMSER über die energetische Ausbeute für verschiedene Strahlen bei der Assimilation von CO_2 wurde nicht „Kürzlich in 1925“, sondern vor 2 Jahren am 8. Oktober 1923 in der Pariser Akademie publiziert, und die Arbeit von O. WARBURG und NEGELEIN erschien am 25. September 1923. In dieser ersten Arbeit (1923) erhielt WURMSER für die Energieausbeute φ_0 im rot ($\lambda > 590 \text{ m}\mu$), 60% und im grün ($590 > \lambda$

$> 490 \text{ m}\mu$) 80 %. In seiner neuen Arbeit (C. R. 21. September 1925) hat R. WURMSER mit einer größeren Genauigkeit die Assimilationsversuche an *Ulvula lactuca* im rot und im grün wiederholt und wieder für die Ausbeute φ_0 einen größeren Wert im grün als im rot erhalten. Das Verhältnis ist nämlich gleich 1,15, dagegen fordert das EINSTEINSche Gesetz für dieses Verhältnis 0,84.

2. Herr O. WARBURG sagt weiter, daß WURMSER „ähnlich wie WEIGERT“ die Lichtabsorption aus den Lichtschwächungen die grüne und weiße (entfärbte) Ulvastücke hervorbrachten, berechnete. „Da dieses Verfahren, wie oben erörtert, nicht einmal der Größenordnung nach richtige Werte liefert, so können wir die WURMSERSchen Zahlen nicht gelten lassen und halten auch seine Bestätigung unserer Rotversuche für ein zufälliges Rechenergebnis“. Diese Behauptung von WARBURG ist ganz unrichtig. Die Rechnungsmethode von WURMSER ist vollständig verschieden von derjenigen, die WEIGERT für die Versuche von BROWN und ESCOMBE angewandt hatte.

R. WURMSER hat nämlich in seiner ersten Arbeit die Absorption durch ein grünes Ulvastück als gleich dem Ausdruck

$$B = \frac{J_0 - J}{J_0} = 1 - 10^{-(\kappa_1 + \kappa_2)}$$

gesetzt, wobei K_1 der Absorptionskoeffizient des Chlorophylls und K_2 derjenige der übrigen Teile des Blattes ist. Dieser Koeffizient K_2 wird aus der Absorption des entfärbten Blattes bestimmt:

$$C = \frac{J_0 - J_2}{J_0} = 1 - 10^{-K_2}.$$

Aus den Messungen von B und C berechnet man den Wert des Absorptionskoeffizienten des Chlorophylls K_1 :

$$K_1 = \log \frac{1 - C}{1 - B}$$

und aus diesem die Absorption („pouvoir absorbant“ A) des Chlorophylls:

$$A = \frac{J_0 - J_1}{J_0} = 1 - 10^{-K_1}.$$

Diese Berechnungsmethode wurde von WURMSER schon in seiner großen Arbeit über Kohlensäureassimilation in 1921 gegeben (Arch. de physique biol. Sept. 1921, S. 106). WURMSER hatte schon dort gezeigt, daß man die Absorption der violetten Strahlen durch das Chlorophyll erhält, indem man von dem Absorptionskoeffizient der Mischung (Chlorophyll + Lipochrome) denjenigen der Lipochrome abzieht.

WEIGERT hat dagegen nach der Formel $A = C - B$ berechnet.

Angewandt auf das Beispiel von WEIGERT ($B = 74,5\%$ und $C = 78,7\%$) erhält man $A = 15,8\%$ und nicht wie es WEIGERT gefunden hatte $4,2\%$, so daß die Ausbeute im Versuch von BROWN und ESCOMBE gleich $\frac{4,1}{15,8} \cdot 100 = 26\%$ (und nicht 98%) ist,

was ja auch bei den Versuchsbedingungen plausibel ist.

Diese Berechnungsmethode von WURMSER beruht auf der Annahme, daß die Lichtschwächung in einem Blatt durch die Summe der Absorptionen des Chlorophylls und der übrigen Bestandteile des Blattes erzeugt ist. Man kann dazu einwenden, daß die Zellen, Körnchen und Kolloide, die im Blatt enthalten sind, eine Streuung des Lichtes erzeugen, so daß man in Wirklichkeit mit einem komplizierten Vorgange zu tun hat: einerseits einer wirklichen Absorption durch das Chlorophyll und andererseits einer Streuung des Lichtes. Diese Auffassung ist die richtigere, sie hat auch eine allgemeine Bedeutung und findet Anwendungen z. B. auch für die Lichtschwächung durch eine photographische Platte. WURMSER hat in seiner letzten Arbeit (C. R. 21. Sept. 1925) dieses Problem behandelt und hat die Berechnung nach dieser neuen Auffassung durchgeführt.

Die Theorie der Lichtschwächung durch ein Medium, in dem man gleichzeitig eine Absorption und eine Streuung hat, wurde von LANGEVIN gegeben. Im Falle einer sehr dünnen Schicht, wie es die Blätter der *Ulva* sind, hat man für die Lichtschwächung den Ausdruck (noch unveröffentlicht):

$$J = Ch \left\{ \xi(\xi + \eta) + \frac{2\xi + \eta}{2\xi(\xi + \eta)} \cdot Sh \right\} \xi(\xi + \eta)$$

wo ξ der Absorptionskoeffizient des Chlorophylls ($e^{-\xi} = 10^{-K_1}$) und η der Streukoeffizient des Blattes ($\frac{J_0}{J_2} = 1 + \frac{\eta}{2} = 10^{K_2}$) ist.

Wenn man die obige Formel von LANGEVIN in eine Reihe entwickelt und mit der Reihenentwicklung von $J = 10^{K_1 + K_2}$ vergleicht, so bekommt man bei Ver-

nachlässigung der Glieder höherer Ordnung eine vollständige Übereinstimmung zwischen den beiden Reihen.

Die Absorption durch das Chlorophyll ist:

$$A = \frac{J_0 - J_2 - J_\delta}{J_0}$$

wo J_δ die Intensität der zerstreuten Strahlen in der Richtung entgegengesetzt zur Einfallrichtung ist; bei Vernachlässigung höherer Terme ist diese gleich

$$A = \xi - \frac{\xi^2}{2} + \dots$$

also identisch mit

$$A = 1 - e^{-\xi}.$$

Diese neue Berechnungsmethode der Versuche von WURMSER gibt fast genau dieselben Resultate, wie die frühere. Die Gültigkeit der Formel von LANGEVIN wurde zunächst durch spezielle Versuche über die Lichtschwächung durch verschiedene Schichten eines geölten Zigarettenpapiers von WURMSER vollständig bestätigt. (Die ausführliche Arbeit von WURMSER befindet sich im Druck im Journal de physique et le radium.)

Es kann also als sicher angesehen werden, daß WURMSER gleichzeitig mit WARBURG und NEGELEIN für die Assimilation im Rot eine Energieausbeute von 60% (W. u. N. 59%) gefunden hat; im Grün findet WURMSER eine größere Ausbeute (etwa 70%) dagegen WARBURG und NEGELEIN eine kleinere (etwa 44%).

3. Was bedeuten nun diese Werte der Energieausbeute? Kann man sie im Lichte des EINSTEINSCHEN Äquivalentgesetzes deuten?

Wir wissen, daß bei der Assimilation dem Gemisch von 1 Mol CO_2 + 1 Mol H_2O die Energiemenge von 112 300 cal. geliefert werden muß. Die Energie eines Quanten im rot ($660 \text{ m}\mu$) entspricht 43 200 cal. und im grün ($546 \text{ m}\mu$) 51 200 cal., es kann also lange nicht die zur Assimilation nötige Energie durch ein Quant gedeckt werden.

Diese Tatsache bildet einen grundlegenden Unterschied zwischen der Kohlensäureassimilation und allen photochemischen Reaktionen in denen das EINSTEINSCHES Gesetz bestätigt wurde, denn bei diesen ist immer die Energie eines Quantums größer, als das Energiebedürfnis der Reaktion.

Es stellt sich also ganz allgemein die Frage ob man überhaupt von einer Anwendbarkeit des EINSTEINSCHEN Gesetzes in den Fällen reden kann, wo das Quantum kleiner als die Energie der Reaktion ist.

Wenn man im Sinne der Quantentheorie solche Reaktionen behandeln will, so muß man zunächst annehmen, daß die Reaktion aus einer Sukzession mehrerer elementarer Vorgänge besteht, etwa schematisch im Sinne:

$$\begin{aligned} A &+ h\nu = A^* \\ A^* &+ B = (AB)^* \\ (AB)^* &+ h\nu = (AB)^{**} \\ (AB)^{**} &+ C = A + (BC)^{**} \text{ usw.} \end{aligned}$$

wo wir mit den Sternen die angeregten oder energiereicheren Zustände bezeichnen. In dieser Sukzession sind einige Vorgänge Lichtreaktionen, dagegen andere Dunkelreaktionen. Für die ersten gilt wohl das EINSTEINSCHES Gesetz, die Ausbeute der Dunkelreaktionen (Stöße zweiter und dritter Ordnung) dagegen ist von den Reaktionsbedingungen abhängig. Unter diesen Bedingungen spielt eine sehr große Rolle die Art des angeregten Zustandes der Molekel.

Wir wissen aus den sämtlichen Untersuchungen über

die Absorption der Strahlen, daß je nach der Frequenz der Anregungszustand der Molekel verschiedenen physikalischen Vorgängen in der Molekel entspricht (verschiedene Elektronenniveaux, verschiedene Schwingungen der Atome und Rotationen der Molekel). Chemisch äußert sich dies dadurch, daß die Reaktionsfähigkeit einer Molekel abhängig von der Frequenz der absorbierten Strahlung ist; so z. B. ist die Chlor-Molekel bei der Absorption der Strahlen von $\lambda < 4800 \text{ \AA}$ reaktionsfähiger als bei der Absorption der Strahlen von $\lambda > 4800 \text{ \AA}$ (Versuche von TAYLOR); ebenso ist die Molekel des Schwefels (S_2) reaktionsfähiger bei der Absorption der Strahlen von $\lambda < 2794 \text{ \AA}$, als bei der Absorption von $\lambda > 2794$ (Versuche von V. HENRI und TEVES) usw. (Ich habe in meinem Buche: „*Structure des molécules*“. Paris: Hermann 1925, S. 82 bis 103: „Etat de prédissoassociation des molécules“, eine ganze Reihe solcher Beispiele zusammengestellt.) Es ist dies ein ganz allgemeines Resultat, welches von uns

mit mehreren Mitarbeitern und parallel von FRANCK und seinen Mitarbeitern erhalten worden ist¹⁾).

Wir müssen also erwarten, daß auch im Falle des Chlorophylls bei der Assimilation einige der Dunkelreaktionen mit einer größeren Ausbeute auftreten werden, wenn das Molekülkomplex durch grüne Strahlen belichtet ist, als durch rote.

Es kann, wie ich glaube, überhaupt nicht die Frage gestellt werden über die Anwendbarkeit oder die Nicht-anwendbarkeit des EINSTEINSchen Gesetzes in allen den Fällen, wo man mit einer Sukzession rein photochemischer und Dunkelreaktionen zu tun hat, und dies findet sicher bei der Kohlensäureassimilation statt.

Zürich, den 31. Dezember 1925. Institut für physikalische Chemie.
VICTOR HENRI.

¹⁾ Eine ausführliche Arbeit von WURMSER und mir über das photochemische Äquivalentgesetz in Verbindung mit der BOHRschen Theorie und der Prädissoziation der Molekel wird bald erscheinen.

Erwiderung auf vorstehenden Aufsatz.

1. HENRIS Meinung, daß die Arbeiten von WURMSER „ganz gleichzeitig und parallel denjenigen von O. WARBURG und NEGELEIN gemacht wurden“, kann ich nicht beipflichten. Denn unsere erste Arbeit „Über den Energieumsatz bei der Kohlensäureassimilation“ (Zeitschrift f. physikal. Chem. 102, 236. 1922) erschien im September 1922. In dieser Arbeit stand, durch 12 Versuche und 3 Versuchsprotokolle belegt, daß die Ausbeute zwischen 570 und 645 $\mu\mu$ rund 70% beträgt. WURMSER legte seine erste Notiz über den Energieumsatz der Pariser Akademie im Oktober 1923, also reichlich ein Jahr später, vor. In dieser Notiz stand, daß die Ausbeute zwischen 590 und 700 $\mu\mu$ rund 60% beträgt. Weder in der Notiz WURMSERS von 1923 noch in einer späteren Arbeit von 1925 finden wir mehr, als eine allgemeine Skizzierung seiner Methoden, in keiner der beiden Arbeiten aber experimentelle Einzelheiten. Ob man nun die Arbeit von 1925 oder die Notiz von 1923 ins Auge faßt, ist für die Frage der Priorität gleichgültig, da 1923 schon seit einem Jahr bekannt und durch Versuche belegt war, daß im langwelligen Teil des Spektrums der größere Teil der absorbierten Lichtenergie in chemische Energie verwandelt wird.

2. Zu HENRIS Protest, daß WURMSER „ähnlich wie WEIGERT“ die Lichtabsorption berechnet habe, lasse ich WURMSER selbst sprechen. WURMSER schreibt (Ann. de Physiol. 1, 48, S. 54. 1925):

„Des recherches relativement anciennes de H. T. BROWN et F. ESCOMBE, interprétées par F. WEIGERT, il semblait déjà résulter que le rendement énergétique de l'assimilation chlorophyllienne pouvait atteindre une valeur voisine de l'unité. BROWN et ESCOMBE mesuraient le pouvoir d'absorption du pigment en comparant la transparence des feuilles blanches et des feuilles vertes d'une même espèce — — —

Dans les déterminations du rendement de la photosynthèse que j'ai effectuées, la méthode de mesure de l'énergie absorbée par la chlorophylle est en principe la même que celle de BROWN et ESCOMBE.“

Diese Sätze beweisen, daß WURMSER der Fehler in WEIGERTS Rechnung nicht bekannt war. Denn sonst hätte er geschrieben, daß man bei den älteren, von WEIGERT interpretierten Versuchen 20% erhalten habe, während er schrieb, daß man 100% erhalten habe. Wenn HENRI heute, mir folgend, die Ausbeute bei den älteren Versuchen — die bei viel zu hohen Licht-

intensitäten angestellt worden sind — auf rund 20% schätzt, so besteht hier offenbar ein Widerspruch zwischen WURMSER von 1925 und HENRI von 1926. Meine Kritik bezog sich auf WURMSER von 1925.

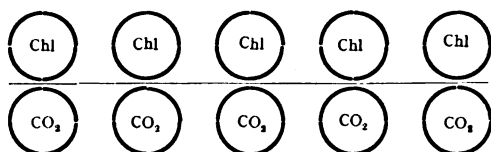
Ich bin der Ansicht, daß WURMSER — wie er auch rechnen mag — bei der Anlage seiner Versuche nicht imstande ist, die Ausbeute einigermaßen genau zu messen, geschweige denn Unterschiede in den Ausbeuten, wie er sie zwischen Rot und Grün gefunden haben will, festzustellen. WURMSER arbeitet mit diffussem Tageslicht, mit Versuchszeiten von im Mittel 8 Stunden. Er mißt, je nach dem „Zustand des Himmels“, die Intensität des Tageslichtes in verschiedenen Intervallen und kann so nur ganz ungefähr erfahren, wieviel Licht in der Versuchszeit auf sein Objekt gefallen ist. Um die Lichtabsorption zu messen, vergleicht er die Durchlässigkeit seines Objektes — eines trüben Mediums — im grünen und entfärbten Zustand und berechnet aus beiden Durchlässigkeiten die Absorption, die auf Rechnung des Chlorophylls zu setzen ist. Besonders im Grün, wo das Chlorophyll nur schwach absorbiert, müssen kleine Fehler in den Durchlässigkeitsmessungen große Fehler in der Absorptionsberechnung bedingen.

Wie ich mit NEGELEIN gezeigt habe, ist es bei anderer Versuchsanordnung leicht, die Ausbeute bei Bestrahlung mit dem Licht einzelner Linien der Quecksilberdampflampe für Perioden von 10 Minuten zu messen, wobei das Problem der Absorptionsmessung durch einen einfachen Kunstgriff umgangen wird. Arbeitet man nach dieser Anordnung, so findet man die Ausbeute im Grün nicht größer als im Rot, wie WURMSER, sondern kleiner, und allgemein ein Absinken der Ausbeute, wenn man von langwelligem zu kurzwelligem Licht übergeht.

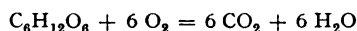
3. Am Schluß seines Aufsatzes entwickelt HENRI die Ansicht, daß man auf Vorgänge wie die Kohlensäureassimilation die Quantentheorie nicht anwenden könne. Es sei mir erlaubt, den Überlegungen HENRIS, ohne auf sie einzugehen, folgende Theorie der Assimilation gegenüberzustellen:

Ich gehe von der Tatsache aus, daß die Kohlensäureassimilation ein Vorgang ist, der sich an festen Grenzflächen abspielt. Man denke sich das Chlorophyll an dem festen Gerüst des Chlorophyllkorns (Stroma) in einfach-molekularer Schicht ausgebreitet und an diesem gefärbten Gerüst die Kohlensäure (oder ein

Derivat der Kohlensäure von gleicher Oxydationsstufe) adsorbiert (vgl. Skizze).



Belichten wir, so wird das Chlorophyll chemisch aktiviert und reduziert die Kohlensäure, wobei es selbst in den Normalzustand zurückkehrt. Da ein Absorptionsvorgang nicht reicht, um die Kohlensäure zur Stufe der Glucose zu reduzieren, muß sich ein solcher Vorgang mehrmals wiederholen. Ist dies geschehen und die Reduktionsstufe der Glucose erreicht, so löst sich das Endprodukt von der Oberfläche ab und wird durch ein neues Kohlensäuremolekül ersetzt. Nach dieser Auffassung reagieren die aktivierten Chlorophyllmoleküle, die zur vollständigen Reduktion der Kohlensäure nötig sind, nicht gleichzeitig mit der Kohlensäure, sondern zeitlich hintereinander und reduzieren die Kohlensäure stufenweise. Entsprechend faßt man die Verbrennung der Glucose durch Sauerstoff



nicht als eine gleichzeitige Reaktion von 6 Molekülen

Sauerstoff mit 1 Molekül Glucose auf, sondern als eine stufenweise Oxydation.

Weiterhin mache ich von der Tatsache Gebrauch, daß bestrahltes Chlorophyll, gleichgültig ob man mit blauem oder grünem oder gelbem Licht bestrahlt, immer rot fluoresciert. Betrachten wir nun die Erzeugung fluoreszierender und chemisch aktivierter Chlorophyllmoleküle als parallele Vorgänge, so wird jeder Absorptionsvorgang, unabhängig von der Farbe des erregenden Lichtes, immer den gleichen aktivierten Zustand des Chlorophylls hervorbringen. Dann ist die Zahl der Absorptionsvorgänge — das heißt die Zahl der absorbierten Quanten, — die zur Reduktion eines Kohlensäuremoleküls erforderlich sind, in den verschiedenen Spektralbezirken gleich und die spezifische photochemische Wirkung muß sich mit der Wellenlänge so ändern, wie wir es beim Übergang von Rot zu Gelb finden und wie es das EINSTEINSche Gesetz verlangt.

Diese Überlegungen zeigen, daß man die wesentlichsten Ergebnisse unserer Energiemessungen — die Größe der Ausbeute und die Änderung der Ausbeute mit der Wellenlänge — quantentheoretisch ungezwungen erklären kann, wenn man sich nur daran erinnert, daß die Kohlensäureassimilation ein Vorgang an Oberflächen ist.

Berlin-Dahlem, den 20. Januar 1926.

OTTO WARBURG.

Aus den Sitzungsberichten der preußischen Akademie der Wissenschaften 1925.

[Gesamtsitzung = (G.). Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse = (Phys.-math. Kl.).]

8. Januar (Phys.-math. Kl.). Vors. Sekr.: Hr. RUBNER.

Herr KEIBEL spricht im Anschluß an seinen Vortrag vom 28. Februar 1924 Zum Kopfproblem über Mesomerie, Branchiomerie und die Metamerie des peripheren Nervensystems bei den Wirbeltieren. Er kommt zu dem Schlusse, daß die Branchiomerie unabhängig von der Mesomerie entstanden ist und daß der Zustand mit wenigen Kiementaschen und Bogen primitiver ist als der mit vielen. Bei den Embryonen von Petromyzon fluviatilis sind in der Reihe weder Anlagen von Somiten ausgefallen noch Kiementaschen. Auch ist keines der Somite, auch das dritte nicht, durch die Verschmelzung zweier ursprünglich selbständiger Somite entstanden. Soweit die Mitteilung auf eigenen Beobachtungen beruht, sind diese an Embryonen von Petromyzon fluviatilis angestellt.

Herr EINSTEIN legte eine Arbeit über die Quantentheorie des einatomigen idealen Gases (zweite Abhandlung) vor. Die früher von ihm entwickelte Theorie der Gasentartung wird weiter durchgeführt. Dabei zeigt sich, daß es bei jeder Temperatur eine Sättigungsdichte des idealen Gases gibt, derart, daß die gegenüber dieser Dichte überzähligen Moleküle an der thermischen Agitation nicht teilnehmen. Die statistischen Eigenschaften (Dichte — Schwankungen) werden untersucht. Die Zustandsgleichung wird diskutiert, und eine bequeme Näherungsgleichung für sie wird angegeben.

Herr CORRENS legte 2 Abhandlungen von Herrn Prof. FELIX BERNSTEIN in Göttingen, Institut für mathematische Statistik, vor:

1. Beiträge zur Mendelistischen Anthropologie I. Quantitative Rassenanalyse auf Grund von statistischen Beobachtungen über den Klangcharakter der Singstimme. Frühere Untersuchungen des Verfassers und seiner Mitarbeiter hatten gezeigt, daß der Klangcharakter der menschlichen Singstimme durch ein

melodisches Genpaar A, a so bestimmt ist, daß die Genformel AA Baß bzw. Sopran, die Genformel Aa Bariton bzw. Mezzosopran, die Genformel aa Tenor bzw. Alt bedingt. Bei statistischer Kenntnis der drei Stimmgruppen in einer durchgemischten Bevölkerung lassen sich die Prozentsätze der reinen Rassen (Baß — Sopran- und Tenor — Alt-Rasse) berechnen. Statistische Untersuchungen in Italien und Deutschland zeigen danach für die Baß — Sopran-Rasse die Prozentsätze: Palermo 12,4; Messina 12,5; Reggio 13,8; Pisa 16,6; Trier (katholisch) 56,3; Göttingen 60,2; Husum 62,0; Rendsburg 58,6; Schleswig 56,0; Flensburg 52,8; Stolp 56,5; Schivelbein 55,1. Die Baß — Sopran-Rasse wird im wesentlichen als identisch mit der nördlichen Rasse von A. Retzius angenommen und die Beziehung der Ergebnisse zu den historisch bekannten Wanderungen und Siedlungen besprochen.

2. Beiträge zur Mendelistischen Anthropologie II. Quantitative Rassenzerlegung auf Grund von statistischen Beobachtungen über den Drehsinn des Kopfhhaarwirbels. Der Drehsinn des hinteren menschlichen Kopfhhaarwirbels, der sich, von innen nach außen verfolgt, als Rechts- (—) oder Links-Drehsinn (+) darstellt, wird nach Beobachtungen an 41 Familien mit 134 Kindern durch ein einfaches Mendelsches Genpaar R, r bestimmt. Rechtsdrehsinn ist dominant über Linksdrehsinn. Unter den auftretenden Mehrfachbildungen werden die „polaren“ Doppelwirbel, deren Komponenten (von links nach rechts) den Drehsinn — + und + — aufweisen, durch ein zweites Genpaar D, d bestimmt, wobei „Auftreten des Doppelwirbels“ rezessiv gegen „Nichtauftreten“ ist, und die Kr -Konstitution den Drehsinn der linken Komponente bestimmt. Auf Grund statistischer Beobachtungen in Göttingen, Mühlhausen, Langensalza, Kissingen, Iserlohn, Flensburg, Schleswig, Husum, Rendsburg,

Stolp und Schivelbein wurde die Zerlegung in die reinen Rassen *RR* und *rr* vorgenommen. Der Vergleich mit den Singstimmenzerlegungen legt die Annahme nahe, daß der Rechtsdrehsinn ein Merkmal der Baß-Sopran-Rasse war, und daß sich also hier eine unabhängige Bestimmung des quantitativen Anteils der Baß-Sopran-Rasse bzw. nordischen Rasse an der Bevölkerung ergibt.

29. Januar (Phys.-math. Kl.). Vors. Sekr.: Hr. RUBNER.

Herr EINSTEIN sprach über die **Quantentheorie des idealen Gases**. Es wird durch eine Dimensional-betrachtung sowie durch zwei mechanische Überlegungen gezeigt, daß die Zustandsgleichung des idealen Gases (Entartungsproblem) reduziert werden kann auf die Bestimmung einer universellen Funktion einer Variablen. Dies Resultat ist dem WIENschen Verschiebungsgesetz der Strahlungstheorie analog.

Herr ZIMMERMANN legte eine Arbeit **Über die Knickfestigkeit der Stäbchen** vor. Sie bestätigt und erweitert die Ergebnisse der früheren Untersuchungen über den gleichen Gegenstand. Es zeigt sich, daß die Erfüllung des Spannziffersatzes die Möglichkeit der zwangsfreien Umwandlung eines offenen Stabzuges in einen geschlossenen nicht immer gewährleistet, sondern daß außerdem noch eine Formbedingung befriedigt werden muß. Die allgemeine Gleichung dafür wird angegeben, und zwei Beispiele werden durchgerechnet.

Herr PLANCK legte eine Arbeit des Ehrenmitgliedes der Akademie Herrn CARATHÉODORY in München **Über die Bestimmung der Energie und der absoluten Temperatur mit Hilfe von reversiblen Prozessen** vor. Es wird gezeigt, daß man durch Messungen von Adiabaten- und Zustandskurven an gasförmigen Substanzen alle Daten erhält, um einerseits die absolute Temperaturskala, andererseits die Energie und Entropie der betreffenden Substanz zu bestimmen, falls der absolute Nullpunkt bekannt ist. Dagegen kann dieser Nullpunkt selbst nur mit Hilfe eines irreversiblen Prozesses erhalten werden.

5. Februar (G.). Vors. Sekr.: Hr. RUBNER.

Herr PLANCK legte eine Abhandlung vor: **Zur Frage der Quantelung einatomiger Gase**. In Verallgemeinerung und Vereinfachung einer früheren Untersuchung wird eine Methode entwickelt, um aus der physikalischen Struktur des Phasenraumes eines Gases die sog. Zustandssumme und die thermodynamischen Eigenschaften des Gases abzuleiten. Bei tiefen Temperaturen und großen Dichten ergeben sich dann gewisse Entartungserscheinungen. Zum Schluß wird ein Vergleich mit der kürzlich an derselben Stelle von Herrn EINSTEIN veröffentlichten Theorie gezogen.

26. Februar (Phys.-math. Kl.). Vors. Sekr. i. V.: Hr. PLANCK.

Herr NERNST las **Über die Verwendbarkeit eines neuen, praktisch vollkommen astasierten Galvanometers**. Bei guter innerer Astasierung können nur heterogene magnetische Störungen das Instrument beeinflussen; es mußte geprüft werden, welcher Art z. B. in dem besonders exponierten physikalischen Institute der Universität die Störungen sind. Es stellte sich heraus, daß, wenn man für möglichste Erschütterungsfreiheit sorgt, im größten Teile des Instituts das neue Galvanometer auch für feinste Messungen brauchbar ist.

Herr NERNST legte eine Mitteilung des Herrn Studienrates Dr. KOLHÖRSTER vor: **Weitere Messungen**

der durchdringenden Strahlung am Jungfrauoch. Die früheren Messungen werden im wesentlichen bestätigt und in einigen Punkten erweitert. Es hat sich insbesondere gezeigt, daß die Strahlung zunimmt, wenn die Milchstraße kulminiert.

5. März (G.).

Vors. Sekr.: Hr. RUBNER.

Herr RUBNER sprach über: **Unser Brotgetreide in physiologischer und volkswirtschaftlicher Hinsicht**. Auf Grund neuerer Untersuchungen werden die physiologisch bedeutsamen Eigenschaften des Brotgetreides und Brotes selbst geschildert, beim Vergleich von Weizen und Roggen nachgewiesen, daß ersterer größere Erträge an verwertbaren Nährstoffen liefert. Die alte Streitfrage, ob es rationeller sei, das Korn wenig oder stark auszumahlen, wird dadurch einem Entscheid zugeführt, daß außer Versuchen an Menschen auch Fütterungsversuche mit Kleie an Tieren ausgeführt wurden. Dabei ergab sich der überraschend einfache Satz: Die Menge der nährenden Stoffe für den Menschen ist aus Brot und Mast nahezu bei jedem Grad der Ausmahlung dieselbe, bei schwacher Ausmahlung liefert das Korn wenig Mehl und viel Kleie für die Mast, die Summe dieser Nährwerte ist gleich den Werten bei irgendeiner anderen Ausmahlung. Bei 80% Ausmahlung erhält man zwar mehr Verdauliches im ganzen, aber weniger Mast-ertragnis aus der geringwertigeren und kleineren Menge an Kleie. Im ganzen genau soviel wie bei 60% Ausmahlung usw. (s. Naturwissenschaften 13, 645, 1925).

Herr HELLMANN machte eine Mitteilung **Über die Witterungsanomalie des Winters 1924/25 in Berlin**. Der Winter 1924/25 ist der zweitmildeste, den Berlin in den letzten 160 Jahren, d. h. soweit zurück sich die Witterungsgeschichte genau verfolgen läßt, gehabt hat. Milder war der Winter 1795/96 und fast ebenso mild der von 1868/69, der aber durch eine Kälteperiode vom 17. bis 26. Januar 1869 unterbrochen war. Gemeinsam ist beiden Wintern die ungewöhnlich hohe Temperatur des Februar, die das langjährige Mittel um 4,3° übertraf. Der Winter 1924/25 gehört zu den trocken-milden Wintern, die viel seltener sind als die feucht-milden; er hatte nur 4 Tage mit Schneefall.

12. März (Phys.-math. Kl.). Vors. Sekr.: Hr. RUBNER.

Herr PENCK sprach **Über glazialgeologische Beobachtungen im bayerischen Hochalpenzuge**. Er verfolgt die Stromlinien des durch das Mittenwalder Tor geflossenen Astes des Inngletschers, die Stadien dessen Rückzuges, die dabei auftretenden Stauseebildungen, und indem er das Gschnitzstadium der Alpen für gleich alt mit den mittelschwedischen Endmoränen erweist, gelangt er zu einer Parallelisierung der spät- und postglazialen Zeit der Alpen mit der Skandinaviens. Es haben sich bei Mittenwald 5 Vorkommnisse interglazialer Breccien gefunden, die teils der Riß-Würm-, teils der Mindel-Riß-Interglazialzeit angehören. Dazu gesellt sich eine wahrscheinlich präglaziale Breccie. Die Lagerungsverhältnisse der älteren weisen auf energische Krustenbewegungen während des Eiszeitalters.

Das k. M. der physikalisch-mathematischen Klasse, Herr SOMMERFELD, übersandte eine in Gemeinschaft mit Herrn H. HÖNL verfaßte Arbeit **Über die Intensität der Multiplett-Linien**. Die relativen Intensitäten der Spektrallinien eines beliebigen Multipletts werden durch arithmetrische Formeln festgelegt, welche einerseits ihrer Form nach an das Korrespondenzprinzip anschließen, andererseits die Summenregeln von BURGER und DORGELO exakt erfüllen.

26. März (Phys.-math. Kl.). Vors. Sekr. i. V.: Hr. ENGLER.

Herr HELLMANN sprach über die **Grenzwerte der Klimaelemente auf der Erde**. Es wird der Versuch gemacht, für die wichtigsten Klimaelemente, für die genügend Vergleichsmaterial vorliegt, nämlich für Temperatur, Feuchtigkeit, Bewölkung, Niederschlag und Wind, die Grenzwerte festzustellen, zwischen denen die Jahres- und Monatsmittel, bei der Temperatur auch die Einzelwerte, auf der ganzen Erde schwanken; z. B. Jahresmittel der Temperatur, höchstens $30,2^{\circ}$, niedrigstes $-25,8^{\circ}$; größte Jahressumme der Niederschläge 12 609 mm, kleinste weniger als 1 mm, usw. (s. Naturwissenschaften 13, 845, 1925).

2. April (G.).

Vors. Sekr.: Hr. RUBNER.

Herr BIEBERBACH sprach über **Die Entwicklung der nichteuklidischen Geometrie im 19. Jahrhundert**. Neben der Darlegung dieser Entwicklung seit BOLYAI und LOBATSCHESKIJ und an Hand derselben wird von den Wandlungen berichtet, die der Wahrheitsbegriff innerhalb der Mathematik im Laufe der letzten 100 Jahre erfahren hat.

Herr PENCK sprach über den **postglazialen Vulkan von Köfels im Ötztale**. Das von PICHLER zuerst und neuerlich von WILHELM HAMMER beschriebene Bimssteinvorkommen von Köfels liegt am Boden eines großen Sprengtrichters am linken Gehänge des Ötztals. Der Wall des Maurach, welcher letzteres quert, ist das abgesprengte Material, das aus großen zerrütteten Gesteinsschollen und losen Blöcken besteht. Das Maurach ist postglazial und liegt nicht weit von der Stelle, wo die Endmoränen des Gschnitzstadiums zu mutmaßen sind. Die Explosion kann deswegen höchstens so alt wie letzteres sein und hat frühestens vor 10 000 Jahren stattgefunden.

16. April (Phys.-math. Kl.). Vors. Sekr.: Hr. RUBNER.

Herr CORRENS sprach von seinen **Untersuchungen über polygame Blütenpflanzen**. I. *Silene Roemerii* FRIV. *Silene Roemerii* ist subdiözisch mit rein weiblichen und $\pm$ männlichen Individuen (mit zwittrigen und rein männlichen Blüten). Die $\pm$ männlichen Pflanzen zeigen alle Abstufungen von stark zwittrig bis rein männlich. Sie bringen, wie immer sie auch entstanden sind (durch Selbstbefruchtung oder Befruchtung eines Weibchens), nur ihresgleichen hervor. Der Grad, bis zu dem sie noch zwittrig sind, ist in weitgehendem Maße erblich. Die Weibchen geben mit dem Blütenstaub der $\pm$ männlichen Pflanzen meist etwa gleich viel weibliche und $\pm$ männliche Nachkommen, die annähernd den Zwittrigkeitsgrad des Pollenträgers zeigen. Daneben gibt es auch thelygene $\pm$ männliche Pflanzen, die fast nur Weibchen hervorbringen.

30. April (Phys.-math. Kl.). Vors. Sekr.: Hr. RUBNER.

Herr HAHN sprach über **hochemanierende feste Radiumpräparate**. Die Tatsache, daß feste Thorium- und Aktiniumpräparate ihre Emanation weitgehend nach außen abgeben, die üblichen Radiumpräparate dagegen nicht, beruht darauf, daß die ersteren im allgemeinen in Form oberflächenreicher Hydroxyde zur Verwendung gelangen, das Radium dagegen als grobkristallisiertes Salz. Fußend auf systematischen Untersuchungen über sehr oberflächenreiche Thorpräparate wurden nunmehr auch Radiumpräparate gewonnen, die ihre Emanation in festem Zustande abgeben. Die besten Resultate wurden mit Eisenhydroxyd erhalten, in das das Radium als Sulfat oder Carbonat derartig eingebettet wird, daß ein Zusammenschließen

der Radiumsalzmoleküle zu Kryställchen nicht stattfinden kann. Solche Präparate emanieren anfangs zu 99% und altern nur sehr langsam. Nach einem Jahr emanieren sie noch zu über 95%. Diese Präparate haben gegenüber Radiumlösungen eine Reihe von Vorteilen, die im einzelnen erörtert werden.

Herr HELLMANN sprach über **Die Verbreitung der Hydrometeore auf der Erde**. An der Erdoberfläche kann man eine Polargrenze und eine Äquatorialgrenze der Hydrometeore unterscheiden, in vertikaler Richtung auch eine Höhengrenze. Es wird versucht, diese Grenzen aus den vorhandenen Beobachtungen zu bestimmen. Die Hydrometeoration ist am einfachsten im Äquatorialgebiet; dort gibt es nur Tau, Regen und bisweilen Hagel, dessen sporadisches Auftreten im Gegensatz steht zu der großflächigen Ausdehnung des Regens. Die große Mannigfaltigkeit aller Kondensationsformen tritt nur in mittleren Breiten in die Erscheinung.

7. Mai (G.).

Vors. Sekr. i. V.: Hr. LÜDERS.

Herr BODENSTEIN sprach über **Photochemische Zersetzung von Jodwasserstoff**. Die Zahl der je absorbiertes Quantum zersetzten Molekeln erweist sich unabhängig von der Temperatur und unabhängig vom Aggregatzustand, sie beträgt auch für flüssigen Jodwasserstoff 2 Molekeln je Quant. Für den Mechanismus der Reaktion werden einige Versuche und Betrachtungen beigebracht.

18. Juni (G.).

Vors. Sekr.: Hr. PLANCK.

Herr POMPECKJ sprach über **Vulkanismus und Leben**. Unter Ablehnung der RICHTER-HELMHOLTZ-ARRHENIUSschen Annahme von der Ewigkeit des organischen Lebens und vom kosmischen Ursprunge des irdischen Lebens wird das organische Leben der Erde in Anlehnung an die CHAMBERLIN-MOULTONsche Planetesimaltheorie in stofflicher Beziehung auf vulkanische Tätigkeit zurückgeführt. Wie der Vulkanismus die stoffliche Quelle des Lebens ist, so ist er auch der Erhalter des organischen Lebens. Unmittelbare, besondere Beeinflussungen des bisherigen Entwicklungsganges des Lebens durch vulkanische Prozesse lassen sich aus den zur Verfügung stehenden Daten der Erdgeschichte nicht mit Sicherheit entnehmen. Das Aufhören vulkanischer Tätigkeit wird eine der Ursachen des Endes des Lebens sein müssen.

11. Juni (Phys.-math. Kl.). Vors. Sekr.: Hr. PLANCK.

Herr FICK las über **Muskelfaserlänge beim Armmuskel und Muskelschrumpfungen**. Er besprach die Muskelfaserlänge beim Armmuskel (m. Brachialis) und seiner Abart (Speichenansatz), sowie bei zwei Krüppelbeinen mit Muskelschrumpfung. Ferner sprach er über die Muskelschrumpfungen nach Lähmungen. Er stellte für die dabei in Betracht gezogenen Muskelgruppen den Begriff auf: „Ziel- oder Geistgruppe“ für die Armverlängerer + Beinverkürzer und „Ausführungs- oder Kraftgruppe“ für die Armverkürzer + Beinverlängerer. Die „Zielgruppe“ sei mehr von der Hirnrinde abhängig als die „Ausführungsgruppe“.

Herr NERNST legte eine Arbeit von W. NODDACK und IDA TACKE vor **Zwei neue Elemente der Mangangruppe** (der röntgenspektroskopische Teil gemeinsam mit O. BERG). Es gelang, die Existenz dieser beiden Elemente mit den Ordnungszahlen 43 bzw. 75 in Platinen und im Columbit zum Teil durch chemische Reaktionen, hauptsächlich aber durch ihre charakteristischen Röntgenlinien trotz ihres äußerst geringen Vorkommens sicher nachzuweisen. Die Autoren schlagen

für die beiden neuen Elemente die Namen „Masurium“ (Ms) und „Rhenium“ (Re) vor (s. Naturwissenschaften 13, 567, 1925).

25. Juni (Phys.-math. Kl.). Vors. Sekr.: Hr. PLANCK.

Herr LUDENDORFF sprach über Untersuchungen über die veränderlichen Sterne der Mira-Klasse. Es werden die wichtigsten Ergebnisse einer allgemeinen Untersuchung über die Mira-Sterne mitgeteilt, und es wird namentlich die aus dieser Untersuchung sich ergebende Korrelation zwischen der Form der Lichtkurve und der Periode des Lichtwechsels ausführlich besprochen. Schließlich werden die Folgerungen erörtert, die sich auf Grund der RUSSELLSchen Theorie der Entwicklung der Sterne in bezug auf den Entwicklungsgang der Mira-Sterne ziehen lassen.

9. Juli (G.). Vors. Sekr.: Hr. PLANCK.

Herr EINSTEIN legte eine Arbeit über Einheitliche Feldtheorie von Gravitation und Elektrizität vor. Es wird gezeigt, daß man durch Aufhebung der Hypothese der Symmetrie des Fundamentaltensors und der Komponenten des Feldes des affinen Zusammenhangs eine Verallgemeinerung des Gesetzes des Gravitationsfeldes erhält, welche das Gesetz des elektromagnetischen Feldes mit umspannt.

Herr HABER legte eine Arbeit der Herren R. LADENBURG und H. KOPFERMANN über Die elektrische Doppelbrechung des Natriumdampfes vor. Die Verfasser haben die elektrische Doppelbrechung des Natriumdampfes für Wellenlängen der unmittelbaren Umgebung der D_2 -Linie ($\lambda_0 \pm \frac{1}{40} \text{ \AA}$) aufgefunden; an der D_1 -Linie ist sie — in Übereinstimmung mit älteren andersartigen Versuchen LADENBURGS — nicht zu erkennen und sicher kleiner als $\frac{1}{10}$ des Effektes an der

D_2 -Linie. Die quantitative Messung der Doppelbrechung und des daraus berechneten Unterschiedes der elektrischen Verschiebung der beiden Komponenten der D_2 -Linie erlaubt, im Anschluß an theoretische Überlegungen von H. A. KRAMERS, die elektrische Aufspaltung der Niveaus der p - und s -Terme des Natriums, aus denen die D -Linien entstehen, abzuleiten.

Herr PASCHEN legte eine Arbeit des Herrn Dr. KARL MÜLLER in Berlin vor über sehr dünne, durchsichtige Metallfolien. Die Arbeit betrifft die Herstellung dünner Gold- und Nickelfolien ohne Unterlagen, welche also frei in der Luft schweben, obwohl ihre Dicke nur wenige Hundertstel μ bis herab zu $\frac{1}{100} \mu$ beträgt. Verfasser gibt das Verfahren an und untersucht die spektrale Lichtdurchlässigkeit, welche für Gold selektiv, für Nickel gleichmäßig gefunden wird. Er weist dann auf die wissenschaftlichen Anwendungsmöglichkeiten hin, welche auf allen Gebieten der Physik vorhanden sind, besonders aber in der Radiologie, wo die Durchlässigkeit für Elektronen und Ionen wichtige Untersuchungen ermöglichen wird (s. Naturwissenschaften 14, 43, 1926).

16. Juli (Phys.-math. Kl.). Vors. Sekr.: Hr. PLANCK.

Herr HABER legte eine Mitteilung von Herrn H. ZOCHER und Herrn K. COPER vor: Über die Erzeugung optischer Aktivität an Silber durch zirkular polarisiertes Licht. Es wird gezeigt, daß Silberchloridschichten durch zirkular polarisiertes Licht bleibend eine optische Aktivität erlangen. Es ist sowohl verschiedene Brechung verschieden zirkularen Lichtes als zirkulärer Dichroismus oder Cottoneneffekt nachweisbar.

23. Juli (G.).

Vors. Sekr.: Hr. PLANCK.

Herr PLANCK überreichte eine Abhandlung von Hrn. Prof. Dr. E. SCHRÖDINGER (Zürich) Bemerkungen über die statistische Entropie-Definition beim idealen Gas. Es wird gezeigt, daß man auf eine kürzlich von EINSTEIN vertretene Form der Gasstatistik geführt wird, wenn man den PLANCKSchen Gedanken, daß der Rollentausch der Moleküle unwesentlich sei, auf jene Form der Statistik anwendet, die das Gas aus unabhängigen Einzelmolekülen bestehend annimmt.

Sodann sprach Herr PLANCK über die statistische Entropie-Definition. Im Anschluß an frühere Arbeiten und mit Bezugnahme auf die vorstehende Notiz von Herrn E. SCHRÖDINGER wird die Definition der Entropie eines beliebigen physikalischen Gebildes in eine Form gebracht, die sowohl irgendwelche Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen als auch die Voraussetzung gleichartiger unabhängiger Einzelmoleküle entbehrlich macht. Bei der Anwendung auf einige spezielle Fälle wird dann gezeigt, inwiefern bei einem Gase die Moleküle nicht als unabhängig voneinander behandelt werden dürfen.

Herr ROETHE legte vor eine Mitteilung von Prof. Dr. WILHELM STIEDA in Leipzig: Johann Bernoulli (III) und seine Beziehungen zum preussischen Herrscherhause. Der durch Friedrich den Großen schon im Alter von 19 Jahren nach Berlin als Akademiker berufene Mathematiker Johann Bernoulli, zuletzt Direktor der mathematischen Klasse, konnte mit dem bescheidenen akademischen Gehalt seine wachsende Familie nicht erhalten. So hat er den König mehrfach um Aufbesserung gebeten, mit geringem Erfolg, aber ihm auch sonst über seine Tätigkeit berichtet. Seine Geldnot nötigte ihn zum Bilderhandel und zur Anfertigung populärer Reisebeschreibungen und anderer Schriftstellerei. Auf alle diese Verhältnisse beziehen sich 64 meist kurze Briefe des großen Königs (39), seiner Nachfolger und anderer Glieder der königlichen Familie, Briefe, die sich in Gotha befinden und kulturgeschichtlichen Wert besitzen.

29. Oktober (Phys.-math. Kl.). Vors. Sekr. i. V.: Hr. PLANCK.

Herr JOHNSEN sprach über Schlangenalabaster und Gekrösestein. Es werden die physikalischen Bedingungen der Umwandlung von Gips und Anhydrit nebst Wasser erörtert und auf die geologisch-petrographischen Verhältnisse angewandt. Daß nur die weißen Lagen des Schlangenalabasters, nicht auch die dunklen, bituminösen, gefaltet und gewunden sind, wird auf eine besondere Lockerheit der letzteren zurückgeführt, die sich aus bestimmten chemischen Vorgängen ergibt; diese Vorgänge haben ihren Ursprung in der reduzierenden Wirkung des Bitumens. Die Faltung der weißen Schichten kann ebensogut auf Schrumpfung wie auf Quellung oder auch auf einem Wechsel beider Vorgänge beruhen.

12. November (Phys.-math. Kl.). Vors. Sekr.: Hr. RUBNER.

Herr KEIBEL sprach über Bulbus- und Arterienwülste der Petromyzonten. Die Arterienwülste sind bei Petromyzonten viel verbreiteter als man bis dahin angenommen. Nach einem Bericht über ihr Vorkommen bespricht Herr KEIBEL ihren Aufbau und ihre Beziehungen zur Arterienwand. Was die Funktion der Bulbus- und Arterienwülste anlangt, so haben sie nicht die Aufgabe, den Blutstrom zu hemmen, sondern die, ihn zu erleichtern.

Herr HELLMANN sprach über die Wetterlage bei guter Fernsicht von Bergeshöhen. Die meteorologischen Beobachtungen von den Gipfeln der Schneekoppe und

des Brocken zeigen, daß gute Fernsicht von diesen Höhen nur bei Temperaturumkehr mit der Höhe (Inversion) auftritt. Da diese an das Vorhandensein von barometrischen Hochdruckgebieten gebunden ist, die im Winter häufiger und zugleich stärker sind als im Sommer, so erklärt sich daraus die Erfahrungstatsache, daß die Fernsicht von Bergeshöhen im Winter bisweilen besonders gut ist.

Sodann sprach Herr HELLMANN über **Wasserhosen auf dem Atlantischen Ozean**. Aus den Logbuchaufzeichnungen von 1159 englischen Schiffen, die in 18 Jahren den Atlantischen Ozean zwischen 20° nördlicher und 10° südlicher Breite befahren haben, ergibt sich ein sehr bestimmtes Häufigkeitsmaximum von Wasserhosen mitten im Windstillengürtel ($0^\circ - 10^\circ$ N, $20^\circ - 30^\circ$ W). Es wandert mit diesem nach Norden. Die Dauer einer Wasserhose in diesen Meeresteilen beträgt gewöhnlich 15 Minuten. Bezüglich der Entstehung der Wasserhosen sprechen die Logbuchnotierungen am meisten für eine Verknüpfung der mechanischen mit der thermodynamischen Theorie.

5. November (G.). Vors. Sekr.: Hr. ROETHE.

Herr GUTHNICK sprach über **Kugelhauften, insbesondere über gemeinsam mit Herrn R. Prager begonnene Untersuchungen an M 3, M 13, M 15 und M 92**. In M 3 wurden innerhalb $2'$ vom Zentrum 19, in M 13 3, in M 15 8 neue Veränderliche entdeckt; in dem bisher noch unerforschten M 92 wurden 13 Veränderliche gefunden. In M 3 wurde für BAILEY Nr. 95 der von BAILEY vermutete Bedeckungscharakter bestätigt. Wahrscheinlich Bedeckungsveränderliche sind in M 3 ZEIPPEL Nr. 1052, in M 13 ein Stern mit den auf das Zentrum bezogenen Koordinaten $x = +22''$, $y = -6''$ (LUDENDORFF Nr. 610?), in M 92 ein Stern $x = +153''$, $y = -58''$. Die Aufnahmen mit dem 125 cm-Reflektor (Belichtungen bis 2 Stunden) zeigen unabwiesbare Spuren ausgedehnter dunkler absorbierender Massen in M 13, die teilweise mit den „Kanälen“ zusammenfallen. Die auffallendste Stelle liegt bei $x = +90''$, $y = -70''$. Die Spiralen in den Kugelhauften sind im wesentlichen *nicht* auf Zufallsgruppierungen zurückzuführen.

19. November (G.). Vors. Sekr.: Hr. ROETHE.

Herr HELLMANN legte eine Abhandlung von Herrn Prof. Dr. H. v. FICKER in Berlin vor: **Temperaturgradienten bei Föhn**. In einer früheren Untersuchung wurde der Nachweis geführt, daß auch bei voll entwickeltem Föhn in der freien Atmosphäre die vertikalen Temperaturgradienten stets unter dem Wert des trocken-adiabatischen Gradienten bleiben. Letzterer Wert wird bei dynamisch erzwungenen Vertikalbewegungen eines Ballons nur dann gefunden, wenn die Messungen sich auf die gleiche Stromlinie beziehen. In vorliegender Arbeit wird die Gradientgröße untersucht, die aus Ballonmessungen sich ergibt, wenn im Gebirge auf einen durch dynamische Kräfte vertikal bewegten Ballon gleichzeitig statische Kräfte einwirken. Je nach der Kombination dynamischer und statischer Kräfte ergeben sich dann sowohl unter- wie überadiabatische Gradienten, was für die Interpretierung der Ballonmessungen von einiger Bedeutung ist, wie an praktischen Beispielen gezeigt wird.

26. November. (Phys.-math. Kl.) Vors. Sekr.: Hr. RUBNER.

Hr. BIEBERBACH sprach über den **Briefwechsel zwischen H. A. Schwarz und Karl Weierstrass**. Im

handschriftlichen Nachlaß von H. A. SCHWARZ, den dessen Erben der Akademie geschenkt haben, befindet sich in vollständiger Erhaltung der Briefwechsel mit KARL WEIERSTRASS. Der Briefwechsel umfaßt den Zeitraum von 1866 bis 1893. Der Vortragende berichtet über den Aufschluß, den man darauf über verschiedene wissenschaftliche Fragen bekommt, mit denen sich die beiden Briefschreiber in dem genannten Zeitraum beschäftigten.

Hr. PENCK legte eine Abhandlung von dem verstorbenen wissenschaftlichen Leiter der Deutschen Atlantischen Expedition, Prof. Dr. A. MERZ, über **den Plan dieser Expedition vor**. Eine erneute Durcharbeitung der Reihenbeobachtungen im Atlantischen unter Benutzung neuesten Materials bestätigt die aus den Beobachtungen des Challenger und der Gazelle hergeleiteten Ergebnisse über die Wasserbewegung in jenem Ozeane, nämlich das Vorhandensein eines antarktischen Zwischenstromes, der bis 32° N verfolgt wird, eines nordatlantischen Tiefenstromes, der sich bis in die Weddellsee erstreckt, und eines antarktischen Bodenstromes. Die großen Strömungen werden durch das Relief des Meeresbodens auffällig beeinflußt, ihre Grenzen gegeneinander verlaufen in Vertikal- und Horizontalschnitten bogenförmig, was auf Wirbel weist. Aufgabe der Deutschen Atlantischen Expedition ist es, Verlauf und Ausdehnung dieser Strömungen durch direkte Messung oder indirekte Beobachtung festzustellen sowie namentlich die Wirbel nachzuweisen. Dementsprechend ist die Fahrt des Meteor geplant.

3. Dezember. (G.) Vors. Sekr.: Hr. ROETHE.

Hr. SCHLENK berichtete zusammenfassend über eine größere Experimentaluntersuchung, welche den **Verlauf von Alkalimetalladditionen bei Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindungen** zum Gegenstand hatte. In den Kreis der Betrachtungen wurden vom Vortragenden folgende Bindungssysteme gezogen: einfache Doppelbindungen, einfach konjugierte Doppelbindungen (in offenen Ketten und in Ringen), gekreuzt konjugierte Doppelbindungen (in offenen Ketten und in Ringen) und doppelt gekreuzt konjugierte Doppelbindungen. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigten, daß die Verläufe der Metalladditionen von der aliphatischen bzw. aromatischen Natur der an die betreffende Doppelbindung geknüpften Kohlenwasserstoffreste sehr abhängig sind, daß aber die Reaktionsverläufe auch durch gegenseitige Beeinflussung mehrerer Doppelbindungen im Molekül bedingt sind.

17. Dezember. (G.) Vors. Sekr.: Hr. ROETHE.

Hr. HEINRICH MAIER legte, gemeinsam mit Herrn BIEBERBACH, eine Abhandlung des Hrn. DIETRICH MAHNKE in Greifswald vor: **Neue Einblicke in die Entdeckungsgeschichte der höheren Analysis**. An Hand der LEIBNIZschen noch ungedruckten Originalhandschriften werden die mit dem Prioritätsstreit zwischen LEIBNIZ und NEWTON zusammenhängenden Fragen untersucht. Dabei erweisen sich die von LEIBNIZ selbst über den Ursprung und die Entstehung seiner Entdeckung gemachten Angaben als zutreffend. Darüber hinaus gelingt eine detaillierte Darstellung der Entstehungsgeschichte der Differential- und Integralrechnung, und es fällt auf das Werden mancher anderer Begriffsbildung, z. B. auch des Begriffs und der Benennung „Funktion“.

Die Eisenerze Europas.

Von ERICH KRENKEL, Leipzig.

Nicht Gold oder Platin, nicht Diamanten und Edelsteine stehen der Menge und dem Werte ihrer Gewinnung nach an der Spitze aller aus der Erde gewinnbaren Bodenschätze.

Vielmehr halten, sowohl der Menge wie dem Werte nach, die Kohlen die allererste Stelle der Weltproduktion. Auf sie folgt erst in erheblichem Abstände das Eisen. An diese reihen sich in größerem Zwischenraume, geordnet nach dem Werte der Gewinnung, zunächst Erdöl, Gold und Kupfer, und schließlich in raschem Wertabfalle Edelsteine, Silber, Zinn, Zink, Blei, Salze, Nickel, Aluminium und Quecksilber an.

Der sprichwörtliche Satz, „Kohle und Eisen beherrschen die Welt“, hat auch gegenwärtig noch kaum etwas von seiner Bedeutung verloren. Beide sind die Grundpfeiler der Bergwirtschaft, wie der Weltwirtschaft im ganzen. Die bedeutendsten Industriestaaten der Erde sind sprechende Beispiele dafür: die Vereinigten Staaten, Deutschland, England und Frankreich bauen ihre Schwerindustrie auf Kohle und Eisen, und ihr besonderes Gedeihen auf die nahe Nachbarschaft beider Bodenschätze.

Die fundamentale, weltwirtschaftliche Bedeutung und die Sorge um die drohende Erschöpfung ihrer Lagerstätten gab verschiedenfach Veranlassung dazu, die Vorräte an Kohle und Eisen auf Grund einer möglichst genauen geologischen Erforschung ihrer natürlichen Vorkommen über die ganze Welt hin festzulegen. So sind die Weltvorräte an Kohlen durch internationale Inventur für den geologischen Weltkongreß des Jahres 1913 in Kanada, die an Eisen auf dem des Jahres 1910 in Stockholm berechnet worden. Naturgemäß sind solche Vorratsberechnungen mit kleineren und größeren, beabsichtigten und ungewollten Fehlern versehen. Immerhin geben diese großzügigen Aufstellungen, ergänzt durch neuere Berechnungen aus kleineren Gebieten, ein für die Gegenwart völlig genügendes Bild der für den Menschen verfügbaren Mengen dieser allerwichtigsten Bodenschätze.

Im folgenden sollen nun die Eisenerze Europas nach geologischem Vorkommen, Gewinnungsverhältnissen und Vorräten übersichtlich dargestellt werden.

1. Deutschland.

Die reichsten Eisenerzlager Deutschlands gehören seinem Westen an, und unter ihnen wieder spielte der Minettebezirk bis zum Vertrag von Versailles die ausschlaggebende Rolle. Neben letzterem treten die nachgenannten bedeutenderen, in der Reihe ihres Wertes geordneten, der Subherzynische Bezirk der Umgegend von Peine und Salzgitter, das Siegerland, der Lahn- und Dill-

bezirk mit Oberhessen weit zurück. Alle übrigen Vorkommen haben nur örtliche Bedeutung, vielleicht mit Ausnahme der Alb- und Doggererze.

Die *Spateisensteingänge* des *Siegerlandes* mit dem Stahlberg bei Müsen, die seit 1313 abgebaut werden, setzen in den Siegener Schichten des Unterdevons auf, in denen sie einen Zug von 75 km Länge bilden. Die einzelnen Gänge erreichen Mächtigkeiten bis zu mehreren Zehnern von Metern. Sie sind bis zu einer Tiefe von 60 m und mehr in Brauneisenerz umgewandelt. Die Abbauverhältnisse sind schwierig, worauf noch zurückgekommen wird.

Das Roherz enthält durchschnittlich 34–38% Eisen und 5,5–7,6% Mangan und in der Regel unter 0,05% Phosphor, wodurch es für die Herstellung von Stahleisen und Spiegeleisen geeignet ist. Zum Thomasprozeß ist es nur in geringen Mengen verwendbar. Verkieselung, das gelegentliche Auftreten von Schwefel- und Kupferkies verschlechtern die Güte des Siegerländer Spates. Durch Rösten wird er auf 50% Eisen und 6–9% Mangan gebracht.

Der Siegerländer Bergbau befindet sich zur Zeit in einer schweren *Notlage*. Das Siegerland war schon vor dem Kriege bei der Eigenart seines Bergbaues als Notstandsgebiet anerkannt, und vom preußischen Staate energisch unterstützt worden, so durch Einführung von Notstandstarifen und durch verbilligte Kokslieferungen aus den staatlichen Zechen. Es ist deshalb nicht zu verwundern, daß die gegenwärtig die ganze deutsche Eisenindustrie knebelnden Schwierigkeiten besonders verhängnisvoll für das Siegerland wurden, ja zu einer Katastrophe zu werden drohen.

Diese Notlage ist weder verursacht durch die Unzulänglichkeit der Erzvorkommen, noch durch die technische Beschaffenheit der Anlagen. Denn einmal hat sich die für den Abbau verfügbare Gangmasse nicht verringert. Zum anderen haben betriebliche Neuerungen und Verbesserungen den Siegerländer Bergbau fast durchweg auf eine hohe Stufe moderner Betriebsführung gebracht. Seine Leistungsfähigkeit ist zur Zeit wohl größer als vor dem Kriege. Die Wurzeln der Notlage liegen vielmehr zum großen Teile in steuerlichen und Verwaltungsmaßnahmen der Behörden, der Eisenbahn, durch die Mehrbelastungen gegen früher herbeigeführt wurden, denen der Bergbau des Siegerlandes auf Grund seiner eigenartigen geographischen und wirtschaftlichen Verhältnisse schließlich erliegen muß.

Seine, mit sehr hohen Erzeugungskosten belasteten Eisenerze kommen gegen die ausländischen nicht mehr auf, welche die deutsche Eisenindustrie mehr und mehr bevorzugt, so die Hütten an der Ruhr, die selbst leistungsfähige Gruben im Siegerland besitzen. Dieser Lage steht der Siegerländer Bergbau machtlos gegenüber. So kommt eine Grube nach der anderen, selbst große Werke zum Erliegen; tausende von Arbeitern gelangen zur Entlassung.

Die *wirtschaftliche Lage ist gegenwärtig* (November 1925) folgende: *Förderung* und Versand der Siegerländer Gruben beliefen sich im Monatsdurchschnitt 1913 auf je 201 392 t. Im September 1925 wurden nur noch gefördert 133 952 t und versandt 108 613 t. Die Förderung im November wird 60 000 t kaum mehr überschreiten, und damit wird ein Rückgang der Erzproduktion auf 30% gegen den Vorkriegsstand eingetreten sein. Endgültig *eingestellt* gegen den Stand vom Oktober 1920 sind 22 Tiefbau- und 10 Stollen-gruben, also bereits 32 Anlagen. Eingestellt unter Fortsetzung der Notstandsarbeiten sind 18 Tiefbauten, darunter zu den größten des Bezirkes zählende, mit 78 000 t normaler Förderung. Einstweilen noch im Betrieb stehen 13 Gruben mit 73 000 t Monatsförderung; doch sind ihre Förderung und Belegschaft in ständigem Rückgange. So wird die *Gesamtbelegschaft* im November kaum mehr 4000 Mann betragen, also $\frac{1}{3}$ ihrer normalen Zahl.

Trotzdem die noch laufenden Betriebe ihre Selbstkosten so niedrig wie nur möglich zu halten suchen, erreichen die Kosten für die Herstellung einer Tonne versandfähigen Rostspates im August des Jahres — im Durchschnitt der günstig arbeitenden Gruben — an seinen Gesteungskosten eine Höhe von 42,9% über den Vorkriegsstand. Dagegen erhöhten sich die Verkaufspreise nur um 10,5%. Die steuerlichen und sozialen Lasten haben sich verdreifacht. Der *Gesamtdurchschnittslohn* für Kopf und Schicht, der von Mai bis August 1913 4,53 Mark betrug, ist in der gleichen Zeit von 1925 auf 5,96 Mark gestiegen, also um 31,6%.

Die Siegerländer *Knappschaft* ist als alter Verein außerdem mit Pensionsleistungen außerordentlich belastet. 17 000 aktiven Mitgliedern stehen 16 583 Rentempfänger gegenüber! So haben die ärmsten deutschen Bergbaubezirke an Sieg, Lahn und Dill die höchsten Versicherungsbeiträge in ganz Deutschland zu zahlen.

Angesichts des großen Eisenerzverbrauches in Deutschland sollten Mittel und Wege gefunden werden, um die wertvolle Produktion des Siegerlandes, die sich während des Krieges als so wichtig für Deutschland erwies, wieder in altem Maße der deutschen Bergwirtschaft dienstbar zu machen.

Phosphors zwischen 0,05 und 0,75%. Das Erz ist also nicht gerade günstig beschaffen.

An der Lahn finden sich außerdem noch in devonischen Kalken jüngere metasomatische *Brauneisenerze* in sehr unregelmäßigen Vorkommnissen.

Die Oberhessischen Erze des *Vogelsberger Bezirkes* sind entstanden durch Verwitterung von Basalten und Tuffen. Die teils primären, teils umgelagerten Erzmassen erreichen Dicken bis zu 20 m.

Der *Subhercynische Bezirk* birgt 2 Trümmelagerstätten verschiedenen Alters. Derjenige von *Ilse-Deine*, wirtschaftlich wegen seines Kalkgehaltes der wertvollere, gehört dem Senon an und enthält aufgearbeitete eisenhaltige Schichten des Gault. Das neokome *Salzgitter Lager* führt zerstörte jurassische Eisenmassen.

Das Ilse-Deine bildet bei Deine, Adenstedt und Bülden muldenförmige Lager von erheblicher Mächtigkeit. Die durch ein kalkiges oder eisen-schüssiges Zement verkitteten Brauneisengerölle haben 28–35% Eisen und 0,8–1,9% Phosphor, sind also Thomaserze. Die Salzgitterer Erze — als Lager mit Mächtigkeiten bis über 100 m an den Flanken des Salzgitterer Höhenzuges vorkommend — sind wegen ihres hohen Kieselsäuregehaltes vorläufig weniger wertvoll; doch gibt es auch kalkhaltige.

Die Vorräte von Deine und Salzgitter betragen mehrere hundert Millionen Tonnen.

Unter den übrigen deutschen Eisenerzvorkommen seien noch genannt: Der Taunusbezirk — die jurassischen Brauneisensteine des Weser- und Wichengebirges, die kretazischen Brauneisensteine des Teutoburger Waldes und bei Osnabrück — der thüringisch-sächsische Bezirk mit den Chamositen (36% Eisen) von Schmiedefeld — der Harzer Bezirk mit den Roteisensteinen von Elbingerode und den Brauneisenerzen der Gruben Friederike und Hansa. Bedeutungsvoller als alle

Siegerländer Erzbergbau.

	1922	1923	1924	
Zahl der Gruben	104	119	83	
Arbeiter	15 251	14 966	8 761	
<i>Gewinnung</i>	t	t	t	Wert
Eisenerz	1 817 666	1 421 992	1 479 843	23 397 000 M.
Zinkerz	3 420	3 515	8 499	599 000 M.
Bleierz	3 697	3 258	4 014	1 657 000 M.
Kupfererz	3 482	4 784	5 839	144 000 M.
Schwefelkies	283 171	145 800	108 800	1 306 000 M.

Im *Lahn- und Dillgebiet* und in *Oberhessen* werden *Roteisenerzlager* meist nur von geringer Ausdehnung abgebaut. Sie liegen als echte sedimentäre Einschaltungen an der Grenze von Mittel- und Oberdevon, bilden aber nicht Gänge, wie früher meist angenommen wurde. Auch bei ihnen sind die Abbauverhältnisse schwierig. Das Roherz ist entweder kalkig („Flußeisenstein“), oder kieselig. Der Eisengehalt schwankt zwischen 41 und 50%, der an Kieselsäure zwischen 15 und 35%, der des

diese, aber unbequem abbaubar und im Vorrat schwer zu schätzen, sind die *Alberze Bayerns*. Sie liegen in der tertiären und quartären Überdeckung der fränkischen Alb, mit der sie unregelmäßige Bodenvertiefungen in der Juratafel ausfüllen. Die Alberze führen 38% Eisen, 0,3–8% Mangan, 0,2–0,4% Phosphor bei 19–30% Rückständen. Die geringmächtigen *Doggerserze* der württembergischen Alb sind Rot- und Brauneisensteine mit 24–28% Eisen bei 30% Rückstand.

Die *Vorräte* Deutschlands an Eisenerzen sollen durch die nachstehende, für das Jahr 1917 von BEYCHLAG und KRUSCH entworfene Tabelle erläutert werden.

kam die Hälfte aus Deutschland, die andere aber aus dem Auslande.

Diese Verhältnisse haben sich nun grundlegend geändert: Der Erzverbrauch selbst ist einmal 1925

Vorräte Deutschlands an Eisenerzen.

Produktionsbezirke	Pro- duktion 1913	Vorräte 1917	Angem- essene Höchst- förderung	Lebens- dauer
	Mill. t	Mill. t	Mill. t	
1. Siegerland			2,7	
bis 1200 m	2,73	99		37 Jahre
bis 1300 m		112,4		42 "
2. Lahn-Dill-Bezirk	1,1			
Roteisen		70,8	1,08	66 "
Eisen-Manganerz		11,1	0,36	32 "
3. Peine-Salzgitter	0,9	270	2	135 "
4. Vogelsberger Basaltbezirk, Taunusbezirk mit übrigem Hessen	0,373	13	—	14 "
5. Eisenerze des Weser- und Wiehengebirges, des Teuto- burger Waldes	{ 0,137 0,241 }	16	0,37	36 "
6. Thüringisch-sächsischer Bezirk	0,280	6,2	0,12	53 "
7. Harzer Bezirk einschließl. der Gruben Friederike u. Hansa	0,260	17,5	0,30	58 "
8. Bayern, Württemberg, Baden	0,498	32,1	0,60	59 "

Die *Inventur der bauwürdigen Eisenerze* in Deutschland läßt keinen Zweifel daran, daß es nach Verlust der Minetterze, die im Raume der alten Reichsgrenzen 75% der gesamten deutschen Eisenerzgewinnung ausmachten, ein *eisenarmes Land* geworden ist. So belief sich denn auch die Einfuhr von Eisen- (einschließlich Mangan-) Erzen nach Deutschland im Jahre 1924 auf 3 314 600 t, die Ausfuhr auf nur 290 154 t.

Ganz im Gegensatz zu dieser Eisenarmut steht die hochentwickelte, auf dem Reichtum an Steinkohlen fundierte *Eisenhüttenindustrie*. Sie verbrauchte 1913 37,8 Millionen Tonnen Eisen- und Eisenmanganerze. Davon kamen über 28 Millionen — meist Minette — aus dem Inlande selbst; der Rest an hochwertigen, wirtschaftlich die Minetteverarbeitung günstiger gestaltenden Erzen wurde z. B. aus Schweden und Spanien eingeführt. Auf den etwa 15 Millionen Tonnen ausmachenden Eisengehalt des gesamten Verbrauchs berechnet,

sehr viel geringer geworden. Er wird in diesem Jahre kaum mehr die Hälfte dessen von 1913 betragen. Und die Verwendung ausländischer Erze wird zweitens die der einheimischen sogar um das Vielfache, vielleicht das Drei- bis Vierfache, übersteigen. Die Eisenerzförderung zeigt also eine sehr bedenkliche, aus dem Verluste Lothringens entspringende Abnahme, der außerdem für die deutsche Hüttenindustrie, die ganz überwiegend auf das Thomasverfahren eingestellt war, die Zwangslage der Beschaffung geeigneter Erze aus dem Auslande, oder der Umstellung auf andere Verfahren brachte.

Doch sind Besorgnisse wegen der Roheisenerzversorgung Deutschlands nicht am Platze. Die Kohlenmengen der Ruhr und Westoberschlesiens werden ein Anziehungspunkt für die Erze der hüttentechnisch rückständigen, oder der kohlenarmen Länder, so Schwedens, bleiben, wenn nicht im letzteren etwa die kokslose Verhüttung des

Deutschlands Verbrauch an Eisenerzen 1913—1920.

Jahr	Eisenerz insge- samt t	davon kamen aus:				
		dem Inlande t	Skandinavien t	Spanien t	Frankreich t	anderen Ländern t
1913	37 833 604	25 908 998	4 201 715	3 726 254	2 237 977	1 758 660
1914	27 640 524	18 709 702	3 547 576	2 516 350	1 803 728	1 063 168
1915	23 559 463	17 580 956	3 164 976	378 270	2 100 082	335 179
1916	26 619 892	20 332 475	2 989 044	97 621	2 923 315	277 437
1917	26 146 792	18 523 029	3 586 632	25 436	3 835 285	176 410
1918	18 020 418	12 044 102	3 501 398	20 447	2 294 705	159 766
1919	10 555 843	5 962 552	2 737 816	45 329	1 097 433	712 713
1920	11 244 170	5 495 814	2 944 112	394 384	1 316 084	1 093 776
	%	%	%	%	%	%
1913	100	68,48	11,11	9,85	5,92	4,65
1920	100	48,88	26,18	3,51	11,70	9,73

Eisens seinen Export mehr und mehr unnötig machen sollte.

Die deutsche Eisenerzförderung (in 1000 t).

1913	35 941	1919	6 154
1914	25 513	1920	6 362
1915	23 786	1921	5 907
1916	28 292	1922	6 000 ²⁾
1917	26 967	1923	5 000 ²⁾
1918	7 915 ¹⁾	1924	4 700 ²⁾

2. Schweden.

Wenn in diesen Betrachtungen mehrfach sehr beachtenswerte Eisenerzvorräte zu erwähnen sind, so bleiben sie bei weitem zurück gegen die geradezu märchenhaften Mengen von Erzen in Schweden, und besonders von magnetischen in den Eisenbergen des Schwedischen Lapplandes, die wohl die historische Grundlage zur Erzählung vom Magnet-eisenberg geworden sind.

Neben seiner alten, Weltruf genießenden *Eisenindustrie*, die mit den modernsten hüttenmännischen und technischen Anlagen arbeitet, sich Wasserkräfte und Elektrizität nach dem Versiechen des Holzreichtums des Landes in größtem Umfange nutzbar macht, ist Schweden vermöge seines Erzreichtums seit etwa 1890 eines der wichtigsten, Eisenerze ausführenden Gebiete für die Eisengroßindustrien der europäischen Länder geworden, so Deutschlands und Englands. Ja, der *Export* übersteigt heute an Bedeutung die ebenfalls mit Absatzschwierigkeiten ringende Eisenindustrie bei weitem. So wurden über die Häfen Narvik, Luleå und Oxelösund im Oktober 1925 insgesamt 507 000 t (gegen 647 000 im September 1925, und 505 000 in 1924) ausgeführt, in den ersten zehn Monaten 1925 aber zusammen 6 804 000 t (gegen 5 720 000 t in der gleichen Zeit des Vorjahres).

Die *Erze Schwedens* sind einmal Magnet Eisen, zum anderen Roteisen, während Braun- und Spateisenerz fehlen. Ihr Durchschnittsgehalt beträgt 60%. Unterschieden werden *phosphorreine* Erze mit weniger als 0,01% Phosphor, die geeignet sind für den Bessemer- und sauren Martinsprozeß, — und *phosphorreiche* Erze, verwendbar für den Thomasprozeß, durch den wieder phosphorreines Eisen gewonnen wird, neben dem als Düngemittel in gemahlenem Zustande verwendbaren phosphorhaltigen Schlackengut, dem sogenannten Thomasmehl.

Geologisch und mineralogisch-chemisch sind folgende Erze zu unterscheiden:

a) Apatiteisenerz, z. B. von Grängesberg, Gellivare; aus dieser Gruppe stammt der größte Teil der schwedischen Eisenerzgewinnung.

b) Torrsten oder Dürrerz, mit Wechsel von Eisenglanz und Quarz, z. B. von Striberg.

c) Erze mit Hornblende, Augit, Granat, z. B. von Taberg, Persberg.

d) Erze mit Hornblende, Augit, Granat, Kalkspat (sogenannter Blondsten); basische Zuschlags-erze z. B. von Dannemora.

¹⁾ Ohne Lothringen.

²⁾ Geschätzt.

Die linsen- und stockförmigen, oft in große Tiefen niedersetzenden Lagerstätten Schwedens verteilen sich auf Mittelschweden und auf Lappland.

In *Mittelschweden* seien als die bekanntesten genannt: Das Persbergfeld mit Persberg, Nordmark, Taberg — das Oerebrofeld mit Dalkarlsberg, Striberg, Stripa, Strossa — das Kopparbergfeld mit Grängesberg, dem größten Werke Mittelschwedens, und vielen anderen Vorkommen, — das Västmanlandfeld mit Norberg — und schließlich noch Dannemora.

Jenseits des Polarkreises aber konzentriert sich gegenwärtig der gewaltige Abbau in *Lappland* einmal zwischen Torne- und Kalix-Elf auf *Kiirunavaara* und *Luossavaara*, andererseits auf *Gellivare*. Andere Lager sind in ersterer Nähe bekannt von Haukivaara und Tuollavaara. Weiter nach Südosten schließen sich an: Mertainer, Svappavaara und Leveäniemi. Um Gellivare dehnt sich das Malmberget-Koskullskulefeld.

Die *Mittelschwedischen Lager* an Eisenerzen sind im einzelnen mit recht verschiedenartigen lagerstättlichen Merkmalen ausgestattet, so daß sie hier nicht ausführlich charakterisiert werden können. Sie verteilen sich hauptsächlich über eine breite Zone zwischen Wenernsee und Dalelf, und liegen in gepreßten Granuliten, Hälleflinten, ebenso in Kalken und Dolomiten, wie im Skarn. Bei Grängesberg kommen Eisenerze in Biotitgranuliten über einem Areale von 4 km Länge und 0,5 km Breite vor. Sie bilden mehrere mit 65 Grad einfallende, plattenförmige Linsen. Das Hauptlager ist 1000 m lang, seine Dicke schwillt ausnahmsweise auf 110 m an. Das Erz führt 62% Eisen und 1% Phosphor.

In Mittelschweden wird der *Erzvorrat* auf mindestens 260 Millionen Tonnen geschätzt. Das Erzareal seiner, die Zahl von mehreren hundert erreichenden Gruben wurde auf 300 000 qm berechnet. Die Gruben erreichen zum Teil erhebliche Tiefen, so die Ormberggrube bei Grängesberg 470 m, die Gruben von Åsboberg, Dalkarlsberg und Taberg 350 m, acht andere solche zwischen 150 und 250 m.

Während in Mittelschweden der Eisenerzbergbau sehr alt ist, sieht der Lapplands kaum auf eine Entwicklung von einem halben Jahrhundert zurück.

Bei der Stadt *Kiruna*, die 1900 gegründet wurde, liegen in 8 km Länge, etwa nach Norden streichend, die riesigen, apatitreichen Magnetitmassen des durch den See Luossajärvi getrennten, unterirdisch aber zusammenhängenden Eisenhügel *Kiirunavaara* und *Luossavaara* inmitten von Augitsyeniten und Syenitporphyren. *Kiirunavaara* gehört zu den geologischen Weltwundern. Sein steiler, jeder Verwitterungskurve durch die diluviale Eisdecke geraubter Kamm ist in einzelne Zacken aufgelöst, deren höchster 249 m über den See ansteigt. Die tauben Gesteins fast bare Erzmasse ist 3,5 km lang und zwischen 34 und 152 m

breit. Mehr als 700 m reicht die Erzmasse nach der Tiefe, an Phosphorreinheit zunehmend, noch unter den Spiegel des Sees.

Der Abbau der feinkörnigen und harten, mit (jüngerem) Apatit durchsetzten Magnetite, der am Luossavaara seit 1920 begann, geschieht mittels großer Bagger, nach Sprengung des Gesteins. Das geförderte Erz wird durch die Ofotenbahn nach Narvik an der norwegischen Küste, oder nach Luleå am Bottnischen Meerbusen geschafft, und dort in die Ozeandampfer gestürzt. Durch Elektromagnetscheidung werden die mit nichtmagnetischen Kieselsäureverbindungen verunreinigten Erze von diesen geschieden, die gereinigte und angereicherte Erzmasse pulverisiert und brikettiert, und so der Verhüttung zugeführt.

Bei *Gellivare* treten auf einem Gebiete von 7 km Länge und 2 km Breite eine Anzahl von Erzvorkommen in Gneisen und Graniten auf. Die Erzkörper sind zu langen Zügen von Linsen verschiedener Größen angeordnet, deren Länge bis zu 800 m, deren Grundfläche bis zu 42 000 qm steigt, aber meist unter diese Ausmaße herabgeht. Das Erz, Magnetit und Eisenglanz, ist recht grobkörnig, locker und durch die wechselnde Anordnung des Apatits gebändert und gestreift. Sein Phosphorgehalt ist im ganzen geringer, als bei Kiruna. Die Eisenerze machen zusammen mit dem Fluorapatit etwa 94—96% des Erzkörpers aus, bei Kiruna dagegen zusammen mit P_4O_{10} und CaO 96—98%.

Sowohl Kiruna wie Gellivare liefern überwiegend *Thomaserze*. Ihre Erze gehören zur Gruppe der Apatit-Eisenlagerstätten, die als magmatische Ausscheidungen oxydischer Erze in Eruptivgesteinen gebildet wurden.

Der *Vorrat* der Erzberge beider Gebiete ist *Die schwedische Eisenerzförderung 1913—1923.*

	Zahl der Gruben	Menge t
1913	295	7 475 571
1914	313	6 586 630
1915	323	6 883 308
1916	345	6 986 298
1917	388	6 217 172
1918	363	6 623 661
1919	308	4 981 110
1920	279	4 519 112
1921	239	6 464 347
1922	244	6 201 243
1923	270	5 588 173

Die schwedischen Eisenerzbezirke mit ihrer Förderung.

Bezirke	1922	1923
Stockholm	823	3 864
Upsala	15 589	19 883
Södermanland	14 656	13 265
Östergötland	27 693	2 347
Värmland	17 065	70 305
Örebro	251 543	331 999
Västmanland	53 010	137 884
Kopparberg	1 056 805	1 023 910
Gävleborg	4 697	4 316
Norrbottn	4 759 362	3 980 400

Eisenerzausfuhr Schwedens.

Jahr	Gesamtausfuhr t	nach Deutschland t	Ausfuhr in % der Gesamtausfuhr	nach Groß- britannien t
1913	6 439 750	4 558 362	70,78	372 576
1914	4 681 000	3 677 671	78,57	192 998
1915	5 994 000	5 121 035	85,44	47 416
1916	5 539 580	4 298 586	77,60	439 755
1917	5 818 498	4 824 748	82,90	195 127
1918	4 521 768	3 704 604	81,93	—
1919	2 418 989	2 100 000	86,81	210 783
1920	3 736 329	2 296 000	61,45	463 456
1921	4 332 828	1 426 438	—	180 198
		(Mai-Dezember)		
1922	5 322 047	4 986 017	93,69	326 033
1923	4 958 016	1 254 273	25,30	618 815
1924	5 953 000	2 048 790	34,42	557 710

kaum annähernd richtig einzuschätzen. Der gesamte Vorrat von Kiruna bis 300 m unter den Spiegel des Luossajärvi wurde auf rund 750 000 000 t berechnet. Als Mindestquantum der Erze beider Gebiete werden *1,5 Milliarden Tonnen 60% iger Erze* gegenwärtig angegeben, eine Zahl, die sich durch Auffindung neuer Felder noch sehr erhöhen dürfte.

3. Norwegen.

Nahe der norwegischen Küste liegen eine Reihe von Eisenerzlagerstätten, die den schwedischen Magnetitvorkommen ähneln, aber viel ärmer sind als diese wegen ihres hohen kieselsäurehaltigen Anteils. Von Norden nach Süden vorgehend, sind es folgende: Sydvaranger, Tromsösundet, Sörreisa, Salangen, Bogen, Dunderlandsdalen, Beitstaden, Soggendal und Arendal. Der Eisengehalt aller dieser Vorkommen liegt zwischen 30 und 44%; bei Salangen ist er nur 18%. Soggendal ist wegen seines 18 bis 40% betragenden Titangehaltes nicht bauwürdig. Den größten Vorrat besitzt Dunderlandsdalen mit 80 Millionen Tonnen. Arendal ist zu einem großen Teile abgebaut. *Sydvaranger* steht mit der Produktion an der Spitze, hat jedoch mit Schwierigkeiten zu kämpfen.

Die gesamten Vorräte Norwegens mögen wenige hundert Millionen Tonnen ausmachen.

4. Finnland.

Wegen ihrer Lage tief im Binnenland vorläufig unwerthbar sind die Magnetite bei Pitkäranta, Juvakaisenmaa, am Ladogasee. Auf der Insel Jussarö im Finnischen Meerbusen enthält ein Magneteisenerzlager (von 38% Eisen und 0,021% Phosphor) 30—35 Millionen Tonnen Erze.

Die geringwertigen, etwa 22—38% eisenführenden See-Erze — sich noch gegenwärtig bildende Absätze der finnländischen Seen — werden seit dem 16. Jahrhundert mit Netzen heraufgeholt. Trotzdem ihre Menge auf 60 Millionen Tonnen veranschlagt wird, dürfte ihre Ausbeutung wohl zum Erliegen kommen.

5. Belgien.

Belgien besitzt eine Anzahl von Roteisenerzgruben. Von diesen ist nur noch eine einzige im

Betrieb. Sie liefert zusammen mit den Minettevorkommen im belgischen Luxemburg und mit sehr jungen Verwitterungslagerstätten in der Campine nur 200 000 t Erze.

So muß Belgien für seine hochentwickelte Eisenindustrie 3 Millionen Tonnen Erze aus Frankreich und Übersee einführen.

6. Frankreich.

Frankreich besitzt heute die größten Eisenvorräte Europas, nachdem Deutschland das Lothringische Minetteland verloren hat, ja, es ist zahlenmäßig das *eisenreichste* Land der Erde.

Auf drei Gebiete vor allem sind seine Vorräte konzentriert: Auf Lothringen, die Normandie und die Provinzen Anjou und Bretagne. Weniger wichtige Vorkommen liegen in den Pyrenäen.

Die bedeutsamste Lagerstätte birgt die *lothringische Hochebene* zwischen Metz und Luxemburg. Hier bedecken die marin-sedimentären *Minetteerze* über 100 000 ha, von denen mehrere tausend auf Luxemburg (3700), wenige hundert (354) auf Belgien entfallen. Die verschieden gefärbte Minette liegt als fast horizontale, 1–7 m Dicke erreichende Flöze, die durch Mergel scharf getrennt werden, im unteren Dogger der lothringischen Juraplatte. Sie enthält mit ihren durch ein kalkiges oder tonig-kieseliges, eisenführendes Zement verkitteten, unregelmäßig gestalteten Brauneisenkugeln (Oolithen), den Haupteisenträgern, 28–40% Eisen, 10–15% CaO, 5–10% SiO₂ und 0,7% P₂O₅.

Die Minette wird erst seit der Entdeckung des Thomasverfahrens verhüttet, für das ihr Phosphorgehalt ausreicht. Obgleich sie das ärmste unter den bauwürdigen Eisenerzen ist, besitzt sie doch hohe wirtschaftliche Bedeutung. Diese Bedeutung wurzelt einmal in der überaus günstigen geologischen Lagerungsart, die den Abbau billig macht. Dann in ihrer vorteilhaften Zusammensetzung, indem in den Flözen gleichzeitig Kalk und Kieselsäure vorhanden sind, so daß basische oder saure Zuschläge beim Hochofenprozeß kaum nötig, oder ganz überflüssig sind. Bei einem Durchschnittsgehalt von 33–35% Eisen werden 26–28% zur Deckung der gesamten Upkosten verbraucht.

Der *Gesamtvorrat* an bauwürdiger Minette wird, Luxemburg eingeschlossen, auf über 5 Millionen Tonnen gerechnet. Der Minettebezirk enthält rund 20% der europäischen Eisenerzvorräte.

Im deutschen Lothringen wurden gefördert:

1901	7 595 000 t	1910	16 562 000 t
1905	11 968 000 t	1913	28 000 000 t

Der lothringisch-deutsche Minettebezirk lieferte von 1873 bis 1912, als in 40 Jahren, 280 Millionen Tonnen Erze.

In Französisch-Lothringen wurden gefördert:

1905	6 399 000 t
1910	13 000 000 t
1913	14 000 000 t

Der Größe des Vorrates nach spielen für Frankreich auch die Eisenerze der *Normandie* eine Rolle. Es handelt sich um flözartiges Brauneisen im

Silur in den Mulden von Barbary, May, Mont Picon, Falaise und Domfront. Die Hämatite der oberen Teufen mit 46–55% Eisen gehen in der Tiefe in Eisenspat mit 35–40% Eisen über. Die Durchschnittsanalysen zeigen 45,34% Eisen, 0,33% Mangan, 1,92% Phosphor, 2% Kalk und 14,9% Ton- und Kieselsäure.

Ähnlich sind die Vorkommnisse in *Anjou* und in der *Bretagne* (Angers, Chateaubriand, Bain). Die Erze — Roteisenstein und oolithisches Eisenkarbonat — sind sehr kieselreicher und deshalb wenig wertvoll. Der Vorrat soll 360 Millionen Tonnen betragen.

Von den über das ganze Land verbreiteten, zum Teil ausgebeuteten kleineren Vorkommen seien genannt: Die metasomatischen, mit einem geringen Phosphorgehalt ausgestatteten silurischen Braun- und Roteisenerze am Canigou in den Ostpyrenäen mit einem Vorrat von 114 Millionen Tonnen.

Der Eisenerzvorrat Frankreichs beläuft sich auf:

Minettegebiet	4460 Millionen t
Normandie	4754 Millionen t
Anjou, Bretagne	360 Millionen t
Pyrenäen	116 Millionen t
Sonstige Vorkommnisse	73 Millionen t
	9763 Millionen t

Eisenerzgewinnung Frankreichs 1913–1924.

1913	21 917 870 t	1919	9 412 786 t
1914	11 251 753 t	1920	13 921 820 t
1915	620 254 t	1921	14 200 937 t
1916	1 680 684 t	1922	21 106 112 t
1917	2 034 721 t	1923	23 428 160 t
1918	1 671 851 t	1924	28 992 241 t

Frankreichs Außenhandel in Eisenerz.

Herkunftsland	Einfuhr im 1. Halbjahr		
	1923 t	1924 t	1925 t
Belgien-Luxemburg	77 509	135 599	309 184
Spanien	64 321	97 685	103 338
Algerien	53 766	33 792	27 406
Tunis	38 181	54 390	32 375
Italien	39 669	7 166	11 586
andere Länder . .		7 849	—
zusammen	273 446	336 481	536 416
<i>Gesamte Einfuhr:</i>	1913	1 410 000 t	
	1923	533 519 t	
	1924	667 041 t	

Bestimmungsland	Ausfuhr im 1. Halbjahr		
	1923 t	1924 t	1925 t
Deutschland . . .	156 548	604 168	417 140
Belgien-Luxemburg	3 014 451	3 343 643	4 100 442
Niederlande . . .	36 965	68 155	372 446
Saarbezirk	812 633	1 166 616	—
Großbritannien . .	238 957	311 547	124 317
andere Länder . .		11 410	125 717
zusammen	4 259 554	5 505 539	5 140 062
<i>Gesamte Ausfuhr:</i>	1913	10 066 000 t	
	1923	9 853 500 t	
	1924	12 283 807 t	

Frankreichs Eisenerzgewinnung.

Bezirk	Halbjahrsdurchschnitt 1913 t	1923 t	1. Halbjahr 1924 t	1925 t
Lothringen				
a) Metz-Diedenhofen	10 568 133	5 301 572	5 727 864	7 377 897
b) Briey-Longwy	9 031 008	5 210 048	6 475 104	8 392 194
c) Nancy	958 458	263 104	339 594	480 339
Haute-Marne	34 956	—	—	—
Normandie	383 376	356 235	429 468	595 330
Anjou, Bretagne	192 474	147 274	194 948	208 939
Indre	13 842	6 523	8 170	10 482
Südwesten	16 734	3 060	2 490	2 347
Pyrenäen	196 926	92 148	129 618	153 072
Tarn, Hérault, Aveyron	50 448	530	9 552	5 921
Gard, Ardèche, Lozère	44 490	11 134	14 391	13 617
	10 958 935	11 391 628	13 331 199	17 240 146

Gesamte Eisenerzgewinnung	{	1913	21 917 870 t	bei Einschluß von Elsaß-Lothringen)
			(43 054 135 t	
		1923	23 428 160 t	
		1924	28 992 241 t	

England.

Das wichtigste Eisenerz Englands ist das oolithische, primär-sedimentäre *Clevelandz*, mit dem das *Northamptonshirez* meist zusammengeschlossen wird. Diese Eisenoolithe wurden in der letzteren Landschaft bereits zur Römerzeit abgebaut. Mit der Vernichtung der Wälder ging der Bergbau ein, um in der Mitte des 19. Jahrhunderts jedoch von neuem aufzublühen, als 1846 und 1850 bei Grosmont und Eston die Werke Bolckow und Vaughan mit der Ausbeutung der *Clevelandz* im großen begannen. Während 1855 im *Cleveland*-distrikt nur 865 000 t Erze gewonnen wurden, war die Förderung 50 Jahre später auf 5 964 000 t gestiegen. Geringer war stets die Produktion in *Northamptonshire*.

Die *Clevelandz* tragen ihren Namen nach den *Clevelandhügeln* im Nordosten von *Yorkshire*. Sie bilden im Osten Englands mit den jüngeren *Northamptonshireerzen* eine Zone, die mit den reichen, in günstiger Nähe zum Meere gelegenen Feldern von *Cleveland* einsetzt, über *Lincoln-Leicester*, *Northampton* bis *Banbury* streicht, und in *Wiltshire*, *Dorset* und *Kent* wieder bekannt ist. Die *Clevelandz* gehören dem mittleren *Lias* an und werden im *Cleveland*distrikt durch schiefrige und sandige Zwischenmittel in mehrere Flöze geteilt, so von unten nach oben neben anderen in das *Avicula*-, *Two feet*, *Pecten*- und *Main Seam*. Das darüber noch folgende *Top Seam* liegt bereits im *Inferior Oolite*. Das *Pecten*- und *Avicula Seam* wurden nach den ihnen enthaltenen Versteinerungen so genannt. Das *Main Seam* ist das beste Flöz mit einer größten Mächtigkeit von 12 Fuß.

Das *Clevelandz* ist ein Gemenge von Eisenkarbonat und -silikat und Ton. Es ist gewöhnlich infolge des Gehaltes an Eisensilikat dunkelblaugrün, aber auch braun gefärbt, und von oolithischer Struktur. Viele Versteinerungen liegen in

ihm. Der Eisengehalt schwankt im *Main Seam* zwischen 30 und 35% Eisen, der Gehalt an Phosphor zwischen 1–3%, der an Kieselsäure zwischen 6 und 10%. Die *Northamptonshireerze* zeigen dagegen meist mehr Kieselsäure und geringeren Phosphorgehalt.

Als Vorräte an jurasischen Erzen gelten:

derzeit aufgeschlossen . . .	1177 Millionen t
wahrscheinliche Vorräte . .	2177 Millionen t
mögliche Vorräte	420 Millionen t
	3774 Millionen t

Weiter sind die *Blackbands*, die Kohlentoneisensteine, zu nennen. Sie treten in England und in Schottland auf als enge Begleiter der Steinkohlenflöze und werden gleichzeitig mit diesen gewonnen. Da der Abbau von Kohle und Erzen nicht gleichen Schritt hält, geht ein Teil des an sich unbauwürdigen *Blackbands* verloren, das das älteste, von der englischen Eisenindustrie verwendete heimische Erz war.

Der Eisengehalt der englischen *Blackbandflöze* — die sich in den Kohlenfeldern von *Northumberland*, *Durham*, *Derby*- und *Yorkshire*, von *North Staffordshire* finden — schwankt zwischen 23 und 40%, und ist im Durchschnitt 31%. Das Erz wird durch Rösten auf 45% angereichert.

Die Vorräte sollen eine Milliarde Tonnen an aufgeschlossenen, 7 Milliarden Tonnen an wahrscheinlichen Erzen betragen. Doch ist die wirtschaftliche Bedeutung des *Blackbands* gering.

An der Westküste Englands kommen in einem 14 km breitem Gürtel in *Cumberland* und *Lancashire* rotte *Hämatite* vor. Diese wertvollen, im *Whitehaven*-Distrikt als feste Massen, im *Furness*-Distrikt als weiche Eisenglimmer ausgebildeten Erze enthalten bis über 50% Eisen und sehr wenig Phosphor, so daß sie zum Bessemerprozeß sehr geeignet sind. Die nicht horizontbeständigen, besonders in verschiedenen Niveaus des Kohlen-

kalkes von der Silurgrenze ab aufsitzenden Erze kommen sowohl in silurischen und — nur diese sind von praktischem Werte — in karbonischen Kalken als Ausfüllung von Spalten und unregelmäßigen Hohlräumen vor. Die Oberflächenausdehnung der einzelnen Vorkommen kann beträchtlich sein. So mißt die Erzfläche von Parkside 72 000 qm. Die aufgeschlossene Menge der hämatitischen Erze wird auf 41 Millionen Tonnen, die wahrscheinliche auf 90 Millionen Tonnen geschätzt.

Die Entstehung der hämatitischen Lager ist wohl so zu denken, daß das Eisen zunächst als Karbonat abgesetzt wurde und den Kalkstein verdrängte. Erst nachträglich erfolgte die Umwandlung in Hämatit durch Oxydation.

In der Nähe von *Dover* sind neuerdings sehr umfangreiche Erzlager mit einem Gesamtumfang von schätzungsweise mindestens 800 Millionen Tonnen entdeckt worden.

Groß-Britannien verfügt im ganzen über folgende *Erzvorräte*:

aufgeschlossene Erze . . . 2260 Millionen t
mögliche Erze 9400 Millionen t

Die Produktion an eigenen Erzen war:

1913	15 997 328	1919	12 254 195
1914	14 867 582	1920	12 707 475
1915	14 235 012	1921	3 477 955
1916	13 494 658	1922	6 867 512
1917	14 845 734	1923	10 857 211
1918	14 613 032	1924	11 050 589

An eigenen Erzen nach *Sorten* wurden im Jahre 1913, 1922—1924 erzeugt:

Eisenerzförderung Großbritanniens.

Sorten	Förderung in t			
	1913	1922	1923	1924
Hämatit, nicht phosphorhaltig	1 767 088	839 801	1 190 036	1 051 283
Clevelanderz	6 010 800	1 169 754	2 079 964	2 079 964
Anderes Erz	5 561 468	4 480 072	6 964 745	6 964 745
Erz als Nebenprodukt des Steinkohlenbergbaues	1 542 053	273 152	548 794	548 794
Anderes Erz aus Nebengewinnung . .	115 919	104 733	91 672	91 672
	15 997 328	6 867 512	10 875 211	10 736 458

Die Mengen der importierten Erze zeigen, daß Groß-Britannien in sehr starkem Maße auf die Einfuhr hochwertiger ausländischer Erze zur Verbesserung der eigenen Förderung geringwertigen Materials trotz seiner großen Vorräte angewiesen ist.

Die Lage der englischen Eisenerzindustrie ist nach dem Kriege gekennzeichnet durch Rückgang der heimischen Förderung und Verringerung der Einfuhr, und daraus resultierende Verminderung der Roheisenerzeugung.

An Arbeitern wurden im (gesamten) englischen Erzbergbau beschäftigt:

1913	27 412	1922	12 526
1920	21 323	1923	15 754

Spanien.

Der wichtigste, wenn auch seiner Erschöpfung entgegengehende Eisenerzdistrikt Spaniens dehnt sich westlich von *Bilbao* zwischen Bilbao- und Somorrostro-Fluß in günstiger Nähe der Baskischen Küste aus. Die einzelnen Vorkommen dieses *Erzgürtels*, der 24 km lang und 10 km breit wird, liegen verstreut in einer bis über 1000 m ansteigenden Gebirgskette. Die bedeutenderen Reviere sind die in nordwestlichem Zuge aufeinanderfolgenden der Minas de Triano, Minas de Matamoros, de Baracaldo, del Regato, de Gueñes, de Alonsotegui. Außerdem finden sich Gruben in unmittelbarer Nachbarschaft von Bilbao.

Die Bilbaoerze sind ausgezeichnete Bessemererze: Phosphor und Schwefel fehlen fast ganz, die Menge der Kieselsäure ist gering. Der Gehalt an Eisen ist durchschnittlich 50—52%. Sie werden von den Häfen Portugalete und Luchana nach Deutschland und England verschifft.

Die langgestreckten linsenförmigen *Erzkörper* liegen in der gefalteten Kreide teils in dem, aus liegenden Sandsteinen und hangenden Kalken bestehendem Gault, teils im Cenoman. Die Gault-Kalke sind die „Mutter“ der Erze. Sie sind meist an der Grenze von Kalk und Sandstein ausgeschieden. Die metasomatischen Erze von Bilbao sind Spateisen (Carbonato), Roteisen (kristalliner Campanil, erdige Vena), zelliges Brauneisen (Rubio), das am weitesten verbreitet ist und am meisten abgebaut wird, und endlich eluviale und alluviale Trümmererze aus den vorgenannten (Chirta).

In den Provinzen Oviedo, Lugo und Leon sind Chamosit, Magnetit und Roteisenerz bekannt. In *Asturien* werden Spat- und Roteisenerze infolge der nahen Steinkohlenlager an Ort und Stelle verhüttet. Bei dem Hafen *Santander* werden Bohnerze abgebaut, die mittels nasser Aufbereitung auf 46—59% Erz angereichert werden. Im östlichen Spanien liefern Teruel und Guadalajara gewisse Erzmengen, die über Sagunto verschifft werden. Die Hämatite der Sierra Morena sollen bequem abbaubar sein und einen hohen Eisen- und Mangangehalt besitzen. In Südspanien sind zu nennen die Karbonate und Hämatite von Almeria, die bei Baccres, in der Sierra di Filabres, de Almahilla und de Bedar abgebaut werden.

Portugal.

Die Erzförderung ist trotz mancher günstiger Vorkommen sehr gering.

Eisengruben liegen in der Provinz *Traz os Montes* in der Sierra Moncorvo. Die Lagerstätte an 40proz. Roteisen soll 10 km lang sein und eine größte Breite von 1 km erreichen, sowie einen Vorrat von 50 Millionen Tonnen bergen.

Eisenerze sind weiter bekannt in den Bezirken Montemor Novo, Vianna, Albito, und Gruben zwischen Odemira und Santiago de Catem. Nördlich von Porto liegen die Vorkommen der Sierra de Rates bei Pova de Varzim. Die Erze von Valli Pegueno enthalten über 60% Eisen.

Schweiz und Italien.

Die Schweiz und Italien sind die eisen- und kohlenärmsten Länder Europas. So ist es hier zur Entwicklung einer bodenständigen Eisenindustrie mangels genügender Erzmengen und billigen Kokes nicht gekommen, obgleich gerade Italien große Anstrengungen macht, die im Kriege großgezogene Eisenverarbeitung kräftig zu erhalten.

In der Schweiz wurde im Kriege in Fricktal des Kantons Aargau ein Eisenoolithflöz mit 30% Eisen erschlossen, das 25 Millionen Tonnen Erz mit 7,5 Millionen Tonnen Eisen bietet. Bei Sargans steht in der geringen Menge von einigen Millionen Tonnen 55proz. Hämatit an.

In Italien ist allein die Insel *Elba* mit abbauwürdigem Eisenerz bedacht, das schon die Etrusker und Römer hier ausbeuteten. An der Ostküste der Insel sind in einer Nordsüd verlaufenden, 15 km langen Zone mehrere Lager von Eisenoxiden und untergeordneten Schwefelerzen angereicht. Die Erze siedelten sich in Kalken verschieden alter geologischer Schichten an bis in eoäne hinauf. Wahrscheinlich steht ihre Bildung in Zusammenhang mit dem Aufdringen der tertiären Eruptivgesteine Elbas: Kontaktmetasomatische Prozesse sind für ihre Bildung verantwortlich. Die Erze — meist Eisenglanz, mit untergeordnetem Rot- und Brauneisen und wenig Magnetit — enthalten bis zu 62% Eisen. Der Vorrat soll etwa 6 Millionen Tonnen sein.

Die Förderung Italiens betrug:

1913	603 116 t Eisenerz; 1622 t Manganerze
1919	456 655 t Eisenerz; 3841 t Manganerze
1922	311 214 t Eisenerz; 3196 t Manganerze

Dagegen erreichte die Roheisenerzeugung 1913: 426 755 t und 1919: 239 710 t; es muß also starke Einfuhr von Eisenerzen eintreten.

Österreich.

Im heutigen Österreich mit Steiermark und Kärnten ist eine bis in prähistorische Zeiten zurückgreifende Eisengewinnung zu Hause, die sich auf die zahlreichen, über die nördliche Grauwackenzone der Ostalpen zwischen Innsbruck und Wiener Neustadt verstreuten gang- und stockförmigen Lagerstätten gründete. Von allen haben sich nur

die zwei bedeutendsten bis heute bei der drückenden Konkurrenz der umliegenden, unter besseren Bedingungen arbeitenden Eisenländer im Abbau halten können, der steierische Eisenerz und der kärntnische, weniger bedeutsame Hüttenberger Erzberg.

Die Erze des *steierischen Erzberges* werden im Tagebau gewonnen, der über 50 Stockwerke zählt. Der Erzkörper, der infolge Verfallung eine vertikale Mächtigkeit von über 700 m zeigt, besteht aus *Spateisenstein* und Ankerit (Eisencalciumcarbonat) mit sehr spärlichen Sulfiden. Die Erze umschließen noch Schollen der unveränderten (unterdevonischen) Kalke, aus denen sie durch Verdrängungsprozesse entstanden. Das rohe Erz enthält 38–40%, das geröstete bis 52% Eisen. Eine Durchschnittsanalyse des Rostspates ergibt 44,6% Eisen, 2,12% Mangan, 0,03% Phosphor und 0,04% Schwefel.

Es wurden gefördert:

von 1701–1800	3,7 Millionen t Erze
von 1801–1900	22,2 Millionen t Erze
von 1901–1911	15,1 Millionen t Erze

und im Jahre 1911 selbst 1,8 Millionen Tonnen.

Die Vorräte werden auf 206 Millionen Tonnen geschätzt.

In dem heutigen Deutsch-Österreich wurden in den letzten Friedensjahren ca. 2 Millionen Tonnen Eisenerze gewonnen, und aus diesen 600 000 t Roheisen. In den ersten Nachkriegsjahren sank die Produktion bis auf 500 000 t, um 1923 wieder auf 1 204 500 t Erze zu steigen mit einer Erschmelzung von 314 000 t Roheisen.

Ungarn.

Ungarn verlor durch den Frieden von Trianon alle Eisenerzgebiete bis auf das des Komitates *Borsod*. Im alten Ungarn wurden vor dem Kriege gegen 2 Millionen Tonnen Erze erzeugt. Die gegenwärtige ungarische Roheisenerzeugung (60 000 t) reicht nicht zur Versorgung der Eisen-Industrie.

Tschechoslowakei.

In der Umgebung von *Prag* sind dem Untersilur der böhmischen Mulde tektonisch stark gestörte *Eisensteinflöze* eingeschaltet, die sich bis nach Pilsen erstrecken. Diese sedimentären Lager enthalten Roteisen und Chamosit und reichlich Phosphor, so daß diese Erze erst nach Einführung des Thomasverfahrens verhüttet werden konnten. Die besseren, nun bald abgebauten Erze führen 35% Eisen und 10–14% Kieselsäure, während die minderen Sorten nur 30% Eisen, dagegen 18–23% Kieselsäure zeigen. Zu den letzteren gehört der größere Teil der auf 300 Millionen geschätzten Erzmengung, die aber wegen des hohen Kieselsäuregehaltes vorläufig kaum abbauwürdig ist.

Die in den früher ungarischen Komitaten *Gömör* und *Zips* aufsetzenden, wertvollen, zum Teil aber schon abgebauten *Spateisensteingänge* zeigen manche dem Abbau hinderliche Eigenschaften, und nur geringe Quantitäten.

Es werden deshalb in die Tschechoslowakei große Massen hochwertiger ausländischer Erze importiert, so aus Schweden und Jugoslawien.

Polen.

Neben einigen kaum nennenswerten Vorkommen — den Brauneisensteinen von Bendin, den obertriasischen Eisensteinflözen von Radom und Kielce — besitzt Polen im Bezirke *Ozenstochau* ein Erzrevier, das wegen der erzarmen und wenig mächtigen Flöze nur von sehr geringer Bedeutung wäre, wenn nicht in der Nähe die oberschlesische Kohle läge. In den Mitteljura schalten sich hier auf erheblichen Flächen mehrere dünne Bänke von Toneisenstein mit einem Eisengehalt von 28–30% ein. Trotz des Vorrates von 30 Millionen Tonnen werden diese Erze nur bei anormalen Verhältnissen eine Rolle spielen.

Gefördert wurden 1923: 56 067, in 1924: 25 993 t Eisenerze.

Jugoslawien.

In Serbien alter Umgrenzung lebte eine blühende, erst unter der Türkenherrschaft zugrunde gerichtete Eisenindustrie. Doch sind alle diese Vorkommen — Magnetite am Ibar, Roteisenerze im Norden des Landes — gegenwärtig infolge ihrer Ablegenheit und des Brennstoffmangels nicht bauwürdig.

Die kroatischen Brauneisenerze haben nur örtliches Interesse.

In *Bosnien* dagegen sind die Vorkommnisse von *Prijedor-Ljubia* und von *Vares* sehr beachtenswert. Ersteres gehört zu einem Zuge paläozoischer in Linsen zerquetschter Kalke, von denen drei aus einem Kerne von Spateisenstein mit Verwitterungsrinde aus Brauneisen bestehen. Die Erze von Ljubia werden im Tagebau gewonnen, und zwar zur Zeit die mindestens 50% enthaltenden Brauneisenerze, die nach Ungarn, der Tschechoslowakei und Triest exportiert werden. Mit einem Vorrat von 40 Millionen Tonnen — davon aufgeschlossen etwa 20 Millionen mit 9 Millionen Tonnen Limonit, dem Rest Spateisen — könnte Ljubia unter gewissen Voraussetzungen das Zentrum einer Eisenindustrie werden. Gegenwärtig ist es von der Regierung an die Wittkowitzer Gewerkschaft auf eine Reihe von Jahren verpachtet, der jährlich 600 000 t Erze zu liefern sind.

Vares, nördlich von Sarajewo, zeigt Spat-, Rot- und Brauneisensteine in der unteren Trias, die im Tagebau gewonnen werden, jedoch wegen ihrer ungünstigen Lage noch keine große Förderung zeigen (1912 160 000 t). Der Vorrat mag 40 Millionen Tonnen guter Erze betragen.

Rumänien.

Rumänien erbte von Ungarn: Die Erze des Szeklerlandes (kleine Vorkommen von Eisen- und Manganerzen), des Hunyader Komitates (einen Zug von Spat-, Rot- und Brauneisensteingängen mit 4 Millionen Tonnen verfügbaren, 8 Millionen Tonnen möglichen Erzen) und die-

jenigen des Banates (linsenförmige Vorkommen z. B. von Dognaczka, von Magnetit, von Rot- und Brauneisen, deren Vorrat auf 6 Millionen Tonnen veranschlagt ist).

Die Eisennot Rumäniens ist so wohl noch größer wie die der Schweiz und Italiens.

Griechenland.

Die unsicheren politischen Verhältnisse lähmen jeden Bergbau.

Roteisenstein ist bekannt von Laurion und der Insel Euböa. Auf vielen Inseln des griechischen Archipels finden sich Eisenerze, so auf Seriphos, Syras und anderen.

Ein anderes Erzgebiet, das auch Chromeisenerz gibt, liegt unweit der Küste in Lokris und Böotien und erstreckt sich bis auf die Inseln Euböa und Skyros; die Erze enthalten 48–52% Eisen.

1914 wurden gewonnen 299 286 t Eisenerz und 7059 t Chromeisenerz, 1915 nur 157 430 t bezüglich 10 420, 1916 84 985 t.

Rußland.

Eisenerzbergbau wie Eisenindustrie Rußlands haben ihren Ausgang von den Revieren des Zentralgebietes genommen, so dem Gouvernement Tula, wo sie bereits im 17. Jahrhundert in Blüte standen. Später trat der Bergbau des Urals und schließlich der Südrußlands mehr und mehr in den Vordergrund, so daß gegenwärtig das Zentralgebiet nur noch eine bescheidene Rolle spielt. Es wurde überflügelt vom Ural vermöge seines Holzreichtums und von dem südrussischen Krivoi Rog, dessen Erzbergbau in den Kohlenlagern des nahen Donezbeckens eine wichtige Stütze fand.

In *Zentral-Rußland* treten die Eisenerze in den verschiedensten Schichten auf, so im Devon, Karbon und Perm, in Jura und Kreide. Es findet sich Spateneisenstein und Brauneisenerz in der Form von Flözen und Verwitterungslagerstätten. Diese Vorkommen dehnen sich über weite Gebiete aus, halten sich in geringer Tiefe, erreichen aber nur selten Mächtigkeiten von 2–4 m. Der Gehalt an Eisen mag durchschnittlich 40% betragen. Phosphor und kieselsaure Beimengungen sind zum Teil in beträchtlichen Mengen vorhanden.

Die *Vorräte* werden etwa folgendermaßen abgeschätzt: im *Nord-Wiatka-Bezirk* über 100 Millionen Tonnen; im *Oka-Bezirk* (permische Brauneisenerze mit 40–50% Eisen und bis zu 3% Mangan) 100 Millionen Tonnen; im *Tula- und Kaluga-Revier* (Erze über den Braunkohlenflözen in 4–25 m Tiefe) über 600 Millionen Tonnen; im *Lipezki-Revier* des Gouvernements Tambow auf 680 Millionen Tonnen. Insgesamt wäre dies ein Vorrat von rund 1500 Millionen Tonnen; doch sind große Teile der erzverdächtigen Gebiete noch ununtersucht. Die Nähe der Braunkohle könnte in Zentralrußland unter gewissen Voraussetzungen einer, sich den gegebenen geologischen Verhältnissen anpassenden Eisenerzgewinnung und -verarbeitung lohnende Grundlage geben.

In *Nordrußland* werden Sphärosiderite und

Spateisenstein mit 35% Eisen im Roherz, auch Brauneisen gewonnen.

Eine große Reihe von Eisenerzlagerstätten sind über den *Ural* verstreut, deren gesamter Vorrat auf 500 Millionen überschlagen wurde. Ein Export ihrer Erze kommt infolge der ungünstigen Lage kaum in Betracht. Jedoch gaben sie Anlaß zu einer hochentwickelten Fein-Eisenindustrie.

Unter den uralischen Vorkommen seien erwähnt:

Der *Katschkanarberg* mit titanhaltigem Magnetit. *Gora Blagodat* (Heiliger Berg) bei Kuschwinskoje, wo im Tagebau „blaues“ und „rotes“ Magneteisenerz gewonnen wird, das durch Silikate verunreinigt ist und ziemlich viel Phosphor enthält. Der Gehalt des Erzes an Eisen ist 57%. Als Vorrat gelten 130 Millionen Tonnen.

Wysokaja Gora (Hoher Berg) bei Nischne-Tagilskij, der älteste russische Magneteisenerzbergbau, mit 60–65proz. Mangan- und phosphorarmem Erz und einem Vorrat von 5 Millionen Tonnen.

Magnitnaja Gora (Magnetberg) im Südrural, 375 km von Mijas, mit Magnet- und Roteisen, hochwertigen Erzen und größerem Vorrat (80 Millionen Tonnen?).

44proz. Brauneisensteine von *Bakal* werden bei Slatoust verhüttet (34 Millionen Tonnen). Im Reviere von *Alapajewsk* kommen Roteisen und Limonit in beträchtlichen Mengen vor (90 Millionen Tonnen).

In *Südrußland* steht an der Spitze aller russischen Lagerstätten der Ukrainische Bergbau von *Krivoi Rog* südlich von Jekaterinoslaw. Hier bilden sehr alte Quarzite lange mächtige Zonen, in denen die bis 50 m mächtig werdenden Linsenerzkörper liegen. Das Erz ist Roteisen oder Eisenglanz, der aus Magnetit hervorging. Als „Erz“ gelten nur Partien mit über 50% Eisen. Der Mangan-gehalt ist sehr gering, der an Phosphor 0,013 bis 0,020%. Die Erze von *Krivoi Rog* waren schon dem Altertum als „skythische“ bekannt. Die im Tagebau gewinnbaren, hochwertigen Erze (57 bis 65%) geben in Verbindung mit den Donezkohlen Veranlassung zu stätig steigendem Abbau und zur südrussischen Eisenindustrie. Der Vorrat mag 80 Millionen Tonnen betragen.

Schließlich mögen aus Südrußland noch die Karsterze des Donezgebietes, und die pliozänen Eisenerze von Kertsch (34–42% Eisen, 5,7%

Mangan, 14–17% Kieselsäure) mit sehr großem Vorräte genannt werden.

Gefördert wurden an Roherzen:

	in ganz Rußland	Ural	Krivoi Rog	Zentral- rußland	Ferner Osten
1921/22	184 270	59 382	94 753	30 135	
1922/23	411 815	198 599	169 421	43 795	
1923/24	930 939	456 357	436 699	31 650	6233
1924/25 (Jan.-Juni)	785 239	304 632	448 659	25 512	6436

Der Permer Hüttentrust mit den Gruben Wysokaja Gora, Blagodat und Lebaschy förderte 1921/22 8489 t, 22/23 115 t, 23/24 59 811 t, in den ersten 6 Monaten von 24/25 90 185 t. Der Hauptanteil entfällt auf die erstgenannte Grube, die 1923/24 förderte 40 939 t im ersten Halbjahr, 24/25 aber bereits 62 367 t.

Die größte Ausbeute erreichte der Südruraltrust, besonders mit den Bakalgruben, so im Jahre 1923/24 mit 142 806 t. Roherz, wovon allein auf Bakal 116 737 t entfallen.

Krivoi Rog steigerte seit 1921 die Zahl der arbeitenden Gruben wie die Leistungsfähigkeit. Die Leistungen sind aus der obigen Tabelle ersichtlich. Im ersten Halbjahr 1925 wurde mehr Erz gewonnen, als im ganzen Jahre 1923/24. Weitere Steigerungen sind vorgesehen.

Der Verbrauch an Erzen in der Ukraine wird für 1925/26 auf 2 950 000 t, der Export auf 1 150 000 t angenommen.

Als Vorräte der an Eisenerzen reichen Länder Europas sind — bei vorsichtiger Schätzung und unter Nichtberücksichtigung gewisser, vorläufig für den Abbau kaum bedeutsamer Reserven — etwa folgende Mengen von Eisenerzen anzunehmen:

Frankreich	5000 Millionen Tonnen
Großbritannien . .	2500 „ „
Skandinavien . . .	2500 „ „
Rußland	1400 „ „
Deutschland	500 „ „
Spanien	400 „ „
Luxemburg	300 „ „
12 600 Millionen Tonnen	

Die übrigen europäischen Länder besitzen zusammen dagegen nur rund 600 Millionen Tonnen an gewinnbaren Eisenerzen.

So würde sich der Vorrat Europas an solchen auf über 13 Milliarden Tonnen belaufen.

Zur Raumchemie der Stickstoffverbindungen.

Von KURT HESS, Berlin-Dahlem.

JAKOB VAN'T HOFF und JOSEF LE BEL gannen vor nunmehr 51 Jahren die Vorstellung, daß die vier Affinitäten des Kohlenstoffs nicht, wie man bis dahin nach der Lehre von KÉKULÉ und COOPER annahm, in einer Ebene, sondern im Raume angeordnet sind. Die Folgerungen dieser Vorstellung führte VAN'T HOFF und LE BEL zu einer *Theorie*, die heute nach mehr als 50 Jahren den inzwischen ungemein angereicherten Er-

fahrungenschatz der organischen Chemie mit derselben Schärfe umfaßt, wie am Tage ihrer Schöpfung (1). Diese Theorie ist daher heute als die grundlegende Theorie der Kohlenstoffverbindungen zu bezeichnen. Sie gipfelt in den bekannten drei von VAN'T HOFF formulierten Grundsätzen.

Von diesen Grundsätzen besagt der *erste*, daß die vier Valenzen des Kohlenstoffs nach den Ecken

eines regulären Tetraeders gerichtet sind, in dessen Mittelpunkt das Kohlenstoffatom zu denken ist. Sind daher die vier Valenzen eines Kohlenstoffatoms mit vier verschiedenen Radikalen besetzt, so erhält man ein *asymmetrisches Kohlenstoffatom*, und Verbindungen dieser Art kommen in zwei isomeren Formen vor, deren Moleküle sich wie Gegenstand und Spiegelbild verhalten, und die jede die Ebene des polarisierten Lichtes in entgegengesetztem Sinn drehen.

Der *zweite* Grundsatz behandelt die *freie Drehbarkeit* zweier durch einfache Bindung verketteter Kohlenstoffatome, so daß Isomerie nur für solche Körper dieses Typus in Frage kommt, die durch Drehung der Kohlenstoffatome um die gemeinsame Achse nicht zur Deckung gebracht werden können.

Der *dritte* Grundsatz befaßt sich mit den raumchemischen Folgerungen bei Kohlenstoffverkettungen durch *zweifache Bindung*¹⁾ (Äthylenkörper). Da durch eine zweifache Bindung eine freie Rotation zwischen Kohlenstoffatomen im vorerwähnten Sinn aufgehoben wird, so müssen bei verschiedenen Substituenten zwei Isomere existieren (Cis-Formen, *geometrische Isomerie*).

Diese Grundsätze gelten bisher fast ohne Ausnahme²⁾, sie vermochten Isomeriefälle zu erklären, denen die alte Auffassung einer planen Wirkungsweise der Affinitäten hilflos gegenüberstand.

Bis etwa zum Jahre 1890 beschränkten sich diese raumchemischen Untersuchungen auf Verbindungen, die im engeren Sinne des Wortes Kohlenstoffderivate sind. Erst im Jahre 1891 wurden durch ARTHUR HANTZSCH und ALFRED WERNER analoge Betrachtungen für stickstoffhaltige Verbindungen angestellt und damit die Stereochemie des Stickstoffs begründet. Während wir aber für das von VAN'T HOFF und LE BEL aufgestellte Kohlenstoffmodell im Wechselspiel von Deutung und Voraussage Bestätigung über Bestätigung erfahren haben, befindet sich der von HANTZSCH und WERNER sich eng an das VAN'T HOFFsche Kohlenstoffmodell anlehrende Entwurf einer Raumchemie des Stickstoffs noch in vollem Flusse der Entwicklung. So verlockt es denn, diese Entwicklung kurz zu schildern.

Ebenso wie eine Erweiterung der Vorstellungen über das Kohlenstoffmodell durch Deutung von überfälligen Isomeren veranlaßt wurde, gaben auch unerklärbare isomere stickstoffhaltige Verbindungen den Anstoß für die hier zu besprechende

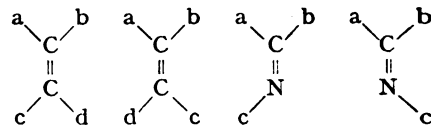
¹⁾ Heute treffender wegen des ungesättigten Charakters als Lückenbindung bezeichnet.

²⁾ Überraschenderweise hat die Röntgenuntersuchung des Pentaerythrits $C(CH_2OH)_4$ ergeben, daß die vier (CH_2OH) -Gruppen das Methankohlenstoffatom *nicht* im Tetraeder-Verband umgeben, sondern eine den WERNERSchen Platorbindungen (vgl. WERNER-PFEIFFER, Neuere Anschauungen auf dem Gebiete der anorganischen Chemie, F. Vieweg, Braunschweig, 1923, S. 54) analoge Raumverteilung aufweisen. Vgl. H. MARK und K. WEISSENBERG, Zeitschr. f. Physik 17, 301 (1923); Ber. d. dtsh. chem. Ges. 57, 1823 (1924).

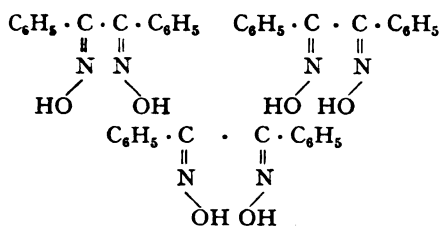
Entwicklung. HEINRICH GOLDSCHMIDT hatte im Jahre 1883 neben dem bekannten Benzildioxim eine zweite Verbindung gleicher Zusammensetzung und gleicher strukturchemischer Anordnung aufgefunden, der K. v. AUWERS und VIKTOR MEYER einige Jahre später noch ein drittes Isomeres zugesellten. Bei der damaligen Einstellung der Geister auf die Theorie von VAN'T HOFF und LE BEL glaubten AUWERS und MEYER die Deutung dieser Isomerie durch Anordnungen im *Kohlenstoffgerüst* erklären zu sollen und forderten eine Einschränkung des vorerwähnten zweiten Grundsatzes über die freie Drehbarkeit einfach gebundener Kohlenstoffatome. Erst ARTHUR HANTZSCH und ALFRED WERNER, und hier besonders der junge geniale WERNER, wie HANTZSCH hervorhebt, waren es, die im Jahre 1889 die auf den Kohlenstoff gebannte Aufmerksamkeit weg auf die Stickstoffatome dieser Verbindungen lenkten.

WERNER betrachtete alle hier inzwischen aufgefundenen Isomeren ähnlicher Art und fand für sie eine Erklärung durch die Annahme eines *Raummodells* für das Stickstoffatom, das sich für gewisse Verbindungstypen in folgender Weise begründen läßt. Sieht man das VAN'T HOFFsche Kohlenstoffmodell (Grundsatz 1) als gegeben an, so müssen in Verbindungstypen, wie den Nitrilen ($R-C \equiv N$), durch die Bindung mit dem Kohlenstoff die drei Affinitäten des Stickstoffs zwangsläufig im Raume angeordnet sein. Dasselbe muß auch für heterocyclische Ringgebilde gelten, an denen Stickstoffatome teilnehmen. Muß eine derartige Folgerung hier zugegeben werden, so liegt nach WERNER kein Grund gegen die Annahme vor, daß auch unter anderen Bedingungen die drei Valenzen des Stickstoffs außerhalb der Ebene, also im Raume zur Wirkung kommen. WERNER sieht daher für das dreiwertige Stickstoffmodell eine Form vor, bei der die Valenzen in den Ecken eines Tetraeders zur Wirkung kommen, in dessen vierter Ecke das Stickstoffatom sich selbst befindet.

Überträgt man diese Vorstellung auf den in Frage stehenden Typus der Oxime, so ergibt sich zwischen diesen und den Kohlenstoffverbindungen, mit denen sich VAN'T HOFF in seinem dritten Grundsatz beschäftigt, den Äthylenkörpern, eine enge Parallele. Wir erkennen, daß derartige Gebilde in zwei Raumisomeren vorkommen müssen, die grundsätzlich den geometrisch-isomeren Cis-Transformen der oben besprochenen Art (Grundsatz 3) entsprechen, wenn die Substituenten *a* und *b* am Kohlenstoff verschieden sind. Und übertragen

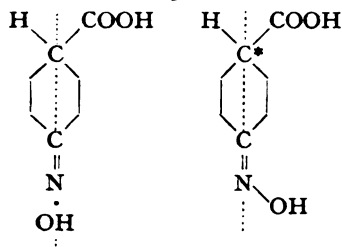


wir die Vorstellung auf die oben erwähnten, etwas komplizierteren Dioxime, die den Anstoß zu diesen Erörterungen gaben, so sehen wir, daß hier die Theorie die drei Isomeren gut zu erklären vermag:



So steht bis heute die WERNERSche Theorie der Oximisomerie mit allen Erfahrungen in bestem Einklang, es sind hier nie mehr Isomere gefunden worden, als die Theorie vorsieht. Spricht dies bereits bei der überwältigenden Menge des Erfahrungsmaterials (das Anwendungsbereich der Theorie erstreckte sich in der Folgezeit auch auf ähnlich gebundene Stickstoffatome, wie sie in den Hydrazonen, Semicarbazonen usw. vorliegen) für die Stichhaltigkeit der räumlichen Anordnung derartig gebundener Stickstoffatome, so hat diese Vorstellung in den letzten Jahren eine schöne Bestätigung erfahren.

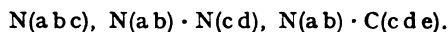
Der englische, auf raumchemischem Gebiete verdienstvolle Chemiker WILLIAM HOBSON MILLS (2) erkannte die Möglichkeit einer direkten Nachprüfung der räumlichen Wirkungsweise des Stickstoffs in diesen Verbindungen durch die Heranziehung des Oxims der *Cyclohexanon-4-carbonsäure* und sterisch ähnlich gebauter Verbindungen.



In diesen Verbindungen wird das bezeichnete Kohlenstoffatom * nur asymmetrisch, wenn die Oximgruppe räumlich im Sinne von WERNER angeordnet ist. In diesem Falle läßt sich, wie man leicht einsieht, keine Symmetrieachse durch das Molekül legen. Ist dagegen die Oximgruppe nach der alten Auffassung in einer Ebene angeordnet, so besitzt das bezeichnete Kohlenstoffatom eine Symmetrieachse und ist also nicht asymmetrisch. Tatsächlich läßt sich die in Frage stehende Oximsäure durch aktive Alkaloide spalten, so daß mit Sicherheit das bezeichnete Kohlenstoffatom asymmetrisch ist. Die Oximgruppe muß daher unsymmetrisch zum Kohlenstoffring liegen, was wiederum nur der Fall sein kann, wenn sie räumlich im WERNERSchen Sinne angeordnet ist.

HANTZSCH und WERNER verallgemeinern in ihren grundlegenden Ausführungen über die Theorie der Oxime die Vorstellung über die räumliche Anordnung der drei Affinitäten des Stickstoffs nicht für andere Verbindungstypen. Wir müssen uns daher jetzt der Frage zuwenden, ob Isomeriefälle

bekannt sind, die eine Verallgemeinerung dieser Anschauung fordern, ob etwa die Parallele, die zwischen dem dritten Grundsatz der Theorie von VAN'T HOFF und der Theorie der Oximkörper von WERNER zu gelten scheint, auch zwischen dem ersten Grundsatz und hier analogen Stickstoffverbindungen zutrifft, also Verbindungen



Sind Stickstoffverbindungen bekannt, die etwa den raumisomeren Milchsäuren nach WISLICENUS oder den raumisomeren Weinsäuren PASTEURS entsprechen?

Noch im gleichen Jahre, als ALFRED WERNER die besprochenen Grundlagen für eine Raumchemie des Stickstoffs gegeben hatte, war diese Frage von LE BEL geprüft worden. LE BEL behandelte sie zwar nicht für das dreiwertige Stickstoffatom, sondern für das sogenannte fünfwertige. So wollen auch wir der Entwicklung folgen und dieses wichtige Kapitel der Stickstoffchemie vorwegnehmen, wenn auch die Verhältnisse durch die höhere Zahl der Substituenten zunächst komplizierter zu liegen scheinen als beim dreiwertigen Stickstoffatom. Wir werden aber sehen, daß das sogenannte fünfwertige Stickstoffatom, das wir heute richtiger nach WERNER als koordinativ vierwertiges Stickstoffatom bezeichnen, dem vierwertigen Kohlenstoff in seinem raumchemischen Verhalten wesentlich näher steht als der koordinativ dreiwertige Stickstoff.

Wie LE BEL schon im Jahre 1890 wahrscheinlich gemacht hat, neun Jahre später dann von W. J. POPE und S. J. PEACHY (3) mit aller Schärfe nachgewiesen worden ist, existieren nun tatsächlich Verbindungen des koordinativ vierwertigen Stickstoffs, die in einem völlig analogen raumisomeren Verhältnis stehen, wie z. B. die optisch-aktiven Milchsäuren nach J. WISLICENUS. Der von den beiden Engländern beschriebene erste sichere Fall war hier das *Benzyl-phenyl-allyl-methyl-ammoniumhydroxyd*, das sie mit Hilfe von d-Kampfersulfonsäure in zwei die Ebene des polarisierten Lichtes in entgegengesetztem Sinne drehende Isomere spalten konnten. Diesem Beispiel folgten später zahlreiche¹⁾, die wir vor allem den umfangreichen Arbeiten E. WEDEKINDS verdanken. Die Existenz derartiger Isomere ist nun gar nicht anders als durch die Annahme zu erklären, daß in völlig analoger Weise, wie die VAN'T HOFFsche Theorie dies in ihrem ersten Grundsatz für das Kohlenstoffatom vorsieht, in diesen Verbindungen die Valenzen des Stickstoffatoms im *Raume* zur Wirkung kommen.

So sind für ein derartiges Stickstoffatom verschiedene Modelle vorgeschlagen worden, von VAN'T HOFF, von WERNER und von JAKOB MEISENHEIMER. Es ist in unserem Zusammenhang völlig belanglos, welches von diesen Modellen wir wählen. Streng bewiesen ist noch keines und wird mit den

¹⁾ Hierher gehören auch grundsätzlich die Beobachtungen, die unlängst von J. MEISENHEIMER für das Sarkosin-diaethylendiamin-kobaltsalz mitgeteilt worden sind. A. 438, 261. 1924.

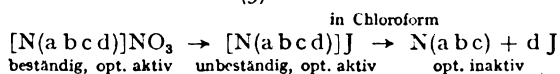
in der organischen Chemie gebräuchlichen Methoden wohl kaum zu beweisen sein¹⁾. Sympathisch mutet der Vorschlag MEISENHEIMERS an, der ähnlich wie für das Kohlenstoffmodell VAN'T HOFFS auch für das Stickstoffatom dieser Verbindungen Tetraederform vorsieht, nach dessen vier Ecken die vier die Kohlenstoffradikale fesselnden Valenzen wirken (4). Die Frage nach der Bindungsweise des Säurerestes erscheint in erster Linie belanglos, da die optische Asymmetrie nur durch das koordinativ vierwertige Kation veranlaßt ist. Ein derartiges Stickstoffmodell, das formal streng dem des Kohlenstoffs nachgebildet ist, setzt wie dieses voraus, daß die Existenz von Isomeren nur besteht, wenn alle vier Valenzen im Kation mit verschiedenen Radikalen besetzt sind, eine Voraussetzung, die nach bisher vorliegenden Erfahrungen im allgemeinen zuzutreffen scheint. Das angegebene Stickstoffmodell ist daher bis jetzt das wahrscheinlichste.

Wie liegen diese Dinge nun für den koordinativ *dreiwertigen Stickstoff*? Folgt hier das raumchemische Verhalten ebenso streng den VAN'T HOFFSchen Grundsätzen für den Kohlenstoff wie der koordinativ vierwertige Stickstoff bzw. wie der dreiwertige Stickstoff in Lückenbindung mit dem Kohlenstoff? Kennen wir isomere Verbindungen des dreiwertigen Stickstoffs, die den d- und l-Milchsäuren analog sind?

Ermutigt durch den Erfolg, mit dem durch Spaltungsversuche dank der Stabilität der optisch-aktiven Komponenten die Anwesenheit asymmetrischer koordinativ gesättigter Stickstoffatome nachzuweisen gelungen war, glaubte man nun auch durch Spaltungsversuche die Frage für den koordinativ ungesättigten Stickstoff prüfen zu können (4a).

Aber die vergeblichen Bemühungen, die von den verschiedensten Seiten immer wieder wiederholt worden sind, Verbindungen vom Typus $N(abc)$ nach den bekannten Methoden in raumisomere, optisch aktive Verbindungen zu zerlegen, zeigten, daß die Frage hier nicht so klar liegt wie für das koordinativ vierwertige Stickstoffatom. Ein negatives Ergebnis ist aber nicht entscheidend, es kann auch durch die Unzulänglichkeit der Methode verursacht sein. Indessen weisen in Ergänzung zu diesen Mißerfolgen m. E. doch auch andere Versuche darauf hin, daß beim koordinativ ungesättigten Stickstoff des in Frage stehenden Verbindungstypus einer Spaltung *grundsätzliche* Schwierigkeiten entgegenstehen.

Man hat nämlich allgemein die Erfahrung gemacht, daß stabile aktive Ammoniumverbindungen sofort inaktiviert werden, wenn man ihnen die Gelegenheit gibt, in die tertiäre Aminbase überzugehen. Einen derartigen Übergang zeigen besonders die Jodide, die in Halogenalkyl und tertiäre Base zerfallen (5):



¹⁾ Hier bedürfen wir der Röntgenmethode.

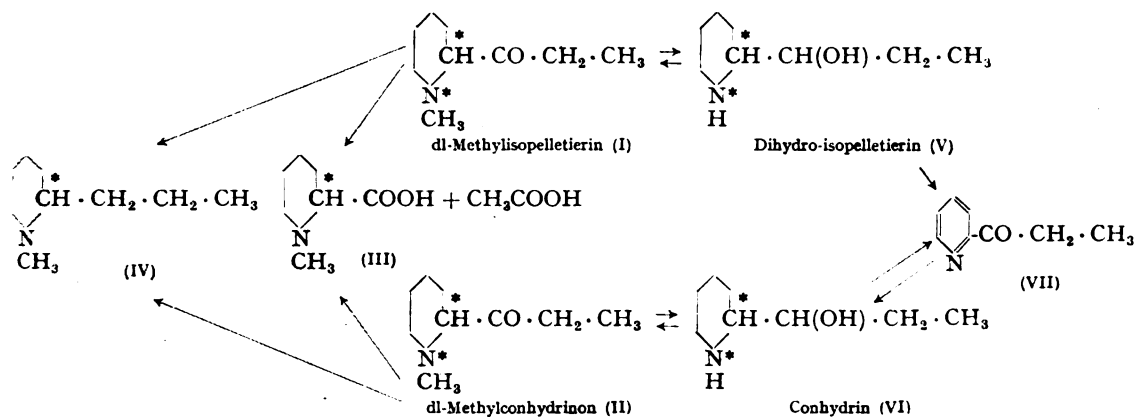
Wenn in der entstehenden Verbindung $N(abc)$ die räumliche Gruppierung erhalten geblieben wäre, die diese als Bestandteil der koordinativ vierwertigen Stickstoffverbindung doch wohl sicher besessen hat, so sollte sie nach Abspaltung des Halogenalkyls optisch-aktiv bleiben. Man könnte daher annehmen, daß beim Übergang von Verbindungen mit koordinativ gesättigtem Stickstoff in solche mit koordinativ ungesättigtem nach allen bisherigen Erfahrungen die Valenzen im ungesättigten Molekül sich in der *Ebene* anordnen. Aus diesen Gründen könnte man weiter folgern, daß allgemein in Verbindungen des dreiwertigen Stickstoffs vom Typus $N(abc)$ die Anordnung der Stickstoffaffinitäten in einer Ebene erfolgt.

Wir halten diese Folgerung aber *nicht* für gesichert. Es bleibt der Einwand, daß eine besondere Neigung koordinativ ungesättigter Stickstoffverbindungen zu *Autoracemisierung* die Prüfung der Frage auf dem Wege von Spaltungsversuchen hinfällig macht.

Nachdem wir oben gesehen haben, daß für Verbindungen vom Typus $c - N = C < (ab)$ eine räumliche Wirkungsweise der N-Valenzen sich nachweisen läßt (W. H. MILLS), müssen wir uns wohl mit Recht fragen, ob alle nicht lückenmäßigen Stickstoff-Kohlenstoffvernetzungen zu der mir wenig befriedigend erscheinenden Folgerung einer planen Wirkungsweise Anlaß geben.

Bevor ich auf den hier existierenden, bisher einzigartigen Fall eingehe, muß ich voranstellend bemerken, daß kaum eine raumchemische Frage mit so zweifelhaften Ergebnissen behandelt worden ist, wie gerade diese. Es hat sich immer wieder herausgestellt, daß für zwei Isomere, für die man hier die Voraussetzung für eine Stickstoffisomerie für gegeben erachtete, die Voraussetzung schließlich doch nicht gegeben war. Ich nenne hier die Namen LADENBURG, FREUND und v. AUWERS.

Die grundlegende Voraussetzung, die selbstverständlich ist, die aber zu betonen hier angesichts der mißglückten Fälle doch besonders gegeben erscheint, ist die strukturelle Identität der Isomeren. Der hier in Frage stehende Fall von Stickstoffasymmetrie liegt auf Grund sehr eingehender langjähriger Versuche, die in meinem Laboratorium ausgeführt wurden (6), höchstwahrscheinlich in dem isomeren Paar *Methylisopelletierin* und *dl-Methylconhydrinon* vor. *Methylisopelletierin* ist eine natürlich vorkommende Stickstoffbase, die wir aus den Extrakten der Rinde von *Punica granatum* isoliert haben; *dl-Methylconhydrinon* ist ein Umbauprodukt des Conhydrins, der bekannten Stickstoffbase des Schirlingsaftes (*Conium maculatum*), das mit dem *Methylisopelletierin* hätte identisch sein müssen. Auf Grund des Vergleiches der physikalischen Eigenschaften der Ketonbasen und ihrer Salze sind diese Stoffe aber nicht identisch. Die Ketonbasen haben beide die Konstitution eines *a-Propionyl-N-Methylpiperidins*. Bei der großen Wichtigkeit einer zweifelsfreien Beweisführung dieser Konstitution



für beide Basen will ich an Hand des folgenden Um- und Abbauschemas kurz auf diese Beweisführung eingehen.

dl-Methylisopelletierin (I) und dl-Methylconhydrinon (II) geben beide durch Oxydation ein und dieselbe N-Methylpiperidyl- α -carbonsäure (III) und Essigsäure, durch vollständige Reduktion ein und dasselbe α -(N-Methylpiperidyl)propan (IV) (dl-Methylconiin). Die den tertiären Aminoketonen entsprechenden, einander verschiedenen sekundären Aminoalkohole¹⁾ Dihydro-isopelletierin (V) und Conhydrin (VI), deren Beziehung zu den Muttersubstanzen durch Rückverwandlung zu ihnen gesichert ist, geben durch vorsichtig geleitete Dehydrierung ein und dasselbe α -Propionylpyridin (VII). Diese Beweisführung wird noch durch die Synthesen von dl-Methylconiin, N-Methylpiperidyl- α -carbonsäure, dl-Methylconhydrinon, Conhydrin und α -Propionylpyridin ergänzt.

Hiernach bleibt nicht der geringste Zweifel an der Identität der strukturellen Konstitution der beiden in Frage stehenden Basen. Da Keto-Enoldesmotropie ausgeschlossen werden konnte — auch die entsprechenden Aminoalkohole sind verschieden! —, so kann die Verschiedenheit der Ketonbasen nur auf sterische Ursachen zurückgeführt werden.

Betrachten wir daraufhin die Konstitution der Basen (I und II), so sieht man, daß zunächst ein asymmetrisches Kohlenstoffatom vorliegt. Dies entspricht auch der Erfahrung, denn zu beiden optisch-inaktiven Raumformen wurden die entsprechenden optisch-aktiven Formen gewonnen. Aber das Asymmetriezentrum des Kohlenstoffs reicht nicht aus, um die Verschiedenheit der Racembasen zu erklären.²⁾ Es muß noch ein zweites Asymmetriezentrum hinzukommen. Hier kann nur der Stick-

stoff in Frage kommen. Und dieser bietet nur Anlaß zur Asymmetrie, wenn in unsern Verbindungen seine drei Affinitäten im Raume zur Wirkung kommen.

Auf Grund der geschilderten Versuche habe ich daher annehmen müssen, daß in den Systemen, die den beiden isomeren Basen zugrunde liegen, die Stickstoffatome nicht in einer Ebene, sondern als räumlich gebunden angenommen werden müssen. Diese Annahme paßt sich den oben gegebenen Ausführungen von WERNER über das koordinativ ungesättigte Stickstoffatom insofern an, als die hier angenommene Raumlage auch nicht vom Stickstoffatom selbst bestimmt erscheint, sondern einerseits durch die Verknüpfung mit den Kohlenstoffatomen des Piperidinringes, andererseits, wie ich annehme, durch eine bisher noch nicht faßbare Valenzbeziehung feinerer Art, nämlich durch die Sauerstoffgruppe der Seitenkette stabilisiert erscheint. Dies geht u. a. daraus hervor, daß die Isomerie verschwindet, wenn die Sauerstoffgruppe aus der Seitenkette herausgenommen wird.

In dem hier aufgedeckten Fall einer Raumisomerie des dreiwertigen, mit Kohlenstoff nicht durch eine Lückenbindung verbundenen Stickstoffs erkennen wir daher eine ähnlich durch Bindung mit Kohlenstoff stabilisierte Raumlage der Stickstoffaffinitäten wie in den von ALFRED WERNER interpretierten Fällen des Cyanotypus, der aromatisch heterocyclischen Stickstoffringe und des Oximtypus.

Versuchen wir die bisher gewonnenen Ergebnisse über das raumchemische Verhalten von Stickstoffverbindungen zusammenzufassen, so geschieht dies zweckmäßig im Vergleich mit den gesicherten Grundlagen der Raumchemie des Kohlenstoffs. Weitgehend analog wie der Kohlenstoff verhält sich raumchemisch der koordinativ vierwertige Stickstoff. Völlig verschieden vom vierwertigen Kohlenstoff verhält sich das koordinativ ungesättigte Stickstoffatom. Wir sind aber der Ansicht, daß dieses Verhalten nicht dahin verstanden werden muß, daß in koordinativ ungesättigten Stickstoffverbindungen die Valenzen in einer Ebene

¹⁾ Beide Aminoalkohole existieren infolge des zweiten asymmetrischen C-Atoms der Alkoholgruppe in je zwei diastereomeren Formen.

²⁾ Man könnte daran denken, daß eine Raumisomerie durch die Lage der Ringkohlenstoffatome in verschiedenen Ebenen verursacht ist, aber die Identität von III und IV aus beiden Verbindungen spricht durchaus nicht hierfür.

zur Wirkung kommen, sondern neigen zu der Ansicht, daß hier die Möglichkeit einer Prüfung durch Spaltungsversuche infolge Autoracemisierung entfällt. In Erscheinung treten kann aber die räumliche Wirkungsweise in Verbindung mit dem räumlich starrerem Kohlenstoff in doppelter Bindung oder in besonderen Ringanordnungen mit ihm.

Wir sehen, daß die Grundlinien der von WERNER begründeten Raumchemie der Stickstoffverbindungen auch heute noch gelten können, daß aber für die Verbindungen mit koordinativ ungesättigtem Stickstoff wohl besondere dynamische Verhältnisse berücksichtigt werden müssen. Entgegen den Folgerungen, die aus dem negativen Verlauf von Spaltungsversuchen gezogen werden könnten, sollte man bemüht bleiben, nach Fällen zu fahnden, in denen eine räumliche asymmetrische Anordnung in ähnlicher Weise realisiert ist, wie in dem bisherigen Sonderfall Methylisopelletierin-Methylconhydrinon. Ich möchte annehmen, daß man weitere solche Fälle finden wird und daß man dadurch von chemischer Seite mit zur Begründung eines allseitig befriedigenden Modells des koordinativ ungesättigten organisch gebundenen Stickstoffs beitragen wird, das in besserer Übereinstimmung mit dem aus seinem elektrischen Moment hergeleiteten Raum-

modell des Ammoniaks (7) steht, als die Annahme einer planen Wirkungsweise seiner Valenzen.

Literatur:

1. Vgl. hierzu den zusammenfassenden Aufsatz von P. WALDEN, Über Vergangenheit und Gegenwart der Stereochemie, *Naturwissenschaften* **13**, 301, 331, 352, 376. 1925.
2. W. H. MILLS und A. M. BAIN, *Journ. of the chem. soc. London* **97**, 1866. 1910; C. 1910, II, 1705; *Journ. of the chem. soc.* **105**, 1182. 1914; C. 1914, I, 1182; *Journ. of the chem. soc.* **123**, 312. 1923; C. 1923, I, 1586.
3. W. J. POPE und S. J. PEACHY, *Journ. of the chem. soc.* **15**, 192. 1899; C. 1899, II 1112.
4. J. MEISENHEIMER, *Ber. d. dtsh. chem. Ges.* **41**, 3970. 1908. Vgl. auch Liebigs Ann. d. Chem. **385**, 279. 1913. Vgl. auch J. VAN'T HOFF, Lagerung der Atome im Raume S. 124.
- 4a. Zuletzt J. MEISENHEIMER, *Ber. d. dtsh. chem. Ges.* **57**, 1744. 1924.
5. Vgl. hierzu E. WEDEKIND und H. UTHE, *Ber. d. dtsh. chem. Ges.* **58**, 470. 1925.
6. K. HESS und Mitarbeiter, *Ber. d. dtsh. chem. Ges.* **50**, 1386. 1917; **51**, 741. 1918; **52**, 964. 1919; **52**, 1622. 1919; **53**, 129. 1920; Liebigs Ann. d. Chem. **441**, 101. 1925.
7. Die Gestalt der Ammoniakmolekel als Tetraeder mit drei gleichschenkligen Seitenflächen erwiesen, F. HUND, *Zeitschr. f. Physik* **31**, 95, 106. 1925.

Über den Energieaufwand bei musikalischer Betätigung.

Von A. LOEWY, Davos, und H. SCHROETTER, Wien¹⁾.

Mag die Kunst nun der Erhebung oder der Belustigung des Menschen dienen, das Kunstwerk soll in jedem Falle ausschließlich unser Gefühl beschäftigen, wir sollen uns ausschließlich dem ästhetischen Eindruck, den es in uns erweckt, gewissermaßen naiv hingeben.

Schon jede theoretische Analyse desselben hemmt das Gefühl, das ein Kunstwerk in uns wecken soll, eine Beschäftigung mit den Mitteln, mit deren Hilfe ein Kunstwerk geschaffen worden ist, vermag es zu vernichten. Der kunstliebende und kunstverständige Laie, der ein Kunstwerk auf sich wirken lassen will, liebt es nicht, mit seiner Entstehung befaßt zu werden. Die Vorgänge, die an letzterer beteiligt sind, könnte man — soweit sie die Person des Künstlers betreffen — in innere und äußere scheiden; äußere, die von dem Künstler ausgehen, um seiner Schöpfung zum Dasein zu verhelfen; innere, die im Künstler selbst ablaufen, seien es psychische oder physische.

Unter den physischen Vorgängen kann man ganz allgemein diejenigen Veränderungen verstehen, die die Lebensprozesse des ruhenden Körpers durch die künstlerische Betätigung erfahren, die Steigerungen ihrer Intensität, die im wesentlichen durch Muskeltätigkeit zustande gebracht werden. Erst in jüngster Zeit hat man begonnen, diese ge-

nauer wissenschaftlich zu betrachten und ihrer Art, ihrem Umfange und ihren Wirkungen nach zu erforschen, und zwar bis jetzt ausschließlich auf dem Gebiete der Musik bzw. der Wiedergabe musikalischer Werke.

So sind in einem umfangreichen Werke von NADOLECZNY die Bewegungen des Brustkorbes, der Bauchwandungen, des Kehlkopfes beim Gesange studiert und graphisch verzeichnet worden. Früher schon hatten LOEWY und GUTZMANN die Druckverhältnisse im Brustraum gemessen, die durch die Tätigkeit der am Sprechen und Singen beteiligten Muskulatur erzeugt werden. Weiter hat TRENDLENBURG die Bewegungsvorgänge beim Spiel von Saiteninstrumenten eingehend untersucht. — Eine Frage, und nicht die uninteressanteste, war nur ganz vereinzelt aufgeworfen und zu beantworten versucht worden, nämlich welchen Einfluß denn künstlerische und speziell musikalische Betätigung auf den Energieumsatz des Körpers hat, wie weit die Umsetzungsprozesse durch sie gesteigert werden.

Während die Versuche der Verff. darüber im Gange waren, erfolgten die ersten Veröffentlichungen über den Gegenstand von OKUNIEWSKI an einer Klavierspielerin, bei der der Stoffumsatz beim Spielen schwerer LISZTScher Stücke bis um 200% stieg, und von TIGERSTEDT und OLIN. Letztere bedienten sich der Respirationskammer, in der ihre Versuchspersonen sich musikalisch

¹⁾ Erschienen in Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. **211**. Auch als Sonderdruck im Verlage von J. Springer, Berlin.

in verschiedener Weise betätigen. Sie bestimmten nur die Kohlensäureabgabe, und berechneten daraus die Kohlenstoffgabe vom Körper. —

Die Verff. vorliegender Arbeit benutzten ein dem ZUNTZ-GEPPERTSchen analoges Verfahren. Die Versuchspersonen atmeten mittels Mundstückes bei zugeklemmter Nase und Einschaltung eines Ventilapparates in eine Gasuhr. So konnte die Änderung, die die Atemfrequenz, Atemtiefe und das geatmete Luftvolumen pro Min. erfährt, festgestellt werden. Eine Probe der Ausatemungs-luft, die einen genauen Durchschnitt derselben darstellte, wurde auf ihren Kohlensäuregehalt und auf das Sauerstoffdefizit gegenüber der eingeatmeten Luft untersucht. Auf diese Weise waren die Gesamtkohlensäurebildung und der Gesamtsauerstoffverbrauch pro Min. zu berechnen. — Bei Untersuchung des Gesanges war es nötig, das Mundstück durch eine luftdicht schließende Maske (Kampfgasmaske) zu ersetzen, mit der der Ventilapparat vereinigt war. Sie wurde übrigens auch in einigen anderen Fällen benutzt. — Bestimmt wurde in allen Fällen zunächst der Ruheverbrauch, dann der bei der nun folgenden musikalischen Betätigung.

Vor Mitteilung der Ergebnisse und zu deren Bewertung ist es zweckmäßig, zunächst einige Zahlen über die Steigerung des Ruheverbrauches bei anderweiter Betätigung zu geben. Ein Vergleich mit diesen wird am besten zeigen, wie die beim Gesang oder beim Spielen von Musikinstrumenten gefundene Umsatzhöhenlage zu beurteilen ist.

Der Ruhewert wurde durch die Arbeit gesteigert: bei einer Handnäherin um 13%, bei einem Schreiber um 17%, bei einem Maschinenschreiber (schnelles Schreiben) um 31%, Schneider 22%, Damenschuhmacher 47%, Herrenschuhmacher 83%, Waschfrau 80%. —

Die Verff. haben 4 Sänger untersucht, sodann die Vertreter der wesentlichen Orchesterinstrumente (Davoser Kurorchester): Geiger, Cellisten, Kontrabassisten, 2 Trompeter und 1 Posaunisten,

einen Pauker und Trommler und das Haupt der Kapelle, den Dirigenten. Im ganzen 13 Personen, wozu noch einige von SCHROETTER in Wien untersuchte Personen kommen.

Es ist von vornherein klar, daß der Energieverbrauch bei der musikalischen Betätigung in weiten Grenzen schwanken muß, und zwar schon beim Spielen des gleichen Instrumentes. Denn er ist abhängig von der Stärke der Intonation, die, zwischen pp und ff wechselnd, ganz verschiedene Anforderungen an die körperliche Leistung stellt; abhängig weiter von der Art des Musikstückes, seiner Melodik, ob Andante, Presto oder Furioso. Aber auch von der individuellen Spielart, ob ruhig oder erregt, ob nur die im direkten Dienste des Tonstückes stehenden Körperbewegungen ausgeführt werden, oder daneben mehr oder weniger ausgedehnte begleitende Bewegungen geschehen. Psychische Momente können bewirken, daß bei Gleichheit aller sonstigen Bedingungen die körperlichen Begleitbewegungen bei der gleichen Person zu verschiedenen Zeiten differieren und so zu Unterschieden in dem Energieverbrauch führen.

Dazu müssen sich Verschiedenheiten im Verbrauch gesellen, die durch die Art des gespielten Instrumentes bewirkt werden, wobei allerdings die Schwankungen, die schon für das gleiche Instrument zu erwarten sind, das Urteil darüber erschweren, in welchem Maße ein verschiedener Umsatz z. B. zwischen Geige und Kontrabaß, auf die verschieden anstrengende Betätigung bei beiden zu beziehen ist. Bei den Versuchen der Verff. wurde darauf geachtet, daß zwecks Ermittlung des ausschließlich für die — sei es vokale oder instrumentale — musikalische Betätigung benötigten Energieaufwandes alle begleitenden Körperbewegungen ausgeschaltet wurden. Ihre Werte liegen also an der unteren Grenze der für die Praxis zutreffenden, und müssen sich — besonders für den dramatischen Gesang — wesentlich erhöhen.

Unter diesen Bedingungen fanden die Verff. die in der folgenden Tabelle durch die Minimal- und Maximalwerte angegebene Schwankungsbreite.

Tabelle 1. Gefundener Minimal- und Maximalaufwand an Energie.

Tätigkeit	Prozentische Steigerung des Sauerstoffverbrauches	Mehraufwand in Calorien	
		pro Minute	pro Stunde
1a) Sprechen (Lesen) Person 4.	41,1 — 47,3	0,45 — 0,56	27 — 33
b) Singen Person 1—4	19,0 — 83,0	0,19 — 0,93	11 — 56
2) Klavier Person 5—7	47,0 — 200,0	0,67 — 1,75	40 — 105
Versuchsperson Wien	bis 270,0	bis 3,13	bis 188
3) Violine Person 8	64,0	0,77	46
Versuchsperson Wien	85,0 — 125,0	1,72 — 2,09	103 — 125
4) Cello Person 9	83,0 — 129,0	0,95 — 1,49	57 — 89
Versuchsperson Wien	130,0 — 140,0		
5) Kontrabaß Person 10	48,0 — 98,0	0,69 — 1,41	41 — 85
Versuchsperson Wien	bis 270,0	bis 3,74	bis 224
6) Trompete Person 11 und 12	31,8 — 60,6	0,27 — 0,98	16 — 59
7) Posaune Person 13	45,5 — 63,1	0,50 — 0,67	30 — 40
8) Schlagwerk Person 14, Pauke	238,0 — 324,0	2,72 — 4,04	—
Trommel	161,0	1,89	—
9) Dirigieren Person 15	53,0 — 118,0	0,73 — 1,59	44 — 95

Die Tabelle zeigt zunächst, wie erheblich die Schwankungen des Energieverbrauches beim Gesang und Instrumentenspiel sein können, die allein der für sie erforderlichen Muskeltätigkeit zugeschrieben werden müssen. Sie erscheinen gering beim Sprechen; aber dieses geschah stets laut und nur mehr oder weniger betont. Beim Gesang übertrifft das Maximum das Minimum um fast das 4fache, besonders groß ist — was verständlich ist — die Differenz beim Klavierspielen. Das Maximum beträgt das 6fache des Minimums. Bei den Streichinstrumenten ist sie meist geringer. Bei Violine und Cello liegt das Maximum um knapp 100% über dem Minimum, nur beim Kontrabaß steigt es bei der einen Person wieder fast zum 6fachen. Auffallend eng liegen die Grenzen des Energieverbrauches bei den Blasinstrumenten.

Betrachtet man die *absoluten* Werte unter Vergleich mit den oben für andere Tätigkeiten angegebenen, so ergibt sich die vielleicht etwas auffallende Tatsache, daß sie diese zum großen Teil weit übertreffen, ein Befund, der übrigens mit dem von TIGERSTEDT und OLIN gewonnenen vollkommen übereinstimmt.

Lautes Sprechen erfordert einen Energieaufwand, der den einer Handnäherin, eines Hand- und Maschinenschreibers und eines Schneiders weit übertrifft. Lautes Singen würde sogar an den Energieaufwand eines Herrenschuhmachers und einer Waschfrau heranreichen, wobei dieser nur von der Atem- und Kehlkopfmuskulatur bestritten wird. Dabei ist allerdings zu bedenken, daß dieser Aufwand beim Singen doch nur verhältnismäßig kurze Zeit geleistet werden kann, gegenüber der Dauerarbeit der genannten Handarbeiter. — Daß beim Klavierspiel gewaltige Steigerungen erreicht werden können, wird nicht wunder nehmen. Bei den Streichinstrumenten sind die Steigerungen auch über Erwarten hoch, wenn sie auch die beim Klavierspiel gefundenen nicht erreichen. Dabei zeigt sich, daß der Energieaufwand von Geige über Cello zum Kontrabaß — bei letzterem unter Bewältigung schwieriger Passagen — ansteigt. Der Energieaufwand beim Spielen von Streichinstrumenten bewegt sich bei *geringen* Anforderungen auf der mittleren Höhe des für den Gesang erforderlichen, aber die erreichbaren Höchstwerte können die beim Gesange weit übertreffen.

Eine besondere Stellung nehmen die Blasinstrumente ein. Trotz des beim Trompeten- und Posaunenblasen weit erheblicheren Gefühls der Anstrengung als beim Singen erreichte der Energieverbrauch — abgesehen vom Sprechen — das niedrigste Maximum; es lag niedriger als das beim Singen gefundene. Dieser Gegensatz zwischen Anstrengungsgefühl und Leistung hängt mit einem ganz interessanten physiologischen Problem zusammen. Das Maximum der Leistungsfähigkeit fällt nämlich bei dem Spielen von Blasinstrumenten nicht mit dem normalen Gipfel der Arbeitsfähigkeit der Atemmuskeln zusammen; diese können unter normalen Bedingungen weit größere Arbeit schaffen.

Aber beim Blasen von Instrumenten, ebenso auch beim sehr lauten Lesen, beim Kommandieren, bei sehr lautem Singen, liegen für die Arbeit der betätigten Muskeln keine normalen Bedingungen vor. Schon das lange Halten des Atems, wie es bei jedem Gebrauch der Atemluft, außer für respiratorische Zwecke, vorkommen kann, stört die Arterialisierung des Blutes in der Lunge. Der Sauerstoffgehalt des in das linke Herz einströmenden Blutes sinkt allmählich, sein Kohlensäuregehalt steigt. Die Unfähigkeit beim Singen oder Sprechen mit einem Atemzuge über eine gewisse, individuell verschiedene, Zeit hinaus auszukommen, d. h. der Zwang zu einer neuen Einatmung ist eben durch den sich vermindern den Sauerstoffgehalt und den wachsenden Kohlensäuregehalt des Blutes gegeben.

Aber bei den Blasinstrumenten kommt ein zweites erheblich störendes, wenn auch wenig beachtetes Moment hinzu. Zur Tonerzeugung dabei ist ein erheblicher Druck erforderlich, der im Lungeninnern erzeugt werden muß. Er wurde von SCHROETTER zu 40–60 mm Hg gefunden. Bei solchen Druckwerten aber kommt es zur Zusammenpressung der großen Hohlvenen im Brustraum, deren Binnendruck ja minimal ist. Damit tritt eine Unterbrechung des Blutkreislaufes ein, die man an dem Kleinerwerden und schließlich am Verschwinden des Pulses beobachten kann. So kommt es schnell zu einer mangelhaften Blut- und

Tabelle 2. *Atemmechanik.*

Person	Körperliches Verhalten	Atemvolumina Liter Min.	Be- merkungen
J. P.	Ruhe	7,8–9,5	
	Gesang	13,98	Maximum
	Gesang	6,03	Minimum
W. R.	Ruhe	9,60	
	Gesang	14,68	
H.	Ruhe	7,13	
	Gesang	20,27	Maximum
Schr.	Ruhe	5,84–8,45	
	Gesang	12,7	Maximum
	Lautes Lesen .	12,8	
	Pfeifen	19,4	
F.	Ruhe	6,63	
	Klavierspiel .	13,66	
E.	Ruhe	7,8	
	Violinspiel .	14,37	
M.	Ruhe	8,45	
	Cellospiel . .	16,07	
W.	Ruhe	9,96	
	Kontrabaß . .	19,95	
B.	Ruhe	5,5–6,4	
	Trompete . . .	10,0–15,76	
R.	Ruhe	5,97	
	Trompete . . .	5,56	
J.	Ruhe	7,24	
	Posaune . . .	8,05	
M.	Ruhe	10,7	
	Pauke	26,2	
	bedeckte Pauke	31,67	
	Trommel . . .	24,9	
I.	Ruhe	9,4	
	Dirigieren . .	18,91	

damit Sauerstoffversorgung des Körpers, und zu einer besonders schnellen Abnahme der Sauerstoffmenge und Zunahme der Kohlensäuremenge des Blutes. Dadurch wird einerseits die Arbeitsfähigkeit der tätigen Atemmuskeln geschwächt und das vorzeitige Gefühl der Ermüdung hervorgerufen, daneben aber durch abnorm starke Reizung des Atemzentrums eine neue Inspiration erzwungen, also dem Blasen ein Ende gesetzt.

Ganz besonders erheblich sind die Steigerungen des Energieverbrauches beim Schlagwerk, was um so bemerkenswerter ist, wenn die geringe Anzahl der dabei betätigten Muskeln in Betracht gezogen wird. Allerdings ließen die Verff. mit stärkster Kraft Wirbel schlagen, die länger dauerten (einige Minuten), als das in praxi vorzukommen pflegt. Die starke Ermüdung der beim Pauken- bzw. Trommeln beteiligten Muskeln hängt mit der abnorm häufigen Kontraktion und Wiedererschaffung zusammen. — Die Verff. fanden, daß pro Sek. bei Pauke und Trommel

10–12 Schläge, d. h. pro Arm 5–6 Schläge erfolgten, wobei für die Trommel die doppelte Zahl Aufschläge zustande kommt, da der beim aktiven Aufschlag zurückgeworfene Schlagel wieder auf das Fell passiv niederfällt. —

Neben dem Energieverbrauch wurde, wie schon erwähnt, die Atemmechanik untersucht. Auch sie weist Eigentümlichkeiten auf. Besprochen seien hier nur die absoluten Werte für die Minutenatemvolumina. Sie sind aus den Tabellen der Verff. in vorstehender Tabelle 2 zusammengestellt.

Die Atemvolumina steigen wie bei jeder Muskelstätigkeit; allerdings nicht ausnahmslos. Bei vokaler Betätigung beträgt das Maximum 20,27 l; bei lautem Singen also soviel, wie bei mittelschwerer Arbeit oder mittelschnellem Marsche. Auffallend, aber durch die physiologischen Vorgänge erklärlich, ist der hohe Luftverbrauch beim Pfeifen; 19,4 l. — Der Klavierspieler zeigt einen verhältnismäßig niedrigen Wert: 13,66 l. Dieser ist aber allein durch die Finger- und Vorderarmbewegungen hervorgerufen, denn der Spieler saß absolut ruhig, mit an der Brustseite festliegenden Oberarmen. Hier handelt es sich also um Minimalwerte.

Bemerkenswert ist, in welchem Umfange beim Spielen von Streichinstrumenten die Lungenventilation zunimmt, trotzdem — wie schon vorher erwähnt — dabei alle überflüssigen Körperbewegungen vermieden wurden. Beim Kontrabaß ergibt sich als Mittel für die Versuchsminuten ein Wert von fast 20 l. — Bei den Blasinstrumenten sind die Atemvolumina meistens verhältnismäßig

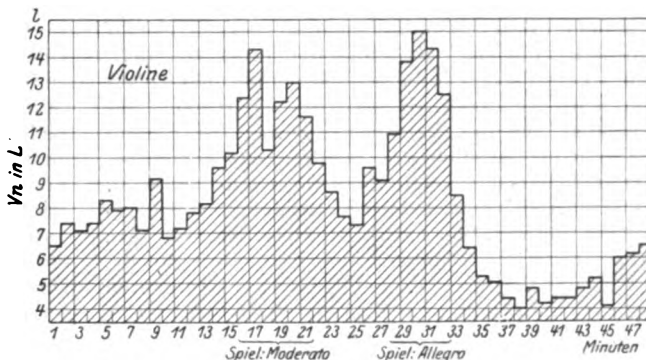


Fig. 1. Gang der Lungenventilation.

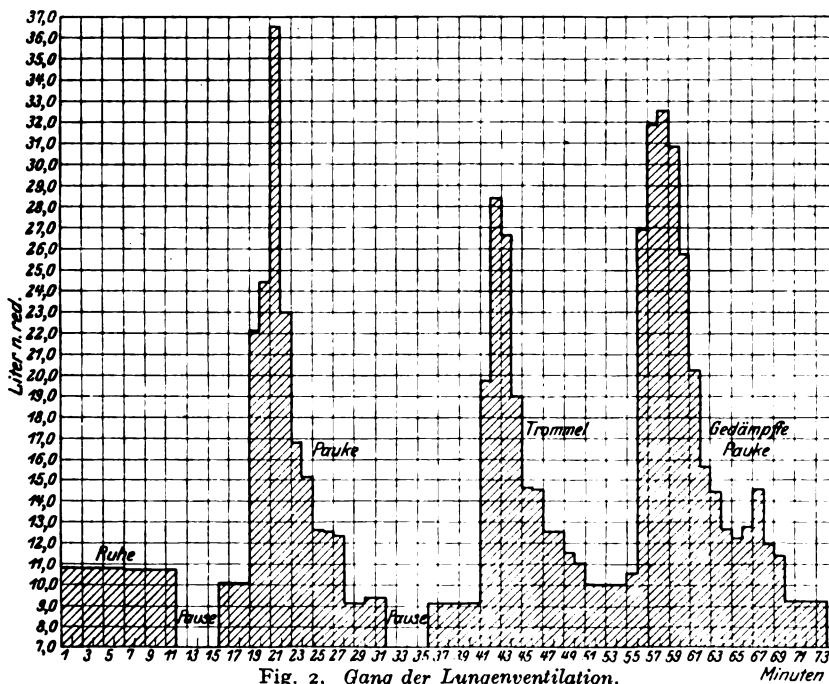


Fig. 2. Gang der Lungenventilation.

gering; bei der Posaune sogar niedriger als in Ruhe, was auch beim Gesange wiederholt beobachtet wurde (vergl. z. B. I. P. Tab. 2).

Am auffallendsten sind eigentlich die gewaltigen Steigerungen bei Betätigung der Pauke und der Trommel, wo sie i. M. bis zu 31,7 l ansteigen. — Wie sich der Gang der Lungenventilation in den einzelnen Minuten der Tätigkeit verhält, wie sie ansteigt und wie schnell sie wieder abfällt, zeigen am besten die beiden der Arbeit entnommenen Abbildungen.

Beim Violinspiel liegt danach das Maximum bei 15 l, bei der Pauke bei 36, 5 l. Anstieg und Abfall geschehen außerordentlich schnell.

Darauf, wie Atemfrequenz und Atemtiefe beeinflusst werden, soll hier nicht näher eingegangen werden. Die Arten des Atmungsablaufes werden durch entsprechende zahlreiche Bilder verdeutlicht.

Einen Hinweis verdient jedoch noch die Veränderung, die die *Pulsfrequenz* erfährt. Sie läßt erkennen, daß sekundär auch der Blutkreislauf eine Änderung erleidet. Dabei handelt es sich nicht um psychische Einflüsse, hervorgerufen etwa durch die Besonderheit und die Neuartigkeit der Versuche für die Versuchspersonen. In diesem Falle hätte nämlich die Pulsfrequenz schon bei den Ruheversuchen sich abnorm verhalten müssen. — Wie sie sich *während* der Betätigung des Schlagwerkes verhält, ist natürlich nicht festzustellen. Aber unmittelbar danach betrug sie nur 60–66 Schläge in der Minute. Bei den Blasinstrumenten wurden unmittelbar nach Beendigung des Spieles bis 100 Pulse gezählt; bei den Streichinstrumenten war die Pulszahl beim Baßspieler 72, beim Cellisten 87, beim Violinist 98.

Bedeutender waren die Steigerungen, die *während* vokaler Betätigung gefunden wurden: beim lauten Lesen 108, beim Pfeifen 105, beim Singen bis 126. —

Eine der Versuchspersonen wurde noch nicht erwähnt, der *Kapellmeister*. Es war von vornherein klar, daß die Werte, die bei Bestimmung des Energiebedarfes des Dirigenten gefunden wurden, nur eine ganz individuelle Bedeutung haben und nur für das dirigierte Tonstück gelten konnten. Nirgends mehr muß — nicht so sehr im Zusammenhang mit der Art des vorgetragenen Tonstückes als bedingt durch die mit dem Temperament des

Dirigenten in Verbindung stehende ganz verschiedene Betätigungsweise — der Energieaufwand einem größeren Wechsel unterliegen. Es ist daher schwer, auch nur von einer bestimmten Größenordnung zu sprechen. Die Schwankungsbreite des Umsatzes würde sich erst durch seinen Vergleich bei verschiedenen Dirigenten verschiedensten Temperamentes und beim Dirigieren verschiedenste Anforderungen steller Tonstücke feststellen lassen.

Immerhin ist es interessant, wenigstens *einen* Fall objektiv festgestellt zu haben. Dem Kapellmeister wurde suggeriert, daß er vor einem größeren Orchester die Einleitung zu Rossinis Wilhelm Tell zu dirigieren habe. Sein Dirigieren geschiet verhältnismäßig ruhig. Oberkörper und Kopf werden nicht wesentlich bewegt, die Zeichengebung erfolgt vorwiegend durch Betätigung der Arm- und Schultermuskulatur. Dabei stieg der Energieaufwand bei dem mäßig bewegten Beginn der Ouvertüre um 53%, bei der stärker bewegten Fortsetzung um ca. 120%. Das ist ein Aufwand, wie er bei den Streichinstrumenten und bei nicht zu anstrengendem Klavierspiel gefunden wurde, und der wesentlich nur von dem bei schweren Klavierstücken, bei schwierigeren Kontrabaßpassagen und von dem beim Schlagwerk übertroffen wurde. Der Energieaufwand reichte schon bei dem untersuchten Kapellmeister an die obere Grenze des für „Leichtarbeit“ angesetzt heran. Betrachtet man die reichlichen und weitausladenden Körperbewegungen mancher Kapellmeister, so ist es klar, daß deren Umsatz den vieler „Schwerarbeiter“ erreichen und übertreffen muß.

Die Arbeit der Verf. bringt zahlreiche Einzelheiten, die für den Musiker und Physiologen von Interesse sein können, derentwegen jedoch auf das Original selbst verwiesen werden muß.

Besprechungen.

KYLE, HARRY M., *The Biology of Fishes*. London: Sidgwick & Jackson 1925. 396 S., 77 Abbild. und 17 Tafeln. 14 × 22 cm. Preis 16 Sh.

The Biology of Fishes by HARRY M. KYLE M. A., D. Sc. ist der Titel eines Buches, welches soeben erschienen ist und einen Band in der Reihe biologischer Handbücher bildet, die von Prof. J. ARTHUR THOMSON M. A. LL. D. in Aberdeen herausgegeben werden.

Einer der ersten Bände dieser Reihe, The Biology of Birds, ist von dem Herausgeber selbst verfaßt und im Jahre 1923 erschienen, mehrere andere befinden sich in Vorbereitung.

Es ist vielleicht nicht ganz überflüssig, hier einzuschalten, daß das Wort Biology im vorliegenden Falle nicht in dem bei uns üblichen engeren, sondern in dem weiteren Sinne des englischen Sprachgebrauchs aufzufassen ist, daß es also Physiologie, Entwicklungsgeschichte, Stammesgeschichte und Biologie im engeren Sinne und, soweit zu deren Verständnis nötig, auch Anatomie und Morphologie, d. h. die ganze Naturgeschichte der betreffenden Tierklasse, umfaßt. In einem Anhang ist ein Überblick über das System der Fische angefügt.

Es sind gute Gründe, die mich veranlassen, den gewiß nicht kleinen Kreis von Interessenten in der Ge-

lehrten- und in der gebildeten Laienwelt auf dieses Werk aufmerksam zu machen. Es mag als unwesentlich erscheinen, daß die Arbeit in einem deutschen Laboratorium, der Fischereibiologischen Abteilung in Hamburg, entstanden ist, aber es darf wohl darauf hingewiesen werden, daß der Verf. seinen Gegenstand in einem Grade meistert und ihn in einer so vielseitigen Beleuchtung zeigt, wie das nur wenige außer ihm vermöchten, weil nur wenige eine so gründliche Kenntnis der anatomischen, morphologischen und genetischen Verhältnisse der großen Klasse der Fische mit einer so eindringenden Betrachtungsweise und Auffassungsgabe zu vereinen in der Lage sind.

Die Schule von Prof. M'INTOSH, St. Andrews, dem Nestor der britischen Ichthyologie, Arbeiten in den Meeresstationen zu Helgoland und Plymouth, eine jahrelange Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter des Bureaus der Internat. Meeresforschung und last not least ein fortgesetztes und eindringliches Studium der unvergleichlichen ichthyologischen Sammlungen des South Kensington Museums in London haben den Verf. zu einem ungemein gründlichen Kenner seines Gegenstandes gemacht, und wenn es dessen bedürfte, so haben seine bewunderungswürdigen Veröffentlichungen über die Systematik und Entwicklungsgeschichte der

Heterosomata der zünftigen Welt seine Befähigung erwiesen, sich an eine so große Arbeit heranzuwagen, wie sie das vorliegende Werk darstellt.

Aus den Worten der Vorrede ersehen wir, wie der Verf. seine Aufgabe aufgefaßt und welche Gesichtspunkte ihn hauptsächlich geleitet haben.

Offenbar ist er kein Vertreter der DARWINistischen Schule. Für ihn ist das Hauptproblem nicht, wie sind die Eigenschaften der Fische oder die Fische selbst selektiv festgehalten worden, sondern wie sind sie entstanden? Die Fische nehmen eine ganz besondere Stellung im Tierreich ein. Obwohl man nicht mit Sicherheit sagen kann, woher sie kamen, so ist doch unbestreitbar, daß viele der wichtigsten Eigentümlichkeiten der höheren Wirbeltiere zuerst bei ihnen in Erscheinung treten, und daß sie die Vorläufer aller höheren Lebensformen sind.

Gewöhnlich nimmt man an, daß eine Art aus der anderen entstanden ist, und daß eine lange Reihe von Formen sich kontinuierlich bis in die allerfernste Vergangenheit verfolgen läßt. Das glauben wir alle, aber tatsächlich ist die Übersehbarkeit dieser Reihe des öfteren sozusagen durch Quersprünge verschleiert worden, und gerade bei Fischen lassen sich die Eigenschaften nicht auf jenes einfache Vererbungsgesetz zurückführen.

Die Erbllichkeit scheint in der Tat bei den Fischen von geringerer Bedeutung zu sein als bei den höheren Tieren; darauf deutet auch die größere Variabilität ihrer Eigenschaften hin, und das Experiment zeigt, daß die Eigenschaften auf Veränderung der äußeren Bedingungen sehr fein reagieren. Die Konstanz einer Art ist geradezu abhängig von der Beständigkeit einer normalen Umgebung, und läge nicht die Gefahr einer Irreführung vor, so könnte man diese Beständigkeit in den Begriff der Erbllichkeit einschließen.

Die Betätigung des Individuums ist das Bindeglied zwischen Erbllichkeit und Umgebung und kann wahrscheinlich als der wirksamste Faktor in der Ausbildung von Merkmalen angesehen werden. Unter normalen Verhältnissen ist ihre Bedeutung verschleiert, aber bei Veränderung der Bedingungen kann nur diese Betätigung für das Auftreten neuer Merkmale verantwortlich gemacht werden. Das plastische mit den Überlieferungen der Vergangenheit erfüllte Material reagiert in elementarer Weise auf die neuen Eindrücke, und die neu entstehenden Merkmale können so völlig different und abweichend erscheinen, daß der genetische Zusammenhang nicht erkennbar bleibt.

Man muß sich auch die Frage vorlegen, ob natürliche Zuchtwahl, Überleben des Tauglichsten und die Vernichtung des Untauglichen, leitende Prinzipien in der Differenzierung und Entwicklung gewesen sind. Gibt eine derartige Annahme eine zulängliche Erklärung der Tatsachen?

Die Stellung des Verf. zu dieser Frage wird durch folgende Aussprüche von CH. DARWIN charakterisiert: „Die Theorie der natürlichen Zuchtwahl involviert, daß eine Form unverändert bleiben wird, wenn nicht irgend eine Änderung ihr zum Vorteil gereicht“, und ferner: „Wenn wir auf Einzelheiten eingehen, so können wir nicht beweisen, daß eine einzelne Art sich verändert hat, und auch nicht, daß die angeblichen Veränderungen vorteilhaft sind, was das Fundament der Theorie ist, und wir können auch nicht erklären, weshalb einige Arten sich verändert haben und andere nicht.“

Die meisten Naturforscher von heute werden wahrscheinlich diesen DARWINschen Worten zustimmen. Die Theorie der natürlichen Zuchtwahl als eine Erklärung der Entwicklung in der Vergangenheit kann

man nicht beweisen, und wir sehen uns außerstande, von ihr Gebrauch zu machen, um die Aufeinanderfolge einzelner Vorgänge zu erklären, welche zur Bildung gegenwärtig vorhandener Eigentümlichkeiten führen. DARWIN hat auch die Möglichkeit zugegeben, daß eine Gruppe von Tieren „durch die Natur des Organismus und der äußeren Bedingungen, aber nicht durch natürliche Zuchtwahl“ entstanden seien. Diese Feststellungen haben besonderes Gewicht für die Fische, und unschwer lassen sich zahlreiche Fälle anführen, in denen die Veränderungen alles andere als vorteilhaft gewesen sind und doch zu einem Fortbestand und einer Vermehrung der Art geführt haben.

Nur ein solcher Fall sei hier als Beispiel aufgeführt. Der Sonnenfisch (*Orthogoriscus*) macht als winzige Larve ein Entwicklungsstadium durch, welches man mit Wassersucht bezeichnen könnte. Der natürliche Gang der Entwicklung kommt zum Stillstand, die gewöhnlichen Muskeln und die Nervenstränge degenerieren oder entwickeln sich nicht weiter, und die Larve wird für einige Zeit im Wasser herumgerollt wie ein hilfloses Gelatinetropfen. Aber das Leben bleibt bestehen, die Form ändert sich wieder, neue Muskeln ersetzen die alten, neue Nervenverbindungen werden hergestellt, und es gelingt dem Sonnenfisch, sich zu einem der größten Fische zu entwickeln, mit einer Keimfruchtbarkeit, wie sie kaum anderweitig im Tierreich beobachtet ist. Eine Untersuchung der Eigenschaften des erwachsenen Sonnenfisches gibt keine Aufklärung über seine Vorfahren.

Wenn wir sehen, daß Fische trotz mangelhafter Gleichgewichtsverhältnisse durch ihre Gebarung einem Schicksal entgehen, dem sie durch Vererbung und natürliche Zuchtwahl gleichermaßen verfallen zu sein schienen, so müssen wir wohl glauben, daß dem lebenden Organismus eine Kraft innewohnt, die diesen beiden überlegen ist.

Wie man mit diesem Schluß vor Augen die Phänomene im Leben der Fische zu erklären und zu verstehen imstande ist, das ist in diesem Buche ausführlich dargelegt.

In dieser Hinsicht gehören zu den wichtigsten Kapiteln IV und V, welche die Entstehung der Merkmale des Kopfes, der Knochen, Flossen u. a. beschreiben, Kap. VIII, welches die Variationen und Mutationen der Fische, und Kap. XI, welches den Ursprung und die Entwicklung von Anpassungen behandelt. Wie man weiß, gibt die Zuchtwahllehre keine Erklärung über die Entstehung von Veränderungen; sie nimmt an, daß dieselbe „fortuitous“ oder zufällig ist. In diesen Kapiteln aber zeigt der Verf., daß man den Ursprung und die weitere Entwicklung aus natürlichen Ursachen und Regeln erklären kann. Die Fische stehen auf einem so niedrigen Niveau, daß man sehen kann, wie die Eigenschaften — sowohl im Bau wie in der Form — zuerst nicht nützlich sind. Dann machen diese Eigenschaften eine Periode durch, in der sie entweder nützlich oder unnütz sein können, und schließlich folgt die Periode, in der der Fisch durch spezielle Anwendung die Eigenschaften zu bestimmten Zwecken braucht (wirkliche Anpassung). Viele Beispiele von diesen Entwicklungsphasen werden vom Verf. angeführt, Hautknochen, Stacheln, Schwimmblase, Reusenfortsätze der Kiemenbogen u. a. m. Es ist offenbar, daß der Naturforscher unabhängig von jeder Theorie solche Tatsachen ins Auge zu fassen hat. Über das gesamte Gebiet der Lebenserscheinungen bei den Fischen verbreiten diese Darlegungen neues Licht.

Ebenso lehrreich sind die Kap. IX und X über die Stammesgeschichte und die Verbreitung der Fische.

Aus ein und derselben pelagischen Form sind alle Fische hergeleitet, und ein Bild von der allmählichen Ausbreitung in Zeit und Raum und den Verwandlungen dieser Form wird uns unter Zuhilfenahme der WEGENERSchen Theorie vorgeführt. Der Schluß, daß diese Stammform den Knochenfischen und nicht den Knorpelfischen zugehörte, wird vom Verf. in nachdrücklicher und überzeugender Weise gezogen.

Praktische Fragen, die Ergiebigkeit des Meeres (Kap. XIII), die Lebensverhältnisse der Fische (Kap. XII), die vermutlichen Ursachen der Laichwanderungen (Kap. III) u. a. betreffend, werden ebenfalls eingehend erörtert.

Ein letztes wichtiges Kapitel (XIV) behandelt das Geistesleben der Fische, wobei die Erscheinungen desselben durch viele Einzelheiten in anziehender Weise belegt werden. Wer möchte glauben, daß alle die Empfindungen, die wir beim Menschen kennen, in irgendeiner Form auch schon bei Fischen vorhanden sind.

Dieser Hinweis auf den Inhalt einzelner in ihrer Behandlung des Stoffes besonders originaler Kapitel läßt erkennen, daß der Verf. bestrebt war, die Methoden und Hilfsmittel der exakten Naturforschung in einem Maße zur Anwendung zu bringen, das für die Behandlung spezifisch biologischer Fragen bisher nur selten erreicht worden ist. E. EHRENBAUM, Hamburg.

BRANDT, A., *Sexualität. Eine biologische Studie.* Dorpat 1925. (In Kommission bei E. Reinhardt, München.) 172 S. 17 × 24 cm. Preis 5 Goldmark.

Die vorliegende Studie über Sexualität ist als erster spezieller Teil gedacht zu einer Fortsetzung, in welcher die biologisch-soziologische Begründung des Feminismus gegeben werden soll; der Verf. gibt darin, in durchaus abgeschlossener Form, eine Übersicht über alle Fragen des zu allen Zeiten interessierenden Sexualitätsproblems.

Als Anfänge der Sexualität sieht Verf. den „Kannibalismus“ an; d. h. die Erscheinung, daß gleiche Einzeller primitivster Art miteinander verschmelzen, sich also gegenseitig gleichsam fressen. Der SCHILLERSche Gedanke, daß Hunger und Liebe allein das Getriebe erhalten, wäre demnach so zu erweitern, daß die beiden Faktoren nichts Gegensätzliches enthalten, sondern die „Liebe“ nur eine spezielle Form des „Hungers“ darstellt. Aus dem Üblichwerden solcher Vorgänge mag sich dann echte Sexualität entwickelt haben; wie sie sich ausbildet, bleibt allerdings noch in Dunkel gehüllt.

Um seine Gedankengänge näher zu erläutern, geht Verf. auf die Fortpflanzung niederer Algen ein: Die dort neben größeren Makrogameten auftretenden kleineren Mikrogameten sind vielleicht so zu erklären, daß bei ihnen eine stärkere Zellteilung stattfand und sie demnach einer anderen Zellgeneration angehören als die Makrogameten. Mit Herstellung typischer Makrogameten, die als ♀, und Mikrogameten, die als ♂ bezeichnet werden müssen, wäre dann eine regelmäßige Sexualität erzielt. Bedauerlicherweise konnten an dieser Stelle die neuen Untersuchungen HARTMANNs über relative Geschlechtlichkeit (Biol. Zentralbl. 1925) nicht mehr berücksichtigt werden, die ganz besonders geeignet sind, auf die Entstehung der Sexualität bei Algen Licht zu werfen.

Da es Lebewesen gibt, die keiner Befruchtung bedürfen, weil sie noch keine Sexualität haben, und ferner solche, die trotz vorhandener Sexualität keine Befruchtung nötig haben, kommt Verf. am Schluß seines Kapitels zu Folgerungen von der Unsterblichkeit der Protozoen.

Bei der Besprechung der Geschlechtszellen der Metazoen bespricht Verf. ausführlich die Trennung in

Soma- und Propagationszellen. Er stimmt der WEISMANNschen Keimplasmatheorie *nicht* zu, besonders deshalb, weil die Gonaden häufig auch von Somazellen regeneriert werden; ferner spricht gegen die Keimplasmatheorie „die nunmehr durch Beobachtung und Experiment zur Genüge bewiesene Erblichkeit auch erworbener Eigenschaften“, für die Verf. ein gestutzschwanziges Foxterrierpärchen anführt, bei dem unter 12 Jungen 7 Stummelschwänze waren.

Ebensowenig wie zwischen Soma- und Keimzellen will Verf. eine Gegensätzlichkeit zwischen männlichen und weiblichen Fortpflanzungsprodukten gelten lassen und hebt bei der Beschreibung der Ei- und Samenelemente infolgedessen stets die Ähnlichkeit hervor. „Trotz der extremen Unterschiede auf typisch höchsten Stufen bleiben beiderlei Geschlechtszellen genetisch und morphologisch innig miteinander verknüpft.“

Bei den im 3. Kapitel behandelten Reduktionserscheinungen der Geschlechtszellen polemisiert Verf. gegen den Ausdruck „Reifeteilung“ und schlägt dafür Eiverjüngung vor. Er gibt der Vermutung Ausdruck, daß die dabei stattfindenden Teilungen mit ihren Chromatinverlusten einen Chromatinhunger erzeugen, der dann die Kopulation in die Wege leitet; eine Annahme, die wohl nicht überall widerspruchsflos angenommen werden dürfte.

Die Schilderung der Befruchtung selbst (IV. Kap.) gibt Gelegenheit, derartige Gedankengänge weiter auszuspinnen. Auch hier stellt Verf. die Bedeutung trophischer Erscheinungen in den Vordergrund und läßt die gegenseitige Annäherung der Geschlechter aus dem Bestreben hervorgehen, sich einander zu bemächtigen und zu verspeisen. „Hier findet die bekannte Vermutung Anschluß, der menschliche Kuß wurzele auf einem gastronomischen Genuß. Den Nahrungstrieb als Ausgangspunkt des Geschlechtstriebes betrachtend, verstehen wir auch die erotisierende Wirkung des Kusses.“

Die verschiedenen Fortpflanzungsarten leitet Verf. von der *Teilung* ab. Verschiebt sich bei der einfachen Teilung in 2 Stücke das Größenverhältnis zugunsten der einen Hälfte, so daß eine größere und eine kleinere entsteht, so sprechen wir von *Knospung*; bei noch stärkeren Unterschieden der Teilstücke schließlich kommt es zur Ablösung immer kleinerer Partien und schließlich zu Einzelzellen, die darauf, unter ständiger Vermehrung, in einer Reihe von Regenerationsvorgängen „in Kürze die phylogenetische Gesamtskala des betreffenden Wesens rekapitulieren“.

Fakultativ ist *jede* Zelle dazu imstande, einen neuen Organismus den Ursprung zu geben; doch sind es in erster Linie indifferent gebliebene oder gewordene Zellen, auf welche die Fortpflanzung übertragen wird; hierbei pflegen diese Zellen durch Hinzukommen von Hüllen, Nährstoffen oder sogar Nährzellen für ihren Zweck besser ausgerüstet zu werden und so die oftmals außerordentlich komplizierten Eier zu bilden, denen wir bei höherer Differenziertheit begegnen.

Man sieht auch aus den hier wiedergegebenen Äußerungen, daß Verf. sich nicht auf den Boden der Keimplasmatheorie stellte. Am Schluß seiner Ausführungen über die verschiedenen Fortpflanzungsarten betont er dies noch einmal ausdrücklich mit den Worten, daß ein „prinzipieller Gegensatz zwischen den somatischen und propagatorischen Zellen aufgehoben“ sei, und führt einige Beispiele für diese seine Meinung an.

In dem Kapitel über den Ursprung der Geschlechter werden die einzelnen einschlägigen Hypothesen über die Geschlechtsbestimmung einer Kritik unterworfen; alle auch nur anzuführen wurde unterlassen, da gegenwärtig ihre Zahl auf annähernd 500 geschätzt wird.

Verf. kommt zu dem Schluß, daß die Sexualität als labile Anpassungserscheinung zu betrachten ist, und hält es aus diesem Grunde für erklärlich und verständlich, daß verschiedenartige, selbst ganz leichte Beeinflussungen bei der Differenzierung des Geschlechtes maßgebend sein können. Es vermag demnach sowohl der Chromosomenbestand der Keimzellen wie auch der Dimorphismus der Eier und Spermien, ferner das Alter der Geschlechtsprodukte sowie die selbständige Umstimmbarkeit der Sexualdrüsen, endlich eine spätere Zufuhr von Nahrungsstoffen oder der Einfluß von Temperatur- und anderen Außeneinflüssen das Geschlecht in dieser oder jener Richtung endgültig bestimmen. Wir sehen daher „alle so unendlich lang gehegten Hoffnungen, das Sexualproblem durch eine spezifische einheitliche Lösung zu erklären, zuschanden werden.“ „Wenn wir aber trotzdem sämtliche in den Einzelfällen maßgebende geschlechtsbestimmende Ursachen unter einen Hut zu bringen versuchen, so kann das nur innerhalb eines sehr weiten Gebietes von Phänomenen geschehen, wie des der trophischen Beeinflussungen im weitesten Sinne des Wortes.“

Da Verf. die sexuellen Vorgänge nicht streng von trophischen Erscheinungen abgrenzt und männliche und weibliche Tendenzen nicht prinzipiell verschieden sein läßt, ist es verständlich, daß für ihn auch bei den ausgebildeten Organismen besonders die Formen interessieren, bei denen die sexuellen Zustände keine unwandelbaren sind. Er führt im 7. Kapitel eine große Anzahl solcher Organismen an und kommt zu einer Ablehnung der Theorie, welche bereits die geschlechtlich noch nicht differenzierten Embryonalzellen hermaphroditisch sein läßt. Er hält es für eine gekünstelte, dualistische und daher entbehrliche Auffassung; „indifferent in ihren phyletischen Urfängen, sind die Fortpflanzungszellen und mit ihnen auch die entsprechenden Gonaden“ vielmehr als „asexuell“ zu betrachten.

Auf dem Gebiete der accessorischen Geschlechtsmerkmale ist die Zahl der Beispiele und ihrer Erklärungsversuche so außerordentlich angewachsen, daß schon eine Aufzählung unmöglich erscheint. Verf. kommt nach einer Kritik dieser Erscheinungen im 8. Kapitel, in dem auch die neuesten Ergebnisse von HARMS, STEINACH u. a. gewürdigt werden, zu dem Schluß, anstatt zwei sich bekämpfender Geschlechtsimpulse nur einen einzigen anzunehmen: den männlichen, welcher den weiblichen = indifferenten in seinem Sinne modifiziert und differenziert. Macht er sich gar nicht geltend, so entsteht ein reines Weibchen; kommt er in schwachem Maße zum Durchbruch, so entstehen Zwischenformen, die bald mehr männlicher, bald mehr weiblicher Natur sein können. Tritt der männliche Impuls endlich voll und ganz in Szene, so entsteht ein reines Männchen; und da der progressive männliche Impuls nicht nur in der Keimdrüse konzentriert auftritt, sondern auch den gesamten Organismus zu durchdringen vermag, kommt es am Endpunkt der Reihe zur Ausbildung von „Vollmännchen“, die sich in jeder Weise von „Vollweibchen“ sofort unterscheiden.

Dem vollkommenen Männchen und Weibchen als Ganzes ist das letzte Kapitel gewidmet, das allgemeiner gehalten ist. In diesen Schlußfolgerungen wird mit der Annahme einer unbedingten Prävalenz des Maskulinums über das Femininum gebrochen, die sich lediglich aus der Betrachtung der Verhältnisse beim Menschen und den ihm nahestehenden Säugern ergab. Tatsächlich ist eine solche Annahme männlicher Prävalenz aber als Ausnahme zu werten: denn schon bei

den Vögeln überwiegen die Weibchen die Männchen häufig bedeutend an Größe, und bei den Fischen wird dies bereits zur Regel. Bei einer großen Anzahl niederer Tiere wird das Größenverhältnis zugunsten der Weibchen so verschoben, daß man dort von Zwergmännchen redet. Auf derartigen Beobachtungen fußend, wird von manchen Autoren das männliche Geschlecht geradezu als Hungergeneration bezeichnet!

Wenn dies bei den Menschen und Säugern sowie einer Anzahl anderer Tiere den Tatsachen zuwiderläuft, so liegt dies daran, daß hier Kämpfe zwischen den Männchen um die Weibchen stattfinden und dadurch nur die stärksten Individuen zur Fortpflanzung kommen. Auch dort ist aber der Unterschied der Geschlechter niemals sehr groß, und „Zwergweibchen“ vollends sind nirgends bekannt.

Wie aus den kurzen Inhaltsangaben der einzelnen Kapitel hervorgeht, ist das Buch BRANDTS für den Laien sowohl als auch für den Fachmann eine lesenswerte Lektüre; neben einer Ordnung des umfangreichen Materials aus älterer und neuerer Zeit bietet es vielseitige Anregung, und zwar nicht nur dann, wenn man sich mit den Gedankengängen des Verf. einverstanden erklären kann, sondern auch an Stellen, wo man zum Widerspruch herausgefordert wird.

W. GOETSCH, München.

BETHE, A., G. v. BERGMANN, G. EMDEN und A. ELLINGER, *Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie, mit Berücksichtigung der experimentellen Pharmakologie*. Bd. VIII/1. I. Energieumsatz. Berlin: Julius Springer 1925. X, 654 S. und 136 Abbildungen. 17 × 26 cm. Preis geh. 45.—, geb. 49,50 R.-M.

Vor kurzem wurde an dieser Stelle auf das Erscheinen des neuen Handbuches der Physiologie hingewiesen, sein Plan und die Anordnung des Inhaltes besprochen und zugleich über den zuerst erschienenen Band 2 Bericht erstattet. Sehr schnell schon ist diesem Bande als zweiter derjenige gefolgt, der sich mit einem Teil des Energieumsatzes befaßt, nämlich mit der *mechanischen* Energie, d. h. mit den verschiedenen bei den organischen Wesen zu beobachtenden Bewegungsformen.

Die Einteilung ist derart, daß zunächst die im wesentlichen bei den niedersten Lebewesen, aber auch bei den Leukocyten der in der Tierreihe am höchsten stehenden Wesen wirkliche *Protoplasma-bewegung* eine Besprechung erfährt, wobei auf die neueren Anschauungen ihres Wesens, ob es sich um Kontraktion des Protoplasmas handelt oder nicht, und allgemeiner auf die Theorie ihres Zustandekommens eingegangen wird. — Es folgt eine Behandlung der Bewegungserscheinungen an den mit *Myoidfäden* ausgestatteten niedersten Wesen, d. h. mit Organen, die als Vorläufer der Muskeln zu betrachten sind. Beide Artikel stammen aus der Feder von SPEK, Heidelberg. — Anschließend daran werden die *Wachstumsbewegungen bei Pflanzen* von SIERP, München, und die Bewegungen kontraktiler Organe an Pflanzen von K. STERN, Frankfurt a. M. abgehandelt, wobei besonders letztere eingehend nach der physikalischen Seite hin erörtert werden.

Den bei weitem größten Teil des Bandes nimmt natürlich die *Muskelpysiologie* ein, deren einzelne Abschnitte von den zur Zeit hervorragendsten Vertretern bearbeitet worden sind. Der ganze Stoff ist in folgende Unterkapitel eingeteilt: *Histologische Struktur und optische Eigenschaften der Muskeln* (HÜTHLE und WACHHOLDER, Breslau), *physikalische Chemie des Muskels* von NEUSCHLOSZ, Rosario, *mechanische Eigenschaften* des Muskels und Verlauf der Muskelkontraktion von WALLACE O. FENN. An diese Kapitel reiht sich die Dar-

stellung des *Muskeltonus* sowie gesondert davon der *Kontraktur* und *Starre*, beide von RIESSER. Die Beziehungen zwischen Nerv und Muskel bearbeiteten FÜHNER und KÜLZ. — Gesonderte Kapitel befassen sich mit dem Einfluß anorganischer Ionen auf die Tätigkeit des Muskels (NEUSCHLOSZ) und dem pharmakologischer Agenzien (RIESSER-SIMONSON). In den letztgenannten Kapiteln wird neben der Skelettmuskulatur zugleich auch das Verhalten der glatten Muskulatur besprochen. Sehr eingehend berichten dann EMDEN, zum Teil in Verbindung mit Schülern über die *chemischen Vorgänge bei der Muskelkontraktion*, unter Anschließung eines Kapitels über den chemischen Aufbau der Muskelsubstanz. Die in diesem Abschnitt mitgeteilten Beobachtungen verdienen besonderes Interesse, weil sie über die chemischen Vorgänge bei der Muskelkontraktion ganz neue Kenntnisse vermittelt und — nach der chemischen Seite hin — unser Wissen von den Vorgängen bei der Muskelverkürzung hervorragend gefördert haben.

Dasselbe gilt von den nachfolgenden von MEYERHOF bearbeiteten Abschnitten über die *Atmung* des Muskels mit und ohne Sauerstoff und mehr noch von der *Thermodynamik* des ruhenden und tätigen Muskels und der Theorie der Muskelarbeit, die sich auf letztere aufbaut. Über die neuartigen Anschauungen, die sich durch die Untersuchungen nicht zum wenigsten von MEYERHOF selbst ergeben haben, hat dieser in den „Naturwissenschaften“ wiederholt selbst berichtet. — Entsprechend dem allgemeinen Plan des Werkes schließt sich ein *pathologisches* Kapitel an über *Degeneration* und *Regeneration* der Muskeln, über *Transplantation*, *Hypertrophie* und *Atrophie* und über *Myositis* (JAMIN, Erlangen). Besonders ausführlich werden die verschiedenen Formen der Atrophie und die Theorien über ihre Entstehung gewürdigt. — Ein mehr *klinisches* Kapitel über *Elektro-Diagnostik* und *Elektrotherapie* stammt von KRAMER, Berlin.

Der letzte Abschnitt des Werkes handelt von der *Wirkung der Muskeln im Körper*, (E. FISCHER und W. STEINHAUSEN). Er betitelt sich „allgemeine Physiologie der Wirkung der Muskeln im Körper“, und dementsprechend wird in ihm von den Gesetzen gehandelt, die den Muskelbewegungen im Körper zugrunde liegen

von den Schwerpunkten der einzelnen Teile und ihrer Beziehung zum Gesamtschwerpunkt, von den verschiedenen Formen der Gelenke und der Art, wie die Muskeln an ihnen angreifen, alles dieses im wesentlichen im Anschluß an die Versuche von BRAUNE und FISCHER und an deren mathematische Ableitungen. Vielleicht hätte mancher neben den *allgemeinen* Ausführungen auch speziellere Hinweise gewünscht über die Gewichte, Schwerpunkte und Trägheitsmomente der einzelnen Körperteile, während nun Interessenten für diese Punkte auf die *Tabulae Biologicae* hingewiesen werden.

Auch dieser Band bringt, wie der erstbesprochene, den Leser auf die Höhe des gegenwärtigen Wissens, und zur Zeit gibt es kein zweites Werk, das in gleicher Ausführlichkeit und Zusammenfassung in das weite und über eine Reihe von Wissenschaften sich erstreckende Gebiet der Muskelphysiologie einführt.

A. LOEWY, Davos.

ENGLER, A., und K. PRANTL; *Die natürlichen Pflanzenfamilien*. 2. Aufl. 21. Band: *Parietales* und *Opuntiales*. Leipzig: Wilhelm Engelmann 1925. 660 S., 288 Textabb. und 1 Tafel. 17 × 24 cm. Preis geh. 42, geb. 48 Goldmark.

Über Zweck und Bedeutung dieses Werkes in seiner neuen Auflage sind die Leser dieser Zeitschrift schon durch die Berichte über die beiden zuerst erschienenen Bände unterrichtet worden. (Naturwissenschaften 12, 1195, 1924; 13, 968, 1925). Der vorliegende Band enthält Kakteen und die Reihe der *Parietales*, die durch eine stattliche Zahl meist kleiner Familien ausgezeichnet ist. Diese Familien, zu denen aus der heimischen Flora z. B. die *Guttiferen*, *Cistaceen* und *Violaceen* gehören, sehen äußerlich recht verschieden aus. Sie werden untereinander auch nur gruppenweise in nähere verwandtschaftliche Beziehung gesetzt, und der Anschluß dieser Gruppen wird an ganz anderen, zum Teil recht tief gelegenen Stellen des Systems gesucht. Die Zusammenfassung zu einer Reihe rechtfertigt eine ungefähr gleiche Organisationshöhe der *Familientypen*. Lehrreiche Angaben hierüber bietet die von ENGLER verfaßte Einleitung.

FR. MARKGRAF, Berlin-Dahlem.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Der Herausgeber hält sich für die Zuschriften und vorläufigen Mitteilungen nicht für verantwortlich.

Über die Abtrennung des Milchsäure bildenden Ferments vom Muskel und einige seiner Eigenschaften.

Während die hydrolysierenden Fermente verhältnismäßig leicht vom Leben und der Struktur der Zelle abgetrennt werden können und bei einigen von ihnen neuerdings, vor allem durch WILLSTÄTTER und H. v. EULER, eine weitgehende Reinigung erreicht ist, ist dies für die Fermente, die die energieliefernden Reaktionen im Organismus katalysieren, nicht so weitgehend gelungen. Den ersten Erfolg auf diesem Gebiet erzielte bekanntlich E. BUCHNER durch Gewinnung eines gärenden, zellfreien Hefepreßsaftes, aus dem sich das Gärungsferment „Zymase“ durch Fällung mit Aceton oder Alkohol-Äther niederschlagen ließ. Mit ähnlichen Methoden gelang es später WARBURG und dem Verfasser, auch das Atmungsferment vom Leben und der Struktur

der Zelle in einem gewissen Umfang abzutrennen (bei Seeigeleiern, Bakterien, Leberzellen, Hefe)¹⁾.

Eine besondere Bedeutung als energieliefernde Reaktion spielt die Spaltung von Zucker in Milchsäure, vor allem im Muskel, da sie hier die Quelle der Arbeitsleistung ist. Schon frühzeitig stellten EMDEN und seine Mitarbeiter²⁾ aus Muskeln, sowie aus einigen anderen Organen Preßsäfte nach BUCHNER her, die eine spontane Milchsäurebildung aufwiesen und imstande waren, aus zugesetzter Hexosediphosphorsäure [der von HARDEN und YOUNG entdeckten Zwischenform

¹⁾ O. WARBURG und O. MEYERHOF, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 149, 250. 1912; O. WARBURG, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 154, 599. 1913; O. MEYERHOF, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 170, 307, 428. 1918.

²⁾ EMDEN, KALBERLAH und ENGEL, Biochem. Zeitschr. 45, 45. 1912; EMDEN, GRIESBACH und SCHMITZ, Zeitschr. f. physiol. Chem. 93, 1. 1914/15.

der alkoholischen Gärung¹⁾) weiter Milchsäure zu bilden, sich aber gegenüber Glykogen und Traubenzucker unwirksam erwiesen. Während, wie der Verfasser zeigte, nach bloßer Zerstörung der groben Struktur (Zerschneidung) das Muskelgewebe zugesetzten Traubenzucker, Hexosediphosphorsäure und Glykogen in ähnlichem Maß in Milchsäure spalten kann²⁾, schwindet nach LAQUER durch Gefrieren in flüssiger Luft diese Fähigkeit gegenüber dem Traubenzucker, bleibt aber gegenüber dem Glykogen erhalten³⁾. Die bisherigen Methoden zur Abtrennung des Fermentes waren jedoch unvollkommen, und die Wirksamkeit der Präparate beschränkt. So ist selbst der Muskelpreßsaft nicht völlig strukturlos, sondern stellt eine dichte Körnchensuspension dar (Myosin granula von BOTTAZZI). Auch ist seine fermentative Kraft nicht sehr groß. (Nach EMBDEN werden im ganzen etwa 0,1–0,2% Milchsäure spontan, weitere 0,05–0,1% aus zugesetzter Hexosediphosphorsäure gebildet.)

Wie neuere Versuche zeigten, gelingt es verhältnismäßig leicht, durch Extraktion vorsichtig zerkleinerter Frostmuskulatur mit unterkühlter, isotonischer KCl-Lösung (bei -1° bis -2°) und scharfes Zentrifugieren einen völlig durchsichtigen, granulafreien Auszug zu gewinnen, der eine gleichmäßige und starke enzymatische Wirksamkeit besitzt, dagegen nahezu frei von spaltbarem Kohlenhydrat ist und daher spontan fast keine Milchsäure bildet. Mit diesem lassen sich die Eigenschaften des „glykolytischen“ Fermentes, hinsichtlich seiner Spezifität gegenüber den verschiedenen Zuckern, seiner Abhängigkeit von Milieubedingungen, seiner Kinetik ebenso leicht studieren, wie dies für die Zymase in den Hefeextrakten nach BUCHNER oder v. LEBEDEVW möglich ist. Aus der in Gang befindlichen Untersuchung seien hier die folgenden Resultate mitgeteilt:

Der richtig hergestellte Extrakt bildet Milchsäure aus Glykogen und Stärke mit einer in mehreren Stunden langsam abfallenden Geschwindigkeit von 0,15–0,2% Milchsäure pro Stunde (bezogen auf das Frischgewicht Muskulatur, das zur Herstellung diente), bei 20° und konstantem p_H von etwa 7,4. Es ist dies ungefähr $\frac{1}{3}$ der Geschwindigkeit der spontanen Milchsäurebildung zerschnittener Muskulatur. Jedoch wird auch durch mehrfache Extraktion der Muskel nicht an Ferment erschöpft. Vielmehr ist die abnehmende Wirksamkeit der folgenden Extraktionen hauptsächlich auf den Mangel an rascher auslaugbarem, kochbeständigem Koferment zurückzuführen. Bei Zusatz von diesem läßt sich in summa in den Extrakten ein größerer Umsatz erzielen, als er direkt in der Muskulatur erhalten werden kann, so daß hier die Geschwindigkeit jedenfalls nicht durch den Enzymgehalt, vielleicht aber durch den Kofermentgehalt begrenzt wird. Bezogen auf den Trockengehalt ist die Spaltungsgeschwindigkeit des ersten Extraktes 5mal so groß wie in der zerschnittenen Muskulatur oder roomal so groß wie im intakten Muskel. Das Enzym ist also leicht wasserlöslich. Es läßt sich aus der Lösung mit Aceton niederschlagen und nach Waschen mit Äther trocknen, doch hat es nach Wiederauflösung nur noch höchstens $\frac{1}{5}$ seiner vorherigen Wirksamkeit behalten. Auch sonst ist es sehr empfindlich. Die wässrige Lösung verliert ohne

Kohlenhydratzusatz schon in einigen Stunden den größten Teil ihrer Wirksamkeit und hält sich auch in Eis nur $\frac{1}{2}$ Tag; bei 37° wird sie fast momentan inaktiv. Das Ferment ist durch Berkefeldkerzen filtrierbar; auf dem Ultrafilter läßt sich das früher nachgewiesene dialysable und kochbeständige Koferment⁴⁾ abtrennen, das den an sich unwirksamen Rückstand zu Milchsäurebildung aktiviert. Auch hier läßt sich die Wiederaanregung des Rückstandes nicht allein durch Muskelkochsaft, sondern auch durch Hefekochsaft erreichen, wie es für die Atmung der Muskulatur beschrieben wurde.

Die Fähigkeit der Enzymlösung zur Milchsäurespaltung ist auf bestimmte Kohlenhydrate beschränkt. Die Hexosen, darunter der Traubenzucker, ebenso die Disaccharide, wie Maltose, Amylobiose (PRINGSHEIM), werden nur ganz schwach angegriffen, ebenso wie in den oben erwähnten Versuchen LAQUERS. Dagegen ist bei mittleren Konzentrationen (0,2–0,5%) die Geschwindigkeit der Milchsäurebildung nahezu gleich aus Glykogen, Stärke, deren Bestandteilen Amylopektin und Amylose und Trihexosan aus Amylopektin [PRINGSHEIM]⁵⁾, während das aus Amylose gewonnene Dihexosan deutlich etwas schwächer wirkt, zumal bei noch kleineren Konzentrationen (0,05–0,15%). Die besondere Wirksamkeit des Trihexosans stützt die Auffassung H. PRINGSHEIMS⁶⁾, daß es aus dem labilen Grundkörper des Glykogens durch intramolekulare Umlagerung entsteht, wenn dieser bei der Desassoziierung aus dem Verbands des Kolloids in Freiheit gesetzt wird. Ja, bei noch höheren Konzentrationen (1–2%) sind die genannten Stoffe sogar dem Glykogen überlegen, wahrscheinlich weil dieses erst langsam durch das diastatische Ferment im Muskel zu den Abbaustufen gelangt, die bei den Stärkespaltprodukten auf rein chemischem Weg (Erhitzen in Glycerin) oder unvollendete amylolytische Spaltung erreicht worden sind. Außer diesen höheren Kohlenhydraten bilden Milchsäure Hexosediphosphorsäure (aus Hefe), die hieraus von NEUBERG gewonnene Fructosemonophosphorsäure⁴⁾ und die ROBISONsche Hexosemonophosphorsäure⁶⁾. Während man darin ein weiteres Argument zugunsten der Beteiligung einer Zuckerphosphorsäure an der Bildung der Milchsäure im Sinne EMBDENS erblicken darf, erscheint es nicht erlaubt, die genannten Hexosephosphorsäuren einfach als Intermediärprodukte der Kohlenhydratspaltung anzusprechen. Vielmehr ist die Spaltungsgeschwindigkeit von Stärke und Glykogen höher als die der Phosphorsäureester; ja sogar wenn sie mit letzteren nahezu auf Null gesunken ist, ohne daß die Ester aufgebraucht wären, läßt sich durch nachträglichen Stärkezusatz noch eine kräftige Milchsäurebildung hervorrufen. Zweifellos entsteht bei der Spaltung des Glykogens und der Stärke, genauer der Hexosane, eine aktive Hexosemodifikation, die unter Mitbeteiligung der Phosphorsäure in Milchsäure zerfällt. Hierzu stimmt auch, daß Phosphatzusatz zum Extrakt, etwa bis zu der im Muskel vorhandenen Konzentration, zwar die Geschwindigkeit der Milchsäurebildung aus Glykogen in den ersten

¹⁾ O. MEYERHOF, Zeitschr. f. physiol. Chem. 102, 1. 1918; Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 188, 148. 1921.

²⁾ H. PRINGSHEIM, Ber. d. dtsh. chem. Ges. 57, 1581. 1924.

³⁾ H. PRINGSHEIM, Naturwissenschaften 13, 1084. 1925.

⁴⁾ C. NEUBERG, Biochem. Zeitschr. 88, 432. 1918.

⁵⁾ ROBISON, Biochem. Journ. 16, 809. 1922; 17, 286. 1923.

¹⁾ HARDEN und YOUNG, Proc. of the roy. soc. of London, Ser. B. 80, 299. 1908; Biochem. Zeitschr. 32, 173. 1911.

²⁾ O. MEYERHOF, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 188, 114. 1921.

³⁾ F. LAQUER, Zeitschr. f. physiol. Chem. 122, 26. 1922.

Stunden verlangsamt, den Gesamtumsatz aber nicht unwesentlich erhöht.

Herrn Prof. HANS PRINGSHEIM bin ich für die Überlassung der von ihm dargestellten Stärkebestandteile, Herrn Prof. C. NEUBERG für Überlassung verschiedener Zuckerphosphorsäuren zu Dank verpflichtet.

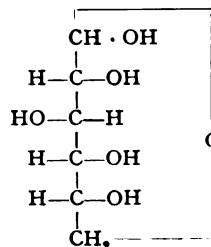
Berlin-Dahlem, Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie, den 25. Januar 1926. OTTO MEYERHOF.

Über eine stabile γ -Glucose.

Als γ -Zucker bezeichnet man Zucker mit von der normalen Lage abweichenden Sauerstoffringen. Aus Glucose, Galaktose, Mannose, Arabinose und Rhamnose sind bisher die γ -Formen nur in Gestalt von Derivaten, insbesondere von Methylglucosiden, dargestellt worden. Wegen der Instabilität der freien γ -Zucker ist es bisher in keinem Falle gelungen, sie in freiem Zustande oder gar krystallinisch zu isolieren; doch unterliegt es nach den neuesten Forschungen keinem Zweifel, daß sie in biologischen Umsetzungen als Zwischenprodukte, z. B. als Blutzucker, sowie als Konstituenten höherer Polysaccharide, vornehmlich der Stärke und des Glykogens eine große Rolle spielen.

Es ist mir nun (mit Fräulein S. KOLONNY) gelungen, durch Aufspaltung des Lävoglucosans mit kalter konzentrierter Salzsäure, nachdem wir die geringe Menge entstandener Glucose durch Vergärung entfernt haben, eine strukturisomere Form der Glucose zu gewinnen, woraus die Unvergärbarekeit des Zuckers folgt. Er ist in wässriger Lösung stabil ($[\alpha]_D = 85^\circ$), wird aber beim Erwärmen mit verdünnten Säuren leicht in normale Glucose umgewandelt. Durch diese Umwandlung ist die der Glucose eigentümliche Kohlenstoffkette und

Konfiguration bewiesen, aus der Bildung eines Pentacetates (verschieden von α - und β -Pentacetylglucose) ist auf die Anwesenheit von 5 Hydroxylen zu schließen. Es ist anzunehmen, daß der Körper aus dem Lävoglucosan (Glucoseanhydrid $<1,4>$ $<1,6>$) durch Öffnung der furoiden Sauerstoffbrücke durch Wasseranlagerung entstanden ist und somit folgende Konstitution besitzen muß:



Die Auffassung erhält eine Stütze durch den Methylierungsversuch, der nur zur Trimethylstufe führte, beim Erhitzen mit verdünnter HCl geht die Trimethyl- γ -Glucose in die bekannte 2,3,5-Trimethylglucose $<1,4>$ von entsprechender Drehung und Reduktionskraft über. Bei der Methylierung ist also trotz Anwesenheit eines freien 1-ständigen Hydroxyls keine Glucosidifizierung erfolgt; durch die Verschiebung der Sauerstoffbrücke von 6 nach 4 ist bewiesen, daß auch in 4-Stellung ein Hydroxyl war: die 5 Hydroxyle unserer γ -Glucose sind also an die C-Atome 1–5 verteilt, die labile Sauerstoffbrücke muß somit von 1 nach 6 gespannt sein.

Berlin, den 22. Februar 1926.

H. PRINGSHEIM.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

In der Fachsitzung am 14. Dezember 1925 hielt Herr Dr. H. LOUIS (Berlin) einen Vortrag über glazialmorphologische Beobachtungen im Albanischen Epirus. Die von Professor ERNST NOWACK in Wien im Auftrage der albanischen Regierung unternommene geologische Durchforschung Albaniens erforderte eine brauchbare topographische Grundlage für die geologische Kartierung. Es wurde also die Ergänzung der umfangreichen Kriegsaufnahmen der verschiedenen Besatzungsarmeen zu einer vollständigen neuen Karte von Albanien notwendig, denn neben den großen österreichischen und den sehr viel kleineren italienischen und französischen Aufnahmegebieten waren bedeutende Lücken geblieben. Deren Schließung wurde Aufgabe des Vortr., der in den Sommern 1923 und 1924 NOWACK auf seinen Reisen in Albanien begleitete. Der Vortr. benutzte den Sommer 1923 zu glazialmorphologischen Beobachtungen im Süden des Landes, dem albanischen Epirus. Das Land Albanien ist ein Teil des Dinarischen Gebirges, welches die ganze Westseite der Balkanhalbinsel einnimmt. Der albanische Abschnitt dieses Gebirges erhält seinen besonderen Charakter dadurch, daß hier die westlichen, im Sinne der Tektonik äußeren Stränge des Gebirges ein Bündel niedriger NNW-SSO streichender Rücken bilden, die aus den sandig-tonigen Gesteinen der Jungtertiärs bestehen. Die Rücken haben meist einfachen sattelförmigen Bau, die zwischen ihnen dahinziehenden, oft sehr breiten Längsfurchen sind Muldenregionen. Dieses sanftwellige Land mit seiner spärlichen xerophilen Vegetationsdecke, über dem im Sommer die heiße Luft flimmert, ist Niederalbanien.

Einen ganz anderen Charakter hat die Landschaft

im Osten, wo sich mauerartig die hohen Gebirge Inneralbanien erheben. Sie sind bis in den Sommer hinein mit Schnee bedeckt. Das Buchenwaldkleid, das sie in größeren Höhen tragen, verstärkt noch den Eindruck, daß an diesen Gebirgen eine ganz neue, andersgeartete Landschaft beginnt. Sie haben im Gegensatz zu den Rücken Niederalbanien einen recht komplizierten Falten- und Überschiebungsbau. Die Bewegungsrichtung weist, wie überall in den Dinariden nach Westen gegen die Adria.

Weiter im Süden bleibt zwar das tektonische Verhältnis der relativ einfach gebauten Küstengegenden zu dem kompliziert gebauten Inneralbanien ungefähr erhalten. Die orographischen Verhältnisse aber ändern sich vollkommen. An die Stelle von Niederalbanien tritt Epirus.

Schon südlich des Semeni-Flusses in der Landschaft Malakstra wachsen die streichenden Fortsetzungen der niederen Rücken Niederalbanien zu ganz ansehnlichen Gebirgskämmen empor, deren Höhen sich um 1000 m herum bewegen. Unter dem Mantel des Jungtertiärs hebt sich dabei zuerst der alttertiäre Flysch heraus. Schließlich kommen unter dem Flysch Nummuliten- und Rudistenkalkmassen zum Vorschein, die in großen Teilen des Mittelmeergebietes das Liegende des Flysches darstellen; sie bilden die hohen Gipfel. Die Entblößung der Kalke von ihrer Flyschüberdeckung ist so jung, daß die Erosion fast noch gar nicht in den Kalk einschneiden konnte. Daher haben die Kalkgipfel rundliche, plumpe Formen. So bildet die Malakstra das Übergangsglied zwischen Niederalbanien und Epirus.

Südlich der Breite von Vlorë, das die Italiener Valona nennen, werden aus den Kämmen hohe Gebirge von 1500 bis weit über 2000 m Höhe. Auch sie haben im großen noch die Form von mächtigen Rücken. In ihnen kommen die Kalke zu voller Entfaltung. Der früher vorhandene Mantel der jüngeren sandig-tonigen Gesteine ist jetzt in den Gebirgen abgetragen. In den Längstalfurken dagegen, überhaupt in den tiefer liegenden Gebieten herrscht der Flysch. Dürrig ist das Vegetationskleid. Weite Flächen werden in den tiefer gelegenen Gebieten von Felsheide ähnlich der dalmatischen Felsheide und von Gestrüppformationen eingenommen. Nur hier und da finden sich Reste lichter Eichenwälder, die einstmal wohl weit größere Räume bedeckt haben, und Hartlaubgehölze (Macchien). In den Hochregionen über 1200 m Höhe dehnen sich weite, meist dürrige Grasfluren. Sie bilden die Grundlage der Weidewirtschaft und sind durch Rodung von Wald wahrscheinlich stark vergrößert worden. Es handelt sich hier um Buchenwald, dem sich gelegentlich Tannen zugesellen; doch ist er gegenwärtig auf einzelne sehr kleine Parzellen an mattenreichen Nordhängen zusammengeschwunden.

Die mächtigen kahlen Kalkketten, welche in einem ganzen Bündel in langen Fluchten von NW nach SO nebeneinander herlaufen und durch tiefe, mit Flysch erfüllte Längsfurken voneinander getrennt werden, sind das Charakteristikum der epirotischen Landschaft. Der Bauplan dieser Ketten ist ebenso wie derjenige der Rücken Niederalbanien, deren streichende Fortsetzung sie sind, ein recht einfacher. Jedes Gebirge stellt im wesentlichen einen großen Schichtsaattel dar, der mehr oder weniger stark nach Westen hin überkippt oder überschoben ist. Die großen Längsfurken sind die den Aufsatellungen entsprechenden Muldenregionen.

Die gebirgsbildenden Bewegungen müssen hier wie in Niederalbanien, wo sie das Pliozän mitbetreffen, recht jung sein. Dafür spricht vor allem die Tatsache, daß das Gewässernetz in weitem Umfang älter ist als es die Gebirgskämme sind. Wir finden eine Menge antezedenter Durchbruchstäler, und selbst kleine Rinnale durchbrechen häufig mehrere Ketten. Die Einfachheit und Jugendlichkeit der Strukturen im albanischen Epirus, kurz, die geologische Verwandtschaft mit Niederalbanien ist auch für die Glazialformen des Gebietes von Bedeutung. Zu diesen übergehend definiert der Vortr. zunächst den Begriff der Schneegrenze als der Grenze zwischen Nährgebiet und Zehrgebiet eines Gletschers. Ihre Höhenlage läßt sich nach bekannten Methoden ermitteln, und jene Fläche, welche sie so erhaltenen Höhenwerte der Schneegrenze miteinander verbindet, bezeichnet Dr. Louis als Schneegrenzfläche. Sie liegt jetzt in einer großen Höhe, bis zu welcher die Berge nicht mehr emporreichen. Gegenwärtig gibt es in Albanien keine Gletscher mehr, doch waren solche zur Eiszeit in den Gebirgen vorhanden. Ein genaues Studium der Spuren, welche jene frühere Eisbedeckung hinterlassen hat, bietet heute die Möglichkeit, die damalige Höhe der Schneegrenzfläche zu bestimmen. Es ergab sich, daß sie an dem Nordteil der albanischen Küste 1400–1500 m hoch lag, nach dem Innern des Landes langsam anstieg und in den östlichen Grenzgebirgen 2100 m erreichte.

Der Vortr. erörterte dann die Glazialformen des Albanischen Epirus im einzelnen. An der Hand von Karten und Lichtbildern zeigte er, daß neben U-förmigen Trogtälern und anderen Glazialspuren insbesondere jene „Kare“ genannten Felsinseln vorkommen, die als typische Anzeichen einer früheren Gletschertätigkeit gelten, und die wir auch in deutschen Mittel-

gebirgen, z. B. den Schnee gruben des Riesengebirges finden. Unter den Karformen des Gebietes bestehen, trotzdem sie nahe benachbart sind und sich fast in der gleichen Höhenlage befinden, außerordentlich große Unterschiede. In dem 2500 m hohen Südteil des Nemerçkagebirges kommen riesenhafte karähnliche Nischen und ansehnliche Trogtäler vor, deren Gletscher in einem Falle bis ins Vjosëtal noch unter 400 m hinabreichten, in dem wenig niedrigeren Nordteil des Gebirges sind dagegen nur sehr unbedeutende Kare ohne Seitenwände als einzige Glazialspuren vorhanden. In dem westlich benachbarten Lunxheriëgebirge, das noch etwas niedriger ist, trifft man aber normale Kare und kleine Tröge an. Es erhebt sich die Frage nach der Ursache dieser auffälligen Abweichungen von der Regel, nach welcher das Ausmaß der Glazialformen in nahe benachbarten Gebieten hauptsächlich von der Höhe der vergletscherten Berge abhängt. Der Vortr. zeigte, daß weder starke Gradienten in den eiszeitlichen Klimafaktoren noch nacheiszeitliche Krustenbewegungen zur Lösung des Problems in Betracht kommen. Vielmehr sind die Verschiedenheiten im Aussehen und Ausmaß der Glazialformen auf Verschiedenheiten des vor-eiszeitlichen Zerschneidungszustandes der einzelnen Gebiete zurückzuführen. Diese Erklärung stimmt in ihren Folgerungen auch gut mit dem geologischen Bau des Albanischen Epirus überein.

Am 2. Januar 1926 berichtete Professor H. WINKLER (Hamburg) über seine botanische Forschungsreise in das Innere von Borneo. Der Hauptzweck war das Sammeln von Pflanzen für das Hamburger botanische Institut.

Eine zweimonatige Vorbereitung in dem weltberühmten botanischen Garten in Buitenzorg auf Java und eine weitgehende Unterstützung der Regierung von Niederländisch-Indien, die den Vortr. auf große Strecken umsonst beförderte und ihm den Garteninspektor aus Buitenzorg als Begleiter mitgab, setzten ihn in den Stand, nach der im tropischen Regenwald einzig möglichen SCHWEINFURTHSchen Methode (Verpackung der zwischen Papier gepreßten Pflanzen in zugelöteten, mit Alkohol gefüllten Blechkisten) wertvolles Material heimzubringen.

Die Reise begann in Pontianak, das 19 km von der Westküste Borneos, gerade unter dem Äquator gelegen ist und hauptsächlich von Chinesen bewohnt wird, die den Handel in Niederländisch-Borneo beherrschen. Das einheimische Element repräsentieren neben den Malaien, welche von verschiedenen Inseln her eingewandert sind, die Dajaker. Erstere sind Mohammedaner, und seit Jahrhunderten hat eine Vermischung dieser Völkerstämme stattgefunden.

Pontianak ist die Hauptstadt der Westabteilung von Niederländisch-Borneo, auf welche der Vortr. seine Reisen beschränkte. Sie wird von dem Kapoewasfluß entwässert, der mit 1150 km Länge etwa der Elbe gleichkommt, diese aber bei einer Abflußmenge von 396 000 cbm in der Minute um das Zehnfache an Wasserreichtum übertrifft. Noch 900 km oberhalb der Mündung ist der Strom etwa ebenso breit wie die Elbe bei Hamburg. Im Lauf des Jahres führt der Kapoewas zweieinhalbmal so viel Wasser ins Meer als der Nil.

Pontianak hat eine durchschnittliche Regenhöhe von 3212 mm, in den Gebirgen des Inneren ist sie jedoch vielleicht dreimal so groß. Trotzdem das Gebiet also zu den niederschlagreichsten Ländern der Erde gehört, ist das Klima verhältnismäßig angenehm, weil die Regengüsse sich auf die Zeit zwischen 6 Uhr abends und 3 Uhr morgens beschränken. Nur in 6 Fällen wurde am Tage Regen beobachtet.

Im Innern gibt es keine Verkehrsstraßen; man ist daher auf die Benutzung der Wasserwege angewiesen. Der Kapoewas und seine Nebenflüsse wurden zunächst mit einem Regierungsdampfer, dann mit Motorbooten und schließlich mit den 9 m langen und 1 m breiten Einbäumen (sampan) der Eingeborenen befahren. Schließlich mußte man in den Bachbetten waten. Besondere Gefahren bieten die Stromschnellen (riam) und die Hochwässer (bandjir), welche letztere gelegentlich ein Anschwellen des Flusses in einer halben Minute um 3 m und in einer Nacht um $7\frac{1}{2}$ m bewirken können. Die Oberläufe der Flüsse sind unbewohnt, da die Siedlungen der Dajaker nur an den noch befahrbaren Flußstrecken liegen. Ihre Dörfer bestehen in der Regel aus einem einzigen langen, auf Pfählen errichteten Haus, das auf der Flußseite eine offene Galerie, auf der Rückseite einzelne Kammern besitzt, die von je einer Familie bewohnt sind. Bei Bedarf wird das Haus durch Anbau verlängert, so daß es bei 1000—1400 Einwohnern 300—400 m lang werden kann. Da eine Reinigung nie stattfindet, so starren bei den meisten Stämmen diese Bauten von Schmutz und Ungeziefer, wie Ratten, Läusen, Wanzen, Krätzmilben usw. Im Gebiet des Melawi, eines linken Nebenflusses des Kapoewas, stehen vor den Häusern Figuren der Schutzgeister (temadu), sowie für jeden Verstorbenen ein Totenpfahl (pantar), dessen Länge dem Alter des Toten entspricht. Nach Ansicht der Dajaker wird die umherirrende Seele des Abgeschiedenen durch Tieropfer, die jetzt an die Stelle der früheren Menschenopfer getreten sind, veranlaßt, kein Unheil anzurichten, sondern sich in den ihr zugehörigen Totenpfahl zurückzuziehen.

Dieses von den Malaian in das Innere der Insel zurückgedrängte Volk ist früher wegen seiner Kopfgängerei, die heute nur noch vereinzelt ausgeübt wird, gefürchtet gewesen. Ein Dajak konnte keine Braut finden, wenn er nicht wenigstens einen erbeuteten Kopf aufzuweisen hatte. Mit bewunderungswürdigem Geschick verstehen es die Dajaker, ihre schmalen Boote stromaufwärts zu staaken und in den Stromschnellen hinaufzuziehen, indem sie sich mittels langer Haken an den Bäumen festhalten. Derartige Reisen zwischen den 60—80 m hohen Urwaldbäumen mit Orchideen und anderen epiphytischen Formen glichen einer Fahrt durch das Märchenland. Die gefährlichen Tiere, besonders die Krokodile, kommen zwar in der Ebene, aber nicht mehr an den Oberläufen der Flüsse vor. Orang-Utang und Malaianbär sind ungefährlich. Dagegen gibt es 125 verschiedene Arten von Schlangen, darunter viele giftige; nicht selten ist die große Riesenschlange *Python reticulatus*, von der einmal ein $3\frac{1}{2}$ m langes Exemplar während der Flußfahrt von einem Baum in das Boot fiel.

Unangenehmer und lästiger sind andere Tiere, Stinkwanzen, Moskitos, kleine Stechfliegen, die selbst durch die engen Maschen des Moskitonetzes schlüpfen, vor allem aber Blutegel, welche in Milliarden den Urwald bewohnen, in allen Größen bis zu 10 cm Länge auftreten, den Menschen anspringen und durch die engsten Öffnungen der Kleidung, Knopflöcher, Schnurlöcher

der Stiefel usw. dringen. Ihre Bisse bluten stundenlang, weil sie eine Substanz in die Wunde spritzen, die das Gerinnen des Blutes verhindert. Diese Plagegeister machen den Aufstieg durch die zwischen 700 und 900 m gelegene Urwaldzone fast unmöglich.

Die ursprüngliche Vegetation des jungfräulichen Urwaldes ist in rapidem Schwinden begriffen. Die Dajaker schlagen die Stämme nieder, bauen auf der abgeholzten Fläche ihren Trockenreis, roden im nächsten Jahr ein neues Stück und kehren erst nach 7 oder 8 Jahren zu der ersten Stelle zurück, auf der inzwischen wieder 30—40 m hohe Bäume gewachsen sind. Oft verlegen sie auch die Dörfer an andere Stellen, was aber die Regierung nach Möglichkeit zu verhindern sucht, um einem weiteren Raubbau vorzubeugen. So ist jetzt auf ungeheure Strecken ein Sekundärwald an die Stelle des eigentlichen Urwaldes getreten, der nur noch im Innern, etwa 1000 Reiskilometer von der Küste, in den höchsten Teilen der Gebirge und in ganz unberührtem Zustande namentlich auf den heiligen Bergen vorkommt, die von den Eingeborenen gemieden werden.

Beim Eintritt in den Urwald gilt es, von der Sonne Abschied zu nehmen, weil das dichte Blätterdach ihre Strahlen nicht bis zum Boden hindurchdringen läßt. Auch ist der Nebel in den höheren Regionen so häufig, daß z. B. das 1847 von SCHWANER entdeckte und nach ihm benannte südöstliche Grenzgebirge der Westabteilung sehr selten zu sehen ist. Der Vortr. selbst hat bei seinen Reisen in diesem Gebirge dessen höchsten Gipfel Bukit Raja nur ein einziges Mal gesichtet. Der Urwald ist lediglich auf den Dajakerpfaden passierbar, die nicht in den Tälern, sondern auf den wasserscheidenden Rücken entlang führen. Aber auch hier versperren mit Widerhaken versehene Ranken von Rotangpalmen, umgefallene Riesenbäume bis zu 80 m Länge, eingerissene steile Schluchten und andere Hindernisse oft den Weg.

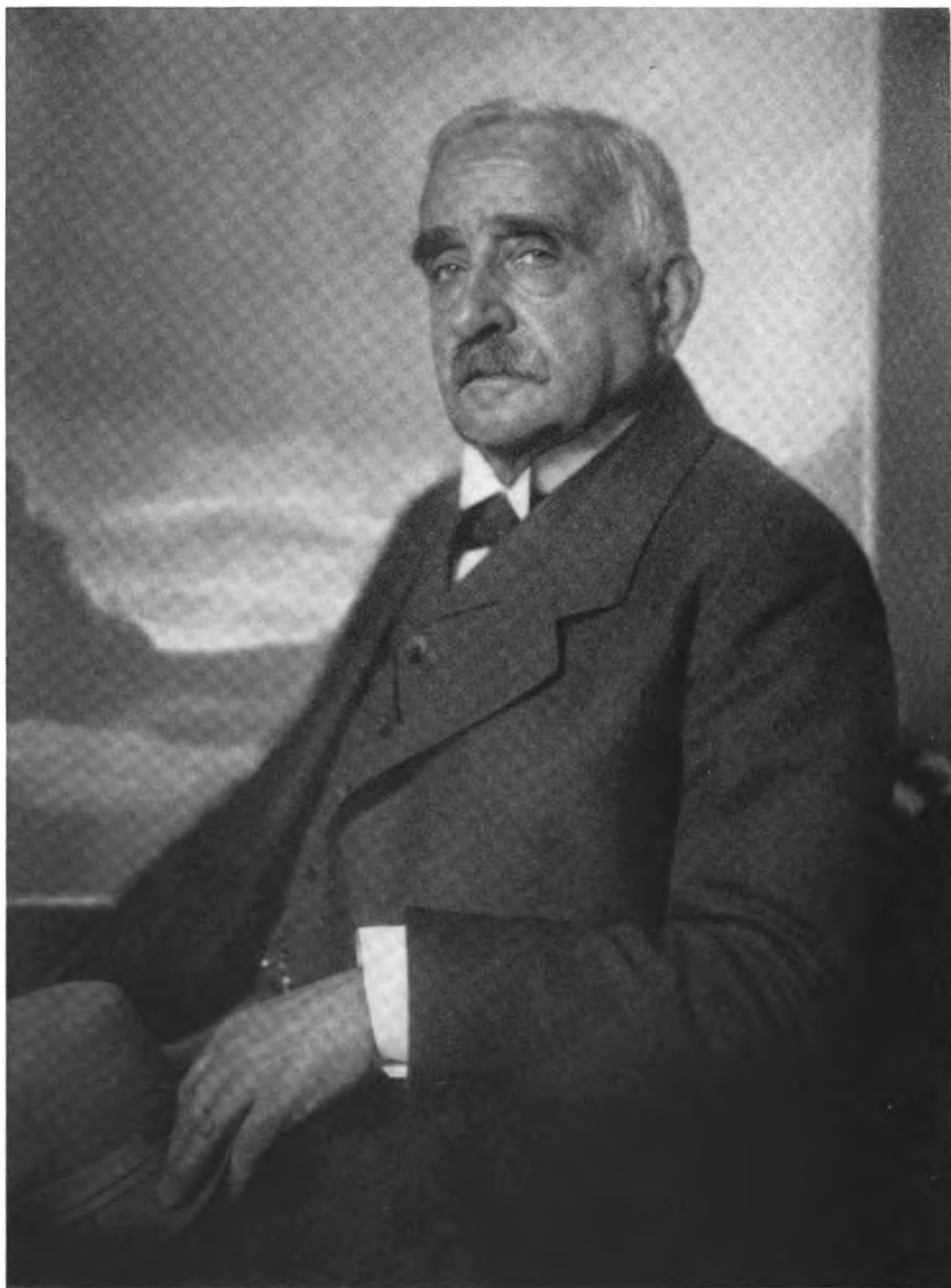
Das Sammeln gestaltete sich unter diesen Umständen äußerst schwierig, und die Ergebnisse werden erst nach jahrelanger Bearbeitung zu übersehen sein. Von besonderem Interesse waren die Funde einer männlichen und einer weiblichen dunkelweinroten Blüte einer Art von *Rafflesia*, deren Standorte 600 m voneinander entfernt lagen. Die *Rafflesia* ist eine Schmarotzerpflanze, deren vegetative Teile (Stiel, Blätter) in ein Netzwerk umgewandelt sind, das in der Wurzel der Wirtspflanze schmachtet, und aus dem zu gegebener Zeit vereinzelt riesenhafte Blüten hervorbrechen. Wenn auch die gefundenen Exemplare nicht der größten Pflanzenblüte, der angeblich bis 1 m Durchmesser erreichenden *Rafflesia Arnoldi* gleichkamen, so hatten sie doch 88 cm Durchmesser und wogen je etwa 30 Pfund.

Dem Vortr. gelang die Erstbesteigung des Bukit Raja, eines Porphyritberges in dem granitischen Massiv des Swaner-Gebirges, der 3 Gipfel hat, dessen mittelster mit 2278 m der höchste des ganzen niederländischen Teiles der Insel ist. Hier fand sich eine sehr interessante Vegetationsgemeinschaft von Koniferen, Epiphyten, Moospolstern usw. Die Lufttemperatur betrug in dieser Höhe 12° C.

O. B.







E. Harkness

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Vierzehnter Jahrgang

12. März 1926

Heft 11

EMIL WARBURG

ZUR FEIER

SEINES ACHTZIGSTEN GEBURTSTAGES

*

Inhalt:

	Seite
Emil Warburg zum achtzigsten Geburtstage. Von E. GRÜNEISEN, Berlin-Charlottenburg	203
Emil Warburg und die Technik. Von H. SCHERING, Berlin	208
Der Wirkungsquerschnitt bei atomaren Stoßprozessen. Von J. FRANCK, Göttingen . .	211
Zur quantenhaften Lichtabsorption in festen Körpern. Von ROBERT POHL, Göttingen	214
Beitrag zur Erklärung der „Subelektronen“. Von ERICH REGENER, Stuttgart	219
Die Ursache der Mäanderbildung der Flußläufe und des sogenannten BAERSchen Gesetzes	222

Emil Warburg zum achtzigsten Geburtstage.

Von E. GRÜNEISEN, Berlin-Charlottenburg.

Am 9. März vollendet EMIL WARBURG das achte Jahrzehnt eines ebenso an Mühe und Arbeit wie an Erfolgen reichen Lebens, ein Ereignis, das nicht allein von dem großen Kreise derer, die ihm persönlich näher stehen, dankbar und festlich begangen werden wird, sondern auch der Gesamtheit der Physiker im In- und Ausland ein Anlaß sein mag, der wissenschaftlichen Fortschritte zu gedenken, die sich an den Namen unseres Jubilars knüpfen. Vor wenigen Jahren bereits, als WARBURG sein Amt als Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt niederlegte, ist seiner Bedeutung als Forscher und Lehrer gedacht worden¹⁾. Wenn wir hier etwas vollständiger auf WARBURGS Lebensgang und Wirken eingehen, so hoffen wir damit einen Beitrag auch für die Entwicklungsgeschichte unserer Wissenschaft zu liefern, die um so verständlicher wird, je tiefer man in die Entwicklung der Persönlichkeiten einzudringen vermag, die den Anstoß zu großen Fortschritten gaben.

WARBURG stammt aus Altona a. E. Obwohl als Kind von zarter Gesundheit — was niemand glauben würde, der dem Achtzigjährigen barhäutig bei Wind und Wetter begegnet — legte er die Schuljahre rasch zurück. Zuerst in kaufmännischer Schule, dann durch Privatstunden auf das Gymnasium vorbereitet, trat er sogleich in die Tertia des Christianeums in Altona ein, wo er das Glück hatte, angenehme Verhältnisse vorzufinden. Besonders interessierte ihn der griechische Unterricht. Viel bedeutungsvoller aber für seine weitere Entwicklung wurden die Stunden bei seinem Mathematiklehrer LÜBSEN, von dem er oft mit Verehrung spricht und aus dessen Büchern er sich noch jetzt Rat holt.

Schon mit 17 Jahren, 1863, bezog WARBURG die Universität Heidelberg, um *Chemie* zu studieren. Man könnte ihn darum beneiden, wenn man sich klar macht, daß er dort BUNSEN, HELMHOLTZ und KIRCHHOFF hören konnte, und nicht nur konnte, sondern auch wirklich hörte, wie z. B. ein von ihm ausgearbeitetes Kollegheft von BUNSENS Vorlesung beweist. Da WARBURG in die Burschenschaft Alemannia eingetreten war, so wird es

ihm nicht immer leicht gewesen sein, die Verpflichtungen gegen Professoren und Burschenschaft miteinander zu vereinen. Wie dem auch sei, er gewann, wohl unter dem großen Eindruck von KIRCHHOFFS „vollendet schöner“ Vorlesung über Experimentalphysik und weil es seiner mathematischen Begabung mehr entsprach, die Überzeugung, zum *Physiker* geboren zu sein. Und so ging er 1865 nach Berlin und trat in das Laboratorium von MAGNUS ein, eins der wenigen, die es damals in Deutschland gab¹⁾.

WARBURGS Einführung in die Experimentierkunst lag in guten Händen. Denn neben MAGNUS wirkte als Assistent des Laboratoriums KUNDT, der damals gerade seine berühmte Staubfigurenmethode gefunden hatte. Mit ihm verband WARBURG bald eine Freundschaft, die von großer Bedeutung werden sollte. Wenn WARBURG selbst erzählt²⁾, damals habe im MAGNUSschen Laboratorium die Meinung bestanden, daß alle großen Entdeckungen von FARADAY vorweggenommen seien und daß es sich für die Epigonen nur um den weiteren Ausbau handeln könne, und wenn er weiter berichtet, daß ihnen die Poissonsche Theorie der Elastizität als abschreckendes Beispiel für das damals diskreditierte Arbeiten mit der atomistischen Hypothese vorgehalten worden sei, so hat man fast den Eindruck, als sei der Einfluß von MAGNUS auf seine Schüler etwas entmutigend gewesen. Die Absicht war aber jedenfalls nur, in den angehenden Forschern die Überzeugung zu erwecken, „daß das Gebäude der Wissenschaft lediglich auf dem Boden beobachteter Tatsachen unabhängig von allen metaphysischen Sätzen zu errichten sei“ und daß nur aus Beobachtungen sich die Begreiflichkeit der Naturscheinungen ergeben könne. Die Empfehlung dieser Grundsätze hat denn auch WARBURG nie gehindert, die jeweils modernen Theorien aufs aufmerksamste zu verfolgen, sie kritischer Prüfung zu unterziehen und durch entscheidende Experimente zu fördern oder zu widerlegen.

WARBURGS erste Abhandlungen, darunter auch die lateinisch geschriebene Dissertation, auf Grund deren er am 30. März 1867 zum Doktor promoviert wurde, betrafen akustische Probleme. Der experimentelle Kunstgriff, durch den es ihm gelang, in

¹⁾ A. EINSTEIN, *Naturwissenschaften* 10, 823. 1922; E. GEHRCKE, *Zeitschr. f. techn. Physik* 3, 186. 1922; G. GEHLHOFF, *Zeitschr. f. techn. Physik* 3, 193. 1922. An den beiden erstgenannten Stellen finden sich auch Verzeichnisse der Veröffentlichungen WARBURGS bis zum Jahre 1921.

²⁾ Siehe F. KOHLRAUSCH, Vorwort zur 11. Aufl. seines Lehrbuches der praktischen Phys. 1910.

³⁾ E. WARBURG, HELMHOLTZ als Physiker. Karlsruhe 1921.

weichen Stoffen Schallschwingungen zu erzeugen, um ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit zu messen, nämlich die Koppelung des stark gedämpften mit einem schwach gedämpften Oszillator, ist das mechanische Analogon zu der später so wichtig gewordenen Methode, elektromagnetische Schwingungen in einer stark gedämpften Antenne zu erzeugen. WARBURG findet, daß tonverändernde und dämpfende Wirkung im Falle der Resonanz durch ein Maximum gehen. Weiterhin interessieren ihn die Reibungskräfte im festen Körper, welche die Dämpfung der Schwingungen hervorrufen. Es gelingt ihm, zu zeigen, daß bei gleicher Wellenlänge langsamere Schwingungen stärker gedämpft werden als raschere, was man auch wegen des Vorhandenseins der elastischen Nachwirkung erwarten könne.

Ein damals sehr überraschendes Ergebnis brachten WARBURGS Versuche über den Ausfluß des Quecksilbers aus gläsernen Capillaren. Sie zeigten, daß selbst bei fehlender Benetzung die der Glaswand benachbarte Flüssigkeitsschicht nicht gleitet, sondern gegenüber der Wand ruht. Die vom 5. April 1870, nach MAGNUS Tode, datierte Arbeit diente wohl zur Habilitation, die am 20. März 1870 in Berlin stattfand. Sie zeigt bereits ebenso wie ihre Vorgängerinnen das für WARBURG charakteristisch gebliebene Bestreben, die von ihm aufgefundenen Probleme experimentell und theoretisch vollständig durchzuarbeiten und in allen Einzelheiten klarzustellen. Gelingt dieses nicht, so blieb die Aufgabe für später vorbehalten.

Nach einer unfreiwilligen Pause — WARBURG nahm am deutsch-französischen Kriege als Einjährig-Freiwilliger beim 2. Garderegiment z. F. teil und kehrte mit dem Eisernen Kreuz dekoriert als Offizier zurück — finden wir den jungen Privatdozenten wieder in Berlin bei einer Untersuchung über die Zerstreuung der Elektrizität in Gasen, dem Vorläufer zahlreicher späterer Arbeiten über Entladungserscheinungen in Gasen. Jedoch schon am 13. September 1872 wird der 26jährige mit dem Extraordinariat für Physik in Straßburg betraut. Das Wertvollste an der Berufung war vielleicht die Wiedervereinigung mit KUNDT. Denn sie regte beide Freunde zu ihren gemeinsamen berühmten Untersuchungen über die kinetische Theorie der Gase an. Es gelingt ihnen mittels der KUNDTschen Methode der Schallgeschwindigkeitsmessung der Nachweis (1875), daß bei wirklich einatomigen Gasen, wie Quecksilberdampf, die Atomwärme den von der kinetischen Theorie geforderten Wert $\frac{3}{2} R$ besitzt (R = Konstante der Gasgleichung). Des weiteren dehnen sie (1875) ihre Untersuchungen aus auf die Reibung und Wärmeleitung von Gasen bis zu solchen Verdünnungen, wo die mittlere Weglänge der Moleküle nicht mehr gegen die Abmessungen der Gasräume zu vernachlässigen ist. In diesem Falle mußte, wie KUNDT und WARBURG aus der kinetischen Theorie folgern, ein strömendes Gas an der Wand eine meßbare Gleitung zeigen, und ferner müßte ein Temperatur-

sprung zwischen Wand und Gas merkbar werden, wenn senkrecht zur Wand eine Wärmeströmung erfolgt. Der erste Effekt wurde von KUNDT und WARBURG experimentell nachgewiesen, der Temperatursprung vorläufig nur insofern, als gezeigt wurde, daß bei sehr kleinen Drucken die Wärmeleitung des Gases nicht mehr unabhängig vom Druck ist, sondern abnimmt, was aber, wie richtig erkannt wird, keineswegs nur auf den Temperatursprung zurückzuführen ist. „Es war das erste Mal“, sagt EINSTEIN¹⁾ über diese Arbeiten, „daß auf Grund der molekularen Theorie der Wärme ein neues Phänomen vorausgesagt worden war, und zwar ein Phänomen, dessen Darstellung auf Grund der kontinuierlichen Auffassung der Materie so gut wie ausgeschlossen war.“ Die Messung des Temperatursprunges Wand—Gas ließ WARBURG 1898—1900 in seinem Laboratorium durch v. SMOLUCHOWSKI und GEHRCKE nachholen.

Nur kurz war die Straßburger Zeit, die übrigens durch die Freundschaft mit dem damaligen Assistenten RÖNTGEN eine weitere Bereicherung für WARBURG brachte. Schon im Januar 1876 wurde er ordentlicher Professor der Physik in Freiburg i. B., und damit trat zunächst die Lehrtätigkeit in den Vordergrund. WARBURGS Vorlesung über Experimentalphysik ist weit über den Kreis seiner eigentlichen Hörer hinaus bekannt geworden; denn ihr wesentlicher Inhalt ist in dem 1893 erschienenen Lehrbuch der Experimentalphysik für Studierende, dessen 15./16. Auflage 1919 herauskam, niedergelegt. Das Buch ist ein Muster knapper und doch klarer Ausdrucksweise. Jeder Satz ist bis aufs letzte Wort durchdacht. Dadurch ist freilich für den Anfänger die Lektüre nicht immer leicht, um so mehr aber werden sich ihm die Sätze einprägen, wenn er darüber nachgedacht hat. Ähnlich wie das Buch war WARBURGS durch treffliche Experimente gewürzte Vorlesung.

Eine lange Reihe von Abhandlungen aus den Freiburger Jahren zeigt uns WARBURG auf den verschiedensten Gebieten der Physik als Pionier. Ausgehend von Problemen, die für die Atomistik des festen Zustandes Aufklärung versprachen — gleitende Reibung fester Körper, elastische Nachwirkung u. a. — stößt er auf die Frage nach der zyklischen Magnetisierung ferromagnetischer Stoffe. Er entdeckt (1880) die später (von EWING) sog. Hysteresisschleife und beweist, daß ihr Flächeninhalt eine Arbeit darstellt, welche bei der zyklischen Magnetisierung aufgewandt wird und als Hysteresiswärme im Ferromagnetikum erscheint. Diese Entdeckung gehört zu den bedeutendsten Leistungen WARBURGS, ist doch die Berücksichtigung und möglichste Beseitigung der Hysteresisverluste eins der wichtigsten Probleme der Elektrotechnik geworden. Wie WARBURG einmal erzählte, ist ihm der entscheidende Gedanke für seine Entdeckung auf der Hochzeitsreise gekommen.

Aus der Freiburger Zeit erwähnen wir noch die

¹⁾ a. a. O.

Untersuchungen über die Viscosität der Gase und Flüssigkeiten unter hohen Drucken, über die Elektrolyse des Glases (Wanderung von Na- oder auch Li-Ionen durch die Masse des Glases), ihre technische Verwertung zur Einführung reinen Natriums in evakuierte Röhren, wodurch zum ersten Male die Untersuchung sehr reiner Gase ermöglicht wurde; ferner über die Elektrolyse des Quarzes parallel zur Achse, sein hohes Isolationsvermögen senkrecht dazu.

Um die gleiche Zeit (1887) erschien WARBURGS erste große Arbeit über elektrische Entladungen in Gasen, ein Thema, zu dem er immer wieder zurückgekehrt ist oder seine Schüler angeregt hat. Damals gehörte das noch ganz unverständliche Gebiet der Glimmentladung zu den experimentell am schwersten zugänglichen, wie ein Blick in die Originalabhandlungen jener Zeit beweist. Dank seiner Methode der Reinigung von Gasen (Entfernung der Wasserhaut des Glases und Einführung von reinem Natrium), gelang es WARBURG, das „normale Kathodengefälle“ in Abhängigkeit vom Kathodenmaterial und vom Gas zuverlässig zu messen und insbesondere festzustellen, daß es vom Druck des Gases unabhängig ist. Hiermit hat WARBURG, wie GEHRCKE¹⁾ sagt, „ein quantitatives Gesetz aufgefunden, das sich dem vorher schon von HITTORF gefundenen Gesetze der Unabhängigkeit von der Stromstärke an die Seite stellte und lange Zeit zu den ganz wenigen sicheren, wenn auch unverständenen Gesetzmäßigkeiten der Glimmentladung gehörte.“

Auch in das damals stürmisch sich entwickelnde Gebiet der physikalischen Chemie griff WARBURG experimentell und theoretisch ein mit seinen Untersuchungen über die galvanische Polarisation, die ihn später noch öfter beschäftigt hat, und über die Theorie des Capillarelektrometers, für welches er eine andere, auf der Ausscheidung der Ionen im elektrisch neutralen Zustand beruhende, Erklärung gab als HELMHOLTZ, sowie über den elektrischen Widerstand äußerst schwach leitender Flüssigkeiten, die erst nach „elektrischer Reinigung“ dem OHMSchen Gesetz folgen.

Wenn nach KUNDTs Tode WARBURG im Jahre 1895 an die Universität Berlin berufen wurde, so liegt hierin der sicherste Beweis für das hohe Ansehen, dessen er sich bei seinen Fachgenossen zu erfreuen hatte. Der Wechsel aus der schönen Freiburger Existenz nach dem inmitten der Großstadt liegenden Berliner Institut wurde ihm und seiner Familie nicht leicht. Vor allem aber stellte die damals noch ungeteilte Berliner Professur für Experimentalphysik durch Verwaltungsgeschäfte, Prüfungen usw. viel höhere Anforderungen an seine Arbeitskraft. Was ihn für alle unerquicklichen Verhältnisse etwas entschädigte — auch die Beziehungen zur Regierung konnten besser sein — das war neben dem wissenschaftlichen und freundschaftlichen Austausch mit bedeutenden Fachgenossen die Freude an der mit zäher Energie weiter

betriebenen eigenen wissenschaftlichen Forschung und an dem Zusammenwirken mit den zahlreichen aus dem In- und Ausland seinem Institut zuströmenden jungen Physikern. Die meisten unter ihnen erhielten von WARBURG selbst ein Thema zur Bearbeitung, und so konnte er eine Menge von Fragen, die ihm am Herzen lagen, der Lösung näher bringen lassen¹⁾. Dabei war es sein Prinzip, die Doktoranden möglichst selbständig arbeiten und durch alle Schwierigkeiten sich zunächst allein hindurchfinden zu lassen. Es sind hier wohl einige Worte darüber am Platze, wie WARBURG auf seine Schüler einwirkte. Selbstverständlich durch manchen guten Rat, um den man ihn jederzeit angehen durfte, hauptsächlich aber durch sein Beispiel: strengste Pflichterfüllung, unermüdlicher Fleiß, sorgfältiges und kritisches Experimentieren, Beherrschung der theoretischen Grundlagen, Kenntnis der Literatur, guter Vortrag, klare Schreibweise wurden auch von den Doktoranden erwartet. Gelegenheit, solche Eigenschaften zu beweisen, boten die täglichen Besuche WARBURGS mit der oft peinlichen einleitenden Frage: „Wie steht's, haben Sie was Neues?“ oder das physikalische Kolloquium, das WARBURG, dem Vorbilde seines Lehrers MAGNUS folgend, wöchentlich selbst abhielt und durch seine erstaunliche Literaturkenntnis, die sich ja in all' seinen Arbeiten zu erkennen gibt, vielseitig und anregend zu gestalten wußte. Der Kreis der Teilnehmer war damals viel geringer als jetzt, so daß auch die Anfänger zu Referaten herangezogen wurden. Einmal im Sommer überraschte WARBURG die Besucher des Kolloquiums durch die Aufforderung, statt im Wirtshaus die Nachsitzung zu halten, den Abend bei ihm und seiner lebenswürdigen Frau im „Garten“ des Instituts bei Lampionsbeleuchtung zu verbringen. Diesem Rufe folgten die Koryphäen der Berliner Physik — KOHLRAUSCH, VAN T'HOFF, PLANCK, RUBENS, LUMMER usw. — ebenso gern, wie die jungen Studenten, die stolz darauf waren, mit jenen zusammen geladen zu sein.

Neben der eigentlichen Berufstätigkeit hatte WARBURG noch andere mit Zeit- und Kraftaufwand verbundene Ehrenpflichten zu erfüllen, von denen wir nur die Mitgliedschaft in der Akademie der Wissenschaften zu Berlin und den Vorsitz in der Physikalischen Gesellschaft erwähnen wollen, den WARBURG 8 Jahre hindurch ununterbrochen innehatte. Während dieser Zeit (1899) erfolgte die Umwandlung der Berliner in eine Deutsche Physikalische Gesellschaft, deren rasches Aufblühen am deutlichsten die Richtigkeit jener Maßnahme beweist. Ihrer Dankbarkeit gab die Gesellschaft dadurch Ausdruck, daß sie WARBURG gelegentlich seines siebzigsten Geburtstages zu ihrem Ehrenmitgliede wählte.

Trotz der starken Belastung mit Amtsgeschäften aller Art zwang sich WARBURG die Zeit zu viel-

¹⁾ Wie GEHLHOFF a. a. O. berichtet, sind während der 10jährigen Amtszeit WARBURGS 225 Abhandlungen aus dem Berliner Institut veröffentlicht worden.

¹⁾ a. a. O.

seitiger eigener Forschung ab. Die galvanischen Polarisationserscheinungen wurden im Anschluß an seine früheren Arbeiten von ihm und seinen Schülern weiter untersucht. Mit den Arbeiten über den Durchgang der Kathodenstrahlen durch Metalle und den dabei auftretenden Geschwindigkeitsverlust (1902) sowie über ihre Reflexion an dünnen Metallblättchen trug WARBURG mit einigen Schülern zur Lösung der Frage bei, welcher Art die Wechselwirkung bewegter Elektronen mit den auf sie wirkenden Teilchen im festen Körper sei.

Die meiste Zeit aber verwandte WARBURG auf die Durchforschung eines neuen Gebietes, in dem er von einem Problem folgerichtig zum anderen geführt, schließlich wieder eine seiner bedeutendsten Leistungen, die Feststellung des Energieumsatzes bei photochemischen Vorgängen in Gasen, vollbrachte. Es ist interessant, die Entwicklung dieser Arbeiten von einem scheinbar abgelegenen Punkte aus zu verfolgen. Im Jahre 1896 beschäftigt sich WARBURG mit der Wirkung des Lichtes auf die *Funkenentladung*. Dieser geht ein schwacher Stromübergang voraus, und die Wirkung des Lichtes besteht in der Abkürzung dieser Vorperiode oder Verzögerung. Diese fehlt bei der *Spitzenentladung* gegen eine Platte, die WARBURG auch deshalb näherer Untersuchung für wert hält, weil die Leuchterscheinung beim stationären Strom und wahrscheinlich auch die Ionenbildung nur an der Spitze auftritt, außerhalb des Leuchtbereiches also wahrscheinlich nur die eine Ionenart im Gase sich bewegt, welche das Vorzeichen der Spitzenladung besitzt, ein für die Aufklärung des Vorganges sicherlich günstiger Umstand. Alles wird messend verfolgt, quantitative Gesetze des Stromes zwischen Spitze und Platte werden aufgestellt. Im Jahre 1900 veröffentlicht WARBURG seine erste Abhandlung über die *Bildung des Ozons* bei der Spitzenentladung, und seitdem konzentriert sich sein Interesse ganz allgemein auf chemische Reaktionen, welche in gasförmigen Körpern durch die „*stille Entladung*“ herbeigeführt werden, d. i. nach WARBURG eine Entladung, welcher ein Leitwert kleinerer Größenordnung zukommt als der Glimm- oder gar Bogenentladung. Die hier auftretenden Fragen nach der Entstehung des Ozons, nach dem Gleichgewicht zwischen Ozonisierung und Desozonisierung, nach der Ausbeute bei verschiedenen Formen der Entladung usw. quantitativ zu beantworten und die dazu nötigen neuen Meßmethoden zu schaffen, wobei WARBURG vielfach von LEITHÄUSER unterstützt wurde, erforderte ein bedeutendes experimentelles Geschick. Wir müssen uns versagen auf Einzelheiten einzugehen und verweisen auf WARBURGS eigenen Bericht¹⁾.

Der Befund, daß der Herd der Ozonbildung im leuchtenden Teil der Entladungsstrecke liegt, im Verein mit der Tatsache, daß nach LENARD Ozon auch durch äußerst kurzwelliges ultraviolettes Licht gebildet wird, stellte WARBURG

vor die Frage, ob die Ozonbildung bei der stillen Entladung auf ultravioletter Strahlung beruhen könne. Manches sprach dagegen, z. B. ist die Ausbeute bei stiller Entladung viel größer, als sie bisher bei anderer Lichtquelle zu erzielen war. Gleichwohl wandte sich WARBURG nun (1907) den *chemischen Wirkungen des Lichtes* zu, die vor denen der stillen Entladung den großen Vorteil boten, daß das wirksame Agens unverändert bleibt, wenn man das beeinflusste Gas unter andere Bedingungen bringt.

Während bei älteren photochemischen Arbeiten mit den chemischen Bestimmungen höchstens relative Strahlungsmessungen verbunden waren, kam es WARBURG darauf an, den photochemischen Energieumsatz quantitativ aufzuklären. Hatte doch EINSTEIN vor kurzem in Erweiterung der PLANCKSchen Quantentheorie ein Gesetz aufgestellt, wonach erstens Strahlung von der Frequenz ν stets quantenweise, nämlich im Betrage $h\nu$ (h = PLANCKSche Konstante), von der absorbierenden Molekel aufgenommen werden und zweitens jede in dieser Weise photochemisch beanspruchte Molekel Spaltung oder Umlagerung erfahren sollte. Die Prüfung dieses Gesetzes erforderte die Messung der absorbierten Strahlungsenergie und der Anzahl Mole, welche bei dieser Absorption nach Ablauf der primären und sekundären chemischen Prozesse zersetzt oder umgewandelt sind. Diese beiden schwierigen Messungen zum ersten Male miteinander durchgeführt zu haben, ist WARBURGS großes Verdienst. Er kommt zu dem Ergebnis, daß zwar die quantenweise Absorption der Strahlung als „photochemisches Grundgesetz“ anzuerkennen ist, der zweite Teil des EINSTEINSchen Gesetzes jedoch höchstens in einzelnen einfachen Fällen (HJ, HBr), aber keineswegs allgemein gilt. Und zwar werden nach WARBURG die beanspruchten Molekeln oder ein Teil derselben deshalb nicht gespalten oder umgelagert, weil entweder $h\nu$ kleiner ist als die hierzu erforderliche Arbeit, oder Energie während des Absorptionsaktes abgegeben wird¹⁾.

Über die Beziehungen zwischen den chemischen Wirkungen der stillen Entladung, die WARBURG neuerdings wieder aufgenommen hat, und denen der Strahlung kommt er zu dem Ergebnis, daß beide zwar nahe verwandt sind, daß aber im ersten Falle die Wirkung größtenteils auf Elektronen- und Ionenstoß beruht. Die Molzahl, welche beim Durchgang der Elektrizitätsmenge 1 Coulomb durch ein Gas zersetzt wird, ergibt sich für verschiedene Gase von gleicher Größenordnung.

Die photochemischen Untersuchungen hat WARBURG schon nicht mehr im Berliner Physikalischen Institut, sondern in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt ausgeführt, deren Leitung er i. J. 1905 als Nachfolger FRIEDRICH KOHL-

¹⁾ Man vergleiche außer den Originalabhandlungen den zusammenfassenden Bericht WARBURGS auf der 88. Naturforschertagung zu Innsbruck, diese Zeitschr. 12, 1058. 1924.

¹⁾ E. WARBURG, Jahrbuch d. Rad. u. Elektr. 6, 181. 1909.

RAUSCHS übernahm. Nach der starken Überanstrengung im Berliner Amt empfand WARBURG die Berufung nach Charlottenburg als Erlösung. Auf der anderen Seite ist es ihm zuerst nicht leicht geworden, sich in die Arbeitsweise der Reichsanstalt hineinzufinden. Er liebt im Grunde die freie Forschung, unbekümmert darum, ob sie später technische Bedeutung gewinnen wird. Er liebt es, der Wissenschaft neue Pfade zu erschließen, wobei zunächst orientierende Messungen zu genügen pflegen. Zu den Aufgaben der Reichsanstalt aber gehören neben der freien physikalischen Forschung, die er selbstverständlich mit besonderem Interesse verfolgte und durch Gedankenaustausch befruchtete, auch solche Arbeiten, welche die Technik unmittelbar zu fördern oder bekannte Pfade auszubauen bestimmt sind. Solche Arbeiten — wir brauchen nur an die Festlegung der physikalischen Maßeinheiten zu erinnern — können ein hohes Maß von Entsagung erfordern, wie jeder weiß, der sich bemüht hat, eine physikalische Konstante wesentlich genauer festzustellen als seine Vorgänger. Indem WARBURG mit der ihm eigenen Gewissenhaftigkeit sich auch in diese speziellen Reichsanstaltsaufgaben vertiefte, stieg sein Interesse für sie, und er kam zu vollem Verständnis und hoher Anerkennung für ihre sorgfältige Durchführung. Daß er sich auch selbst nicht scheute, solche Aufgaben zu übernehmen, beweist u. a. die mühsame, mehrere Jahre beanspruchende Neubestimmung der Konstante c des WIEN-PLANCKschen Strahlungsgesetzes gemeinsam mit LEIT-HÄUSER, HUPKA und MÜLLER. Es würde zu weit führen, hier auf alle Anregungen einzugehen, die WARBURG in ähnlicher Richtung der Reichsanstalt gegeben hat. Erwähnt seien nur die Vorschläge zur Schaffung einer rationalen Lichteinheit, zur Aufnahme der Röntgendosismessungen und zur Neubestimmung der absoluten Widerstandseinheit. Über die Art, wie er seine Untergebenen wissenschaftlich zu beeinflussen suchte, hat er sich selbst gelegentlich geäußert. Er hielt es einerseits „nicht für zweckmäßig, die Aufgaben der Anstalt scharf zu formulieren und dadurch vielleicht die Behandlung aktueller und unvorhergesehener Probleme, für welche sie vermöge ihrer apparativen Ausstattung und ihrer personellen Kräfte geeignet scheint, auszuschneiden“, andererseits gab er die allgemeine Richtung an und versuchte, „die Kräfte nicht in der Behandlung kleiner Aufgaben zu zersplittern, sondern zur Erreichung größerer Ziele zusammenzufassen.“ Wenn man die steigende wissenschaftliche Produktion der Reichsanstalt während der achtzehnjährigen Präsidentschaft WARBURGS betrachtet, so darf man wohl sagen, daß ihm der Erfolg recht gegeben hat. Eine der wichtigsten Maßnahmen WARBURGS

zur Hebung der Produktivität der Reichsanstalt war ihre Neuorganisation. Während sie früher eine wissenschaftliche und eine technische Abteilung hatte, die vielfach ohne rechte Fühlung an ähnlichen Aufgaben arbeiteten, hob WARBURG diese Trennung auf und schuf je eine Abteilung für Optik, Elektrizität und Magnetismus, Wärme und Druck, deren jede nun unter einheitlicher Leitung Doppelarbeit vermied. Ferner gelang es ihm, der Reichsanstalt eine ganze Reihe wertvollster Erweiterungen zu verschaffen, wobei ihm die guten Beziehungen zum vorgesetzten Ministerium wie auch zu maßgebenden Persönlichkeiten der Industrie, die zum Teil seine Schüler waren, zustatten kamen. Wir nennen den Neubau des Starkstromgebäudes und des störungsfreien Zweiglaboratoriums in Potsdam, die Neugründung des wärmetechnischen und Kälte-Laboratoriums sowie der Laboratorien für Radioaktivität und Röntgentechnik.

Als WARBURG im Jahre 1922 sein Amt als Präsident der Reichsanstalt niederlegte, war es so umfangreich geworden, daß auch hier wieder sein Nachfolger eine besondere Hilfskraft forderte, ein Beweis für die erstaunliche Leistungsfähigkeit, die sich unser Jubilar bis in sein hohes Alter bewahrt hat. Das Amt gab er auf, aber nicht die Arbeit. Wenn nicht körperliche Beschwerden, an denen die letzten Jahre leider reich waren, es ihm unmöglich machen, arbeitet er in seinem Reichsanstaltslaboratorium oder daheim an seinem Schreibtisch. Daß er sich wieder den chemischen Wirkungen der stillen Entladung zugewandt hat, wurde bereits erwähnt. Die Früchte seiner Arbeit hat er mehrfach in ausgezeichneten Vorträgen auf den großen Herbsttagungen der deutschen Physiker mitgeteilt. Viele eigene Ergebnisse hat er auch in dem kleinen Buch „Über Wärmeleitung und andere ausgleichende Vorgänge“ (Berlin 1924) niedergelegt.

So steht EMIL WARBURG noch mitten im wissenschaftlichen Leben als der Mann, „der durch die Zuverlässigkeit und Vielseitigkeit seiner wissenschaftlichen Leistungen, durch die Unbestechlichkeit seines Urteils, durch sein stetes Interesse für neue Tatsachen und neue Ideen sich außer dem Danke und der Anerkennung vor allem auch das Vertrauen der deutschen Physiker in seltenem Maße erworben hat, und gerade derjenigen unter ihnen, die angesichts der vielen überraschenden Neuerungen, welche die Forschung gegenwärtig bringt, um die Sicherheit und Stetigkeit des Fortschrittes der Wissenschaft etwas besorgt sind.“ Diese Worte aus der Urkunde¹⁾, durch die ihm die Ehrenmitgliedschaft der Deutschen Physikalischen Gesellschaft vor zehn Jahren bestätigt wurde, gelten wie damals so heute.

¹⁾ Verhandl. d. dtsh. phys. Ges. 18, 236. 1916.

Emil Warburg und die Technik.

Von H. SCHERING, Berlin.

Wie WARBURG, der Mann der reinen Wissenschaft, über die Beziehungen zwischen Wissenschaft und Technik dachte, hat er in einer Rede gelegentlich der Eröffnung des an der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt neuerbauten Starkstromlaboratoriums am 8. März 1914¹⁾ zum Ausdruck gebracht:

„In ihren ureigensten Zielen fördern sich Wissenschaft und Technik gegenseitig, indem die neuen Wege von der Wissenschaft traciert und alsdann von der Technik zu breiten und bequemen Straßen umgeschaffen werden, auf welchen die Wissenschaft bisher unbekanntes Terrain leichter erreicht“.

In physikalisches Neuland ist WARBURG in den verschiedensten Richtungen eingedrungen, in Richtungen, die jeweils im Vordergrund des allgemeinen physikalischen Interesses lagen; eine Reihe dieser Pfade hat dann die Technik — oft erst nach langen Jahren — mit Nutzen für ihren Ausbau verwendet. Von weittragendster Bedeutung in dieser Hinsicht ist die Entdeckung der magnetischen Hysteresis, die WARBURG 1880²⁾ in Freiburg machte, und die einer der Grundpfeiler der Elektrotechnik geworden ist. Wie scharf WARBURG das Problem faßte und wie klar er das Wesentliche erkannte, mögen zwei Sätze aus dem Eingang der fundamentalen Arbeit in den Annalen 1881 zeigen:

„Man habe einem Eisendraht durch eine longitudinal-magnetisierende Kraft K_1 ein gewisses magnetisches Moment m_0 erteilt; läßt man nun auf den Draht magnetisierende Kräfte wirken, die von 0 bis K_1 stetig wachsen und dann von K_1 bis 0 wieder stetig abnehmen, so findet man für dieselbe magnetisierende Kraft das magnetische Moment größer, wenn K im Abnehmen, als wenn es im Wachsen begriffen ist“. Nach einer Bemerkung, daß diese Tatsache in der Literatur nicht erwähnt sei, aber den mit magnetischen Untersuchungen Beschäftigten wohl nicht unbekannt sein könne, jedoch in ihrer Bedeutung nicht erfaßt sein, fährt er fort: „Die Bedeutung der Tatsache, von welcher die Rede ist, erhellt sogleich folgender Satz: Während die Kraft K von 0 bis K_1 wächst und von K_1 bis 0 wieder abnimmt, ist an dem Drahte eine Arbeit geleistet, welche in absolutem Maß durch die an der Kurve C (Tafel I, Fig. 5) umschlossenen Figur dargestellt wird.“

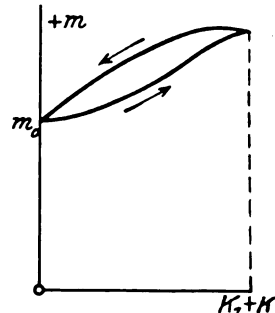
¹⁾ Über den Entwicklungsgang der Starkstromtechnik und über deren Beziehungen zur Phys.-techn. Reichsanstalt. Internat. Monatsschr. f. Wiss., Kunst u. Technik 8, 922. 1914.

²⁾ Magnetische Untersuchungen, über einige Wirkungen der Koerzitivkraft. Freiburger Ber. 8, 1–30. 1880. Ann. d. Phys. u. Chem., neue Folge 13, 141–164. 1881. Ferner: WARBURG und HÖNIG, Über die Wärme, welche durch periodisch wechselnde magnetisierende Kräfte im Eisen erzeugt wird, Ann. d. Phys. u. Chem., neue Folge 20, 814–835. 1883. Über die magnetische Hysteresis, Elektrotechn. Zeitschr. 10, 193. 1898.

1870 untersuchte WARBURG den Ausfluß des Quecksilbers aus gläsernen Capillarröhren¹⁾ und stellte fest, daß das Quecksilber, obwohl es die Glaswand nicht benetzt, doch nicht an der Glaswand gleitet, die Adsorption verhindert ein völliges Ablösen der Flüssigkeitsschicht von der Wand.

In der Technik der Schmierung von Maschinenlagern hatte man gefühlsmäßig die Unterschiede der Schmierfähigkeit verschiedener Öle durch verschiedene Haftfähigkeit an den Metallteilen zu erklären versucht, der WARBURGSCHE Versuch bewies die Unhaltbarkeit dieser Vorstellung.

Aus der Arbeit von KUNDT und WARBURG: „Über die Reibung und Wärmeleitung verdünnter Gase“ ist der zweite Teil über die Wärmeleitung²⁾ für die Technik in mehrerer Hinsicht fruchtbringend gewesen. Die Forderung der Theorie von MAXWELL-BOLZMANN, daß die Wärmeleitfähigkeit von Gasen in einem gewissen Druckbereich vom Druck unabhängig sei, wurde an Luft, Kohlensäure und Wasserstoff bei niedrigen Drucken bis zu einigen Millimetern Quecksilber, also unter Ausschaltung der Konvektion bestätigt und der Störungseinfluß der Konvektion bei Atmosphärendruck, in dessen Umgebung STEFAN gearbeitet hatte, aufgezeigt. Für hohe Verdünnung (Vakua) wurde die Theorie der Wärmeleitung entwickelt, der Temperatur sprung an der Wand wurde entdeckt und die Abnahme der Wärmeleitung mit dem Druck abgeleitet. Die bündige experimentelle Nachprüfung der Theorie scheiterte an der Unmöglichkeit, mit den damaligen Einrichtungen hohe Vakua zu erzielen, doch wurde die starke Abnahme der Wärmeleitung mit abnehmendem Druck nachgewiesen. Die mit der Zeit wieder zunehmende Wärmeleitung wurde auf den Wasserdampf zurückgeführt, welcher von den Glaswänden verdampft, der störende Einfluß wurde durch Erhitzen der Apparateile auf 200° zwar vermindert, aber nicht vollkommen beseitigt. Die luftleeren Glühlampen und die empfindlichen Thermolemente im Vakuum zur Messung kleiner elektrischer Ströme fußen auf dieser Arbeit. Denjenigen, der mit Vakuum-pumpen arbeitet, dürfte es interessieren, daß die bekannte Glasfeder, ein im Zickzack gebogenes Glasrohr, zur Herstellung beweglicher Vakuumverbindungen ohne Gummischlauch in dieser



Hystereseschleife. Aus Ann. d. Phys. u. Chem. 1881, Tafel I, Fig. 5.

¹⁾ Pogg. Ann. 140, 367–379. 1870.

²⁾ Ann. d. Phys. u. Chem. 156, 177–211. 1875.

Arbeit angegeben wurde. In einer späteren Untersuchung: „Über das Gewicht und die Ursache der Wasserhaut bei Glas und anderen Körpern“¹⁾ wies dann WARBURG gemeinsam mit seinem Schüler IHMORI nach, daß durch das Alkali des Glases eine permanente Wasserhaut gebunden ist, die im Vakuum nicht verschwindet, während die Metalle und alkalifreies Glas keine permanente Wasserhaut bilden. Hiervon hat die Vakuumröhrentechnik Nutzen gezogen.

Bei der Untersuchung von elektrischen Glimmentladungen in verdünnten Gasen²⁾ entdeckte WARBURG das wichtige Gesetz, daß der Spannungsabfall zwischen Kathode und negativem Glimmlicht vom Druck des Gases unabhängig ist, solange die Kathode nicht ganz mit Glimmlicht überzogen ist; für diesen Spannungsabfall prägte er den Namen „Kathodengefälle“. Diese und andere Ergebnisse seiner Untersuchungen an Glimmentladungen bilden die Grundlagen für die technische Ausnutzung des Glimmlichtes in den MOORE- und Glimmlampen, den Glimmgleichrichtern und Blitzschutzglimmröhren für Telefonanlagen.

In mehreren Arbeiten untersuchte WARBURG die elektrische Polarisation und lieferte Beiträge zur Erklärung dieser Erscheinung, die in der Technik bei Primär- und Sekundärelementen, elektrolytischen Prozessen und den Elektrolyt-Elektrizitätszählern eine Rolle spielt. 1896 entdeckte er die Beeinflussung der Verzögerung der Funkenentladung durch ultraviolettes Licht³⁾. Diese durch die Ionentheorie später erklärte Verzögerung findet neuerdings in der Hochspannungstechnik Beachtung bei der Erklärung der Wirkung der elektrischen Wanderwellen und der Messung ihrer Spannung. In einer großen Zahl fortlaufender Veröffentlichungen behandelte er die Ozonbildung bei elektrischen Entladungen unter besonderer Berücksichtigung des SIEMENSSchen Ozonapparates. Gemeinsam mit HEUSE untersuchte er die elastische Nachwirkung und elastische Hysteresis⁴⁾ und gab eine Konstruktion von Aneroiden mit sehr geringer Nachwirkung an.

1917 entwickelte WARBURG den Plan⁵⁾, eine von Materialeigenschaften unabhängige rationelle Lichteinheit zu gewinnen, sie sollte dargestellt werden durch die Lichtstärke der Öffnung (von gegebener Größe) eines Hohlraumstrahlers bei einer bestimmten Temperatur, deren Wert durch Intensitätsvergleiche mit der lichtelektrischen Kaliumzelle bei dieser und zwei weiteren Temperaturen aus der WIENSchen Formel abgeleitet wird. Die Konstante des WIEN-PLANCKschen

Strahlungsgesetzes¹⁾ hatte er zuvor gemeinsam mit MÜLLER neu bestimmt.

Ein Techniker, der das Gesamtgebiet der Technik so übersähe, wie WARBURG das Gesamtgebiet der Physik beherrscht, würde zweifellos bei genauer Durchsicht des umfangreichen Schaffens WARBURGS noch mehreres aufzeigen können, auf das die Technik aufgebaut hat. Aber auch die unvollständige Auswahl beleuchtet die Bedeutung der wissenschaftlichen Forschungsarbeit WARBURGS für die Technik zur Genüge.

Seine objektive und kritische Denkweise wußte WARBURG auch seinen Schülern einzupflanzen; wie geeignet diese Schulung für die Aufgaben der Technik war, erhellt aus der Tatsache, daß eine Reihe seiner Schüler sich der Technik zugewandt haben und wir unter diesen recht bekannte Namen finden.

Aber nicht nur mittelbar wirkte WARBURG für die Technik. Als er im Jahre 1905 von dem physikalischen Lehrstuhl an der Universität Berlin zum Präsidenten der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt berufen war, die nach den Ideen von HELMHOLTZ und SIEMENS der Zusammenarbeit zwischen Physik und Technik diene, suchte er die Verbindung mit den technisch-wissenschaftlichen Vereinen und Verbänden. Er wirkte im Vorstände des Elektrotechnischen Vereins Berlin und führte 1907 und 1908 dessen Vorsitz. Den Erfolg dieser Tätigkeit beleuchten am besten die Worte, mit denen im Jahre 1909 der damalige Vorsitzende WILHEM v. SIEMENS in der Vereinsversammlung den Vorschlag des Vorstandes begründete, die 1904 gestiftete, alle 5 Jahre zur Verleihung kommende SIEMENS-STEPHAN-Gedenkplakette E. WARBURG zu verleihen: (Nach einem Hinweis auf die wissenschaftlichen Erfolge WARBURGS und sein Wirken als Präsident der Reichsanstalt) „drittens ist Herr WARBURG ein ausgezeichnete Vorsitzender unseres Vereins gewesen und Sie wissen, das eines seiner besonderen Verdienste darin besteht, daß er wesentlich dazu beigetragen hat, Ordnung in unser ganzes deutsches elektrisches Verbands- und Vereinswesen zu bringen und wir dürfen das wohl mit in erster Linie seinem vorurteilslosen von Vereinschauvinismus ganz freiem Blick zuschreiben und seinem immer in erster Linie auf das wesentliche gerichteten Blick, so daß wir nun glücklich wieder eine angenehme Harmonie auf diesem Gebiete erreicht haben, daß wir zu verständigen Verhältnissen gekommen sind, die auch sicher dauernde zu sein versprechen“.

Dem Verein Deutscher Ingenieure erfüllte er einen seit längerem gehegten Wunsch und stellte einen Ingenieur zur Ausführung wärmetechnischer Untersuchungen an der Reichsanstalt ein; er knüpfte auch zu diesem Verein nähere Beziehungen an, seit 1913 sind zwei Mitglieder der Anstalt in den wissenschaftlichen Beirat des Vereins delegiert.

¹⁾ Ann. d. Phys. 48, 410—432. 1915.

¹⁾ Ann. d. Phys. u. Chem. 27, 481—507. 1886.

²⁾ Wied. Ann. 31, 545—549. 1887; Wied. Ann. 40, 1—18. 1890.

³⁾ Wied. Ann. 59, 1—16. 1896; 62, 385—395. 1897; Verhandl. d. dtsh. phys. Ges. 17, 92. 1898.

⁴⁾ Verhandl. d. dtsh. phys. Ges. 17, 206—213. 1915. Zeitschr. f. Instrumentenkunde 39, 41—54. 1919.

⁵⁾ Verhandl. d. dtsh. phys. Ges. 19, 3—10. 1917.

1912 rief er die Beleuchtungstechnische Gesellschaft ins Leben und war deren Vorsitzender bis 1919. Die Gesellschaft ehrte ihn durch Wahl zum Ehrenvorsitzenden, noch jetzt ist er rühriges Mitglied einer Kommission. Auch an der Gründung der Deutschen Gesellschaft für Technische Physik war WARBURG beteiligt und ist deren Ehrenvorsitzender. Es ist bewunderswert, wie er neben seiner regen wissenschaftlichen Produktion, neben der großen Bürde, die die Leitung einer umfangreichen Anstalt mit sich brachte, neben den Vereinssitzungen und Kolloquien der reinen Physik trotz seines hohen Alters Zeit und Kraft zum regen Besuch der Sitzungen der technischen Vereine aufbrachte. Dieses nicht gering anzuschlagende Opfer brachte er, um Wissenschaft und Technik einander näher zu bringen. Wie er bei seiner Ehrenpromotion durch die Technische Hochschule Charlottenburg anlässlich seines goldenen Doktorjubiläums 1917 launig bemerkte, war er der Ansicht „daß die Ingenieure und Physiker noch zu wenig von einander wissen, wenigstens erkläre ich mir dadurch Urteile, die man zuweilen hört. So rümpft der Physiker gelegentlich die Nase über die Sicherheitskoeffizienten und die nicht strenge Methode des Ingenieurs und der Ingenieur spottet zuweilen über die Unfruchtbarkeit der reinen Wissenschaft“. Die Technik, vertreten durch 14 der namhaftesten wissenschaftlich technischen Vereine, stattet ihm anlässlich dieses Jubiläums ihren Dank durch Überreichung seiner Büste mit folgender Widmung ab: „Dem unermüdlchen und erfolgreichen Förderer wissenschaftlicher Forschung auf dem Gebiete der physikalischen Technik, der die wissenschaftlichen Bedürfnisse der Technik selbst erkundend und an der Gemeinschaftsarbeit technischer Verbände regen Anteil nehmend zum lebendigen Bindeglied zwischen der Wahrheit suchenden Wissenschaft und der Nutzen bringenden Technik wurde“.

Als Präsident der Reichsanstalt widmete WARBURG lebhaftes und tätiges Interesse der Darstellung und Festlegung der empirischen Grundeinheiten. Auf dem internationalen Elektri-kongreß in Chicago waren 1893 drei empirische elektrische Grundeinheiten festgesetzt worden, das intern. Ohm durch den Widerstand einer bestimmten Quecksilbersäule, das intern. Amp. durch das Silbervoltmeter und das intern. Volt durch das Clarkelement. Deutschland hatte 1898 durch Reichsgesetz nur das intern. Ohm und Ampere angenommen, da das Volt sich hieraus nach dem OHmschen Gesetz ergab; die überwiegende Mehrzahl der anderen Staaten hatten aber alle drei Einheiten in ihre Landesgesetze übernommen; es stellte sich jedoch heraus, daß die drei in Chicago festgesetzten Einheiten das OHmsche Gesetz nicht genau erfüllten, der Fehler war nahezu 1 promille. Auf der 1905 von der Reichsanstalt nach Charlottenburg einberufenen vorbereitenden internationalen Konferenz setzte es WARBURG durch, daß auch die anderen Staaten sich zur Festlegung

von nur zwei elektrischen Grundeinheiten bereit erklärten, und zwar — es gab hierbei erhebliche Widerstände zu überwinden — das intern. Ohm und Ampere. Auf der internationalen Konferenz zu London 1908 wurde diese Festsetzung zum Beschluß erhoben. Dabei stellte WARBURG die Forderung, welche die Konferenz auch annahm, daß diese beiden intern. Grundeinheiten nicht verändert werden sollten, wenn spätere genauere Messungen Abweichungen gegen die absoluten Einheiten ergäben, die Technik müsse zur Ruhe kommen. Wie wesentlich diese weitblickende Forderung war, geht daraus hervor, daß 1914 die deutsche und die englische Reichsanstalt, nach verschiedenen Methoden messend, übereinstimmend fanden, daß das internationale Ohm um 0,51 promille vom absoluten Ohm abweicht.

Bei der Londoner Konferenz wurde das sog. RAYLEIGH-Komitee aus 15 Delegierten eingesetzt, welches bis zur Bildung einer permanenten Kommission (zu der es nicht kam) die internationalen Ziele weiter verfolgen sollte. WARBURG war der Vorsitzende dieses Komitees, das u. a. eine internationale Vereinbarung über die Spannung des Weston-Normalelementes in intern. Volt zustande brachte.

Auch für die internationale Festsetzung der Kupfernornale, welche für die Elektrotechnik von größter Bedeutung war, setzte WARBURG sich persönlich ein. Für 1914 hatte er eine internationale Konferenz für Temperatur- und Wärmeinheiten nach Berlin einberufen, leider verhinderte der Krieg das Zustandekommen; persönlich förderte er die Vorarbeiten für ein Gesetz über die Temperaturskala und die Wärmeeinheit, das, allerdings erst nach seinem Ausscheiden aus dem Amte, durch den Reichstag am 7. August 1924 angenommen wurde.

Als 1912 der Handel mit Radium und Mesothor für medizinische Zwecke aufkam, veranlaßte er in der Reichsanstalt die Einrichtung der Prüfung solcher Präparate durch Vergleich ihrer γ -Strahlung mit der eines an die internationale Normale in Paris angeschlossenen Standard. Nach dem Kriege veranlaßte er die Ausarbeitung einer einwandfreien absoluten Dosismessung für Röntgenstrahlen durch die Reichsanstalt, womit einem dringenden Bedürfnis der Ärzte genügt wurde. Die von der Reichsanstalt vorgeschlagene absolute Dosiseinheit wurde 1923 von der Deutschen Röntgengesellschaft angenommen, auch im Auslande beginnt sie sich einzuführen.

In der Reichsanstalt legte WARBURG das größte Gewicht auf die wissenschaftliche Betätigung, auch der technisch gerichteten ließ er seine Förderung gedeihen; erwähnt wurde bereits die Einstellung eines Ingenieurs für wärmetechnische Untersuchungen und die Ausstattung eines entsprechenden Laboratoriums, das 1914 durch einen Ausbau vergrößert wurde. Das Starkstromlaboratorium setzte er durch Vermehrung des Personals und der experimentellen Mittel in die Lage,

mit der rapiden Entwicklung der Elektrotechnik Schritt zu halten, bald wurden die verfügbaren Räume zu voll und für die ständig wachsenden Hochspannungen zu eng. WARBURGS Bemühungen, ein neues den technischen Anforderungen entsprechendes Gebäude bewilligt zu erhalten, wurden nach ziemlich weit gediehenen Vorarbeiten und Planungen durch die Reichsfinanzreform 1908 zunächst vereitelt, er nahm sie später wieder auf und erreichte 1912, unter Betonung der Gefährlichkeit der Hochspannung in den unzureichenden Räumen, die Bewilligung eines Neubaus mit Einrichtung für $\frac{3}{4}$ Million Mark, Anfang 1914 konnte die Übersiedelung in das neue Haus vollzogen werden. Ein ebenfalls von ihm beantragter wichtiger Neubau für ein Laboratorium für Grundeinheiten für 100 000 Mark wurde bedauerlicherweise abgeschlagen; „leider sind diese Arbeiten gänzlich ungefährlich“, sagte er scherzend. 1914 ließ WARBURG Arbeiten zur Gasverflüssigung aufnehmen, die aber wie vieles andere durch den Krieg unterbrochen wurden, vor kurzem haben sie zur Verflüssigung von Helium geführt.

Der Reichsanstalt, welche die Zusammenarbeit der Physik und der Technik pflegen soll, wußte

WARBURG eine für diesen Zweck geeignetere Organisation zu geben. Bei der Gründung der Anstalt hatte SIEMENS die Pflege der reinen Forschung, HELMHOLTZ die Förderung der Technik betont, es wurde demgemäß die Anstalt in zwei Abteilungen, eine rein wissenschaftliche und eine technisch-wissenschaftliche gegliedert, in der Hoffnung, daß beide Abteilungen in der lebendigen Wechselwirkung am besten gedeihen würden. Statt dieser Wechselwirkung drohte eine Kluft zwischen den beiden Abteilungen einzutreten. WARBURG gliederte die Anstalt in drei große Abteilungen für Optik, Elektrizität und Wärme, deren jede rein wissenschaftliche und technisch-wissenschaftliche Laboratorien unter demselben Direktor vereinigt; auch werden von technischen Laboratorien rein wissenschaftliche Aufgaben bearbeitet. Diese Regelung hat sich gut bewährt und Reibungen beseitigt, ihre Auswirkung auf die Arbeit bleibt nicht aus.

So sind die Wirkungen WARBURGS zur Technik mannigfaltig und bedeutend gewesen. Mögen Wissenschaft und Technik den Dank, den sie WARBURG schulden, durch vorurteilsfreie Sachlichkeit nach seinem Vorbilde und durch Bemühen zu gegenseitigem Verständnis abtragen.

Der Wirkungsquerschnitt bei atomaren Stoßprozessen.

Von J. FRANCK, Göttingen.

Untersuchungen aus dem Gebiete der kinetischen Gastheorie, von denen insbesondere die klassischen Arbeiten von WARBURG und KUNDT über innere Reibung von Gasen zu nennen sind, haben uns den Durchmesser von Atomen und Molekülen zu messen gelehrt. Man erhält Werte, die von Molekül zu Molekül verschieden sind, aber durchweg die Größenordnung von 10^{-8} cm besitzen. Unter Moleküldurchmesser versteht man dabei den Durchmesser einer um den Mittelpunkt eines Moleküls beschriebenen Kugel, in die bei Zusammenstößen andere Atome und Moleküle nicht eindringen können. In erster Näherung wirken bei den gaskinetischen elastischen Zusammenstößen die Atome und Moleküle wie starre Kugeln von gegebenem Durchmesser. Man war sich schon frühzeitig bewußt, daß die Atome nicht in Wirklichkeit starre Kugeln sind, sondern daß sie aufeinander Kräfte ausüben, die mit einer hohen Potenz der Entfernung abnehmen. Es muß daher auch der Stoßradius eines Atoms nicht konstant sein, vielmehr muß der Abstand, bis zu dem zwei Atome sich nähern können, von der Relativgeschwindigkeit abhängig sein, mit der sie aufeinandertreffen. In der Tat hat man auch die Abhängigkeit der inneren Reibung von Gasen von der Temperatur nur wiedergeben können, indem man nach dem Vorgang von SUTHERLAND eine Abhängigkeit des Stoßquerschnittes von der Relativgeschwindigkeit der Stoßpartner einführte.

Ich darf als bekannt voraussetzen, wie, aufbauend auf experimentellen Untersuchungen über

Kathoden- und α -Strahlen (insbesondere von LENARD und von RUTHERFORD), BOHR dazu geführt wurde, anzunehmen, daß das Atom aus positiv geladenen Kernen und Elektronen aufgebaut sei, die den positiven Kern auf Planetenbahnen umkreisen, und wie es ihm gelang, auf Grund dieser Vorstellung die spektralen Emissionen der Atome und Moleküle zu deuten. Der Bahndurchmesser des normalen Atoms im unangeregten Zustand stimmt dabei mit dem Bahndurchmesser des am lockersten gebundenen Elektrons der Größenordnung nach überein. Bringen wir Atome oder Moleküle in einen höheren Quantenzustand, indem wir durch Energiezufuhr Strahlungsprozesse anregen, so wächst nach der BOHRschen Theorie mit der Höhe der Anregung der Bahndurchmesser des Leuchtelektrons. Hiermit steht, worauf zuerst STERN und VOLMER¹⁾ hingewiesen haben, in bestem Einklang, daß bei allen quantitativen Versuchen über die Stoßdämpfung von Spektrallinien²⁾ die Zahl der Zusammenstöße und damit der Stoßquerschnitt des angeregten Atoms oder Moleküls größer angesetzt werden muß, als sich aus der kinetischen Gastheorie ergibt. Nach den neuen Vorstellungen der Quantenmechanik wird man dabei nicht erwarten dürfen, daß der Stoßquerschnitt wirklich mit dem auf Grund der gewöhnlichen Mechanik sich ergebenden Bahndurchmesser des Leuchtelektrons übereinstimmt, aber qualitativ wird eine Ähnlichkeit bestehen bleiben. Besonders

¹⁾ STERN und VOLMER, Phys. Zeitschr. 20, 183. 1919.

²⁾ FÜCHTBAUER, Phys. Zeitschr. 14, 1164, 1168. 1913.

geeignet zur Festlegung der Stoßradialen angeregter Atome hat sich die Auslöschung der Fluoreszenz von einatomigen Gasen durch Zusatz von Fremdgasen erwiesen¹⁾. Wählt man als Zusatzgas solche Gase, bei denen durch den Stoßvorgang die gesamte Anregungsenergie in Energie der Wärmebewegung (Translation, Schwingung, Rotation) umgewandelt wird, so kann man aus der Lichtschwächung, die ein Gaszusatz bestimmten Druckes ergibt, ausrechnen, auf welchen Abstand das fremde Atom oder Molekül dem angeregten nahekommen muß, um einen strahlungslosen Übergang des angeregten Atoms in seinen Normalzustand durch einen sog. Stoß zweiter Art zu erzwingen. Bei stark auslöschenden Gasen ergeben sich Werte, die das 6—8fache des gaskinetischen Durchmessers eines Atoms betragen können, selbst wenn das Atom sich nur in der ersten Anregungsstufe befindet. Es zeigt sich, daß bei den Zusammenstößen innere Energie und kinetische Relativenergie der Stoßpartner zusammenwirken können, um beim Zusammenstoß eine oder beide Stoßpartner in einen anderen Quantenzustand zu überführen. Nur solche Quantensprünge finden statt, für die in Summa die nötige Energie vorhanden ist. Die Häufigkeit der Übergänge und der Wirkungsquerschnitt hängen von vielen Parametern ab, die zum kleinen Teil aus experimenteller und theoretischer Behandlung des Problems zu entnehmen sind²⁾.

Allgemein hat sich ergeben, daß die Übergänge mit um so größerer Häufigkeit stattfinden und daß der Wirkungsquerschnitt um so größer ist, je weniger Energie aus der Translationsbewegung entnommen und bzw. in sie umgesetzt werden muß. Als ein Beispiel mag erwähnt werden, daß Zusammenstöße von angeregten Atomen mit Edelgasen, die ihrerseits schwer anregbar sind, die Fluoreszenzemission sehr wenig stören, während umgekehrt Zusammenstöße mit einatomigen Gasen, die zu ihrer Anregung weniger Energie bedürfen, als in dem ursprünglich angeregten Atome vorhanden ist, die ursprüngliche Fluoreszenz stark schwächen. Die Energie wird größtenteils verwendet, um die stoßenden Atome anzuregen, und man beobachtet die Erscheinung der sensibilisierten Fluoreszenz. Dabei werden diejenigen Spektrallinien am stärksten emittiert, die fast die gleiche Anregungsenergie besitzen wie das ursprünglich angeregte Atom. Man kann die Verhältnisse im mechanischen Bilde am besten wiedergeben, wenn man sagt, daß die Zahl der Quantenübergänge um so mehr steigt, je weiter wir uns der Resonanz zwischen der Schwingung des ursprünglich angeregten Atoms und der im stoßenden Atom anzuregenden nähern. Auch die Auslöschung der Fluoreszenz durch Zusatz von mehr-

atomigen Gasen läßt sich anscheinend so deuten. Wiederum scheinen die Gase die Fluoreszenz am stärksten zu stören, die die gesamte Energie in molekulare Schwingungsenergie überführen können. Dabei kann die Schwingungsenergie so stark werden, daß das mit dem angeregten Atom zusammenstoßende Molekül dissoziiert wird. Auch die Relativgeschwindigkeit der Stoßpartner muß, wie aus thermodynamischen Überlegungen folgt¹⁾, auf die Ausbeute an Stößen zweiter Art einen wesentlichen Einfluß haben. Ob jedoch die Tatsache, daß die Auslöschung der Quecksilberresonanzfluoreszenz durch Stickstoff bei Zimmertemperatur recht stark ist, dagegen bei ca. 1000° (abs.) unmerklich wird, hierdurch zu deuten ist, steht noch nicht fest²⁾.

Insgesamt wird man danach erwarten dürfen, daß bei scharfer Resonanz zwischen dem angeregten Atom und dem stoßenden Atom sehr große Wirkungsquerschnitte zu erwarten sind. Diesen Fall kann man verwirklichen, wenn ein angeregtes Atom mit einem nicht angeregten Atom der gleichen Atomsorte zusammenstößt. In diesem Falle sollte das primär angeregte Atom oft strahlungslos in seinen Normalzustand zurückgehen können, während das stoßende Atom seinerseits angeregt wird. Dieser Vorgang sollte ferner um so häufiger auftreten, je größer die natürliche Übergangswahrscheinlichkeit des betreffenden Quantensprunges ist. Da ein Auftreten neuer Spektrallinien hier wegfällt, so muß man nach anderen Indikatoren für einen großen Wirkungsquerschnitt suchen. Einen Weg dazu hat FR. MENSING³⁾ theoretisch angegeben und haben MINKOWSKI⁴⁾, HOLTZMARK⁵⁾ u. a. experimentell studiert. Er besteht in der Untersuchung der Verbreiterung der Absorptions- und Emissionslinien bei Steigerung des Druckes eines reinen Gases. Es hat sich dabei in der Tat gezeigt, daß die Zusammenstöße zwischen Atomen der gleichen Sorte eine viel größere Stoßdämpfung verursachen als Zusammenstöße mit fremden Atomen und Molekülen.

Eine weitere Möglichkeit zum Nachweis dieses Effektes besteht in der Untersuchung des Polarisationsgrades des Fluoreszenzlichtes bei Anregung mit linear polarisiertem Licht. Nach der Entdeckung von WOOD und ELLET⁶⁾ ist bei sehr niederen Quecksilberdrucken die Resonanzfluoreszenz des Quecksilbers fast völlig linear polarisiert bei Anregung mit linear polarisiertem Licht. Störungen durch selbst sehr schwache äußere Magnetfelder und ebenfalls Zusammenstöße ergeben eine Depolarisation. Über

¹⁾ KLEIN und ROSSELAND, Zeitschr. f. Phys. 4, 46. 1921.

²⁾ Die betr. Beobachtungen von CARIO und FRANCK sind noch nicht publiziert, in einer Arbeit, die in der Zeitschr. f. Phys. erscheinen soll, wird die Frage näher diskutiert werden.

³⁾ L. MENSING, Zeitschr. f. Phys. 34, 611. 1925.

⁴⁾ MINKOWSKI, Die Naturwissenschaften 13, 1091. 1925.

⁵⁾ HOLTZMARK, Zeitschr. f. Phys. 34, 722. 1925.

⁶⁾ R. W. WOOD und ELLET, Proc. Roy. Soc. London 103, 396. 1923.

¹⁾ STUART, Zeitschr. f. Phys. 32, 262. 1925; MANNKOPF, Zeitschr. f. Phys. Im Erscheinen begriffen.

²⁾ Siehe z. B. eine Zusammenfassung bei J. FRANCK, Ergebnisse d. exakt. Nat. II, 106. 1923 und insbesondere NORDHEIM, Zeitschr. f. Phys. in einer im Drucke befindlichen Arbeit.

dieses Gebiet ist eine größere Reihe von Untersuchungen angestellt, eine Zusammenstellung der Ergebnisse findet sich in einem Bericht von HANLE¹⁾, auf den hier verwiesen werden mag. Hier genügen einige kürzere Angaben. Der Einfluß der schwächeren Magnetfelder hat sich als Spezialfall eines Zeemaneffektes erwiesen, bei dem die sich rechnerisch ergebende Aufspaltung kleiner als die Breite der Spektrallinie ist. Die fast völlige Polarisation des Resonanzfluoreszenzlichtes des Quecksilbers bei Störungsfreiheit läßt sich nach BOHR²⁾ durch die Überlegung deuten, daß ohne ein äußeres Feld zwar keine Richtung der Atomachse im Raum ausgezeichnet ist, daß aber unter dem Einfluß des polarisierten Lichtes der Übergang in den höheren Quantenzustand unter einer gleichzeitigen Orientierung der ausgezeichneten Achse zur Richtung des elektrischen Vektors stattfindet. Nach HEISENBERG³⁾ kann man den Polarisationsgrad für diesen Fall demjenigen gleichstellen, der sich ergibt, wenn ein Magnetfeld vorhanden ist, dessen Kraftlinien $\parallel$ dem elektrischen Vektor des Lichtes verlaufen. Man erhält dann für die Resonanzlinie des Quecksilbers 100% Polarisation, was mit dem experimentellen Befund (90—95%) gut übereinstimmt. Die Depolarisation der Resonanzstrahlung wird schon von einem Druck $= 1/1000$ mm an merklich. Die Abhängigkeit vom Druck ohne Einwirkung eines äußeren Feldes ist jedoch noch nicht näher untersucht. Man kann daher aus der Tatsache, daß schon bei so niedrigen Drucken Depolarisation auftritt, nur schließen, daß der Wirkungsquerschnitt für depolarisierende Stöße wesentlich größer als der gaskinetische sein muß. Da die Frequenz bei der Depolarisation die gleiche bleibt, so kommt der Umsatz von Anregungsenergie in Translationsenergie hierbei nicht in Frage.

Neuerdings hat nun SCHÜTZ⁴⁾, von recht ähnlichen Überlegungen ausgehend, die Depolarisation der Quecksilberresonanzstrahlung in einem äußeren Magnetfelde untersucht, dessen Kraftlinien $\parallel$ zum elektrischen Vektor standen. Er erhält bei 2000, 9000 und 18000 Gauß bei Drucken von $2 \cdot 10^{-4}$ mm und $1 \cdot 10^{-3}$ mm nur einen kleinen, aber sicher nachweisbaren Prozentsatz $\perp$ zum Feld polarisierten Lichtes, der nach seinen Messungen von der Feldstärke unabhängig ist. Der Übergang vom π -Zustand zum σ -Zustand erfolgt, wenn unangeregte Quecksilberatome dem angeregten auf einen Abstand nahekommen, der etwa das 10fache des gaskinetischen Radius normaler Atome beträgt. Da die Aufspaltungen klein sind, so ist nach den obigen Ausführungen der große Wirkungsquerschnitt verständlich und wird auch von SCHÜTZ ähnlich gedeutet. Im Widerspruch aber zu den obigen Annahmen scheint die Unabhängigkeit des Wirkungsquerschnittes von der Feldstärke zu ste-

hen. Man sollte vielmehr erwarten, daß er mit der Feldstärke rasch abnimmt, da wir uns von der Resonanz immer weiter entfernen und wegen der magnetischen Aufspaltungen der Terme ein proportional mit der Feldstärke anwachsender Energiebetrag in Translationsenergie umgesetzt werden muß, wenn ein Übergang aus dem π - in den σ -Zustand erfolgt. Man kann vielleicht annehmen, daß die Unabhängigkeit von der Feldstärke bei SCHÜTZ nur vorgetäuscht ist, da die Quecksilberresonanzlinie aus 5 Komponenten¹⁾ besteht und die Aufspaltung selbst bei dem stärksten von SCHÜTZ verwandten Feld von der Größenordnung der Komponentenaufspaltung bleibt.

Eine quantitative Untersuchung der Polarisation in Abhängigkeit vom Druck bei Ausschaltung äußerer Felder müßte, wenn diese Überlegung stimmt, noch wesentlich größere Wirkungsquerschnitte ergeben, besonders wenn man statt der Quecksilberresonanz die D-Linienresonanz des Natriums untersucht. Die natürliche Übergangswahrscheinlichkeit der D-Linien des Natriums ist um ein Vielfaches größer als die der Resonanzlinie des Quecksilbers, und ferner haben bei Natrium im Gegensatz zum Quecksilber auch die normalen Atome ein magnetisches Moment, durch das sie die Einstellung der ausgezeichneten Achse der angeregten Atome verändern können. Einen Anhaltspunkt dafür, daß der Wirkungsquerschnitt hier wesentlich größer sein muß als beim angeregten Quecksilber, kann man aus der Tatsache entnehmen, daß es bisher nicht gelungen ist, bei der Natriumfluoreszenz den nach der Theorie von HEISENBERG zu erwartenden Polarisationsgrad zu erhalten. Allerdings wird die Deutung der bisher vorliegenden Angaben erschwert, da bisher nur die Polarisation der Fluoreszenz beider D-Linien gemeinschaftlich im Felde σ untersucht worden ist. Die D_1 -Linie muß nach der Theorie unpolarisiert sein (siehe die hiermit im Einklang befindlichen Resultate von P. PRINGSHEIM²⁾ und E. GAVIOLA bei Untersuchung im Magnetfelde), während die D_2 bei Anregung mit linear polarisiertem Licht zu 60% polarisiert sein soll, wenn keine Störungen vorliegen.

Eine Prüfung der Theorie und eine gleichzeitige Messung des Abstandes, über den hin die Atome noch merklich depolarisierend wirken, läßt sich also vornehmen, wenn man die Resonanzfluoreszenz des Na mit linear polarisiertem Licht der D_2 -Linie anregt. Eine solche Untersuchung hat Herr DATTA in meinem Institut im letzten Jahre ausgeführt³⁾. Es zeigt sich im Druckbereich von 10^{-4} bis 10^{-7} mm eine ganz gesetzmäßige Zunahme der Stärke der Polarisation. Bei ca. 10^{-5} mm ist der Polarisationsgrad auf den Wert von ca. 20% gesunken. Diesen Wert hat man als Resultat der erzwungenen Schwingungen bei Anregung mit linear polari-

¹⁾ HANLE, Ergebnisse d. exakt. Naturw. IV, 214. 1925.

²⁾ N. BOHR, Naturwissenschaften 12, 1115. 1924.

³⁾ W. HEISENBERG, Zeitschr. f. Phys. 31, 617. 1925.

⁴⁾ W. SCHÜTZ, Zeitschr. f. Phys. 35, 260. 1925.

¹⁾ Siehe R. W. WOOD, Phil. mag. 50, 761. 1925.

²⁾ E. GAVIOLA und P. PRINGSHEIM, Zeitschr. f. Phys. 25, 367. 1924.

³⁾ Die Arbeit erscheint demnächst ausführlich als Dissertation des Herrn DATTA.

siertem Licht zu erwarten, wenn alle Richtungen der Achse der Atome im Raum gleich oft vorkommen. Bei diesem Drucke wird also schon eine Vorzugsrichtung unter der Einwirkung der Atome aufeinander völlig aufgehoben. Auch bei 10^{-7} cm. ist die Polarisation noch nicht bis auf 60% angestiegen, aber eine allerdings unsichere Extrapolation der Kurve läßt diesen Wert als möglich erscheinen. Berechnet man aus der Kurve den mittleren Abstand, über den hin die Atome depolarisierend wirken, so erhält man das 10 000fache des gaskinetischen Querschnittes, nämlich 10^{-4} cm. Schaltet man ein äußeres Magnetfeld ein, deren Kraftlinien $\parallel$ zum elektrischen Vektor des erregenden Lichtes liegen, so wird, wie erwartet, die Einwirkung des Druckes geringer, und es läßt

sich bei kleinem Druck der theoretische Wert von 60% erreichen. Das ist verständlich, da beim Vorhandensein des Magnetfeldes ein kleiner Energieaustausch zwischen Translations- und Anregungsenergie stattfinden muß, um Depolarisation zu ergeben. Herr DATTA ist damit beschäftigt, die Einwirkung äußerer Magnetfelder mit der der Atome aufeinander quantitativ zu vergleichen. Es ist zu hoffen, daß man auf diese Weise eine genauere Kenntnis über das die Atome umgebende Kraftfeld erhalten kann, bisher läßt sich nur sagen, daß sein Vorhandensein sich bis auf einen Abstand von 10^{-4} cm vom Atomkern mit Sicherheit nachweisen läßt.

Göttingen, II. Phys. Inst., Februar 1926.

Zur quantenhaften Lichtabsorption in festen Körpern.

Von ROBERT POHL, Göttingen.

Bei der Abspaltung von Elektronen durch Licht (lichtelektrische Wirkung) hat man sowohl die Energie wie die Zahl der Elektronen in ihrer Abhängigkeit von der Lichtwellenlänge untersucht. — Zu beiden Fragen macht die Annahme einer quantenhaften Lichtabsorption eine bestimmte Voraussage:

1. die kinetische Energie der Elektronen soll linear mit der Frequenz,

2. die Zahl der Elektronen proportional der Wellenlänge des Lichtes ansteigen; vgl. Fig. 1a.

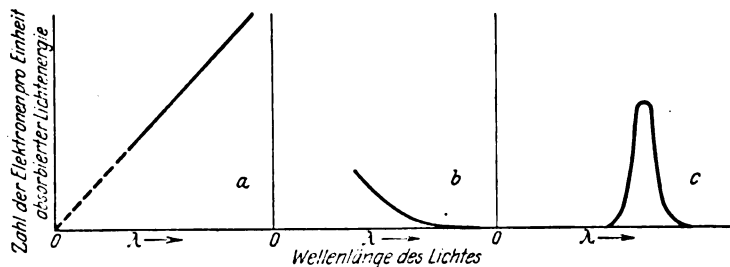


Fig. 1.

Das Experiment hat die erste, 1905 von EINSTEIN (1) gemachte Voraussage glänzend bestätigt. (ERICH LADENBURG, JOFFE, MILLIKAN, WAGNER u. a.) (2). Die Gleichung $\frac{1}{2} m u^2 = h \nu - p$ läßt ein außerordentlich umfangreiches, mit großem Arbeitsaufwand gewonnenes Beobachtungsmaterial in einfachster Form zusammenfassen.

Ganz anders steht es bisher mit der zweiten Frage, der Abhängigkeit der Elektronenzahl von der Lichtwellenlänge. An systematischer Beobachtung hat es hier nicht gefehlt. Aber der Erfolg war recht bescheiden. Es gelang, für die Zahl der Elektronen pro Einheit absorbierter Lichtenergie zwei charakteristische Typen der spektralen Abhängigkeit zu trennen: Bei der ersten, Fig. 1b, steigt die Zahl der Elektronen kontinuierlich mit der Frequenz des Lichtes:

„normaler Photoeffekt“. Bei der zweiten, Fig. 1c, zeigt sie in einem engen Wellenbereich ein scharfes, an eine Resonanzkurve erinnerndes Maximum: „selektiver Photoeffekt“ (3).

Den selektiven Photoeffekt beobachtet man nie ohne einen untergelagerten normalen. Doch lassen sich beide Effekte trennen, wenn man polarisiertes Licht und optisch einwandfrei spiegelnde Metalloberflächen verwendet (4). Man kann dann den selektiven Photoeffekt unterdrücken, indem man dem elektrischen Lichtvektor keine zur Metalloberfläche senkrechte Komponente gibt.

Weder der normale noch der selektive Photoeffekt lieferte nun eine Bestätigung der oben unter (2) gemachten Voraussage. Von einer Proportionalität der Elektronenzahl mit der Lichtwellenlänge war nicht die Rede. Überdies blieben die Elektronenzahlen weit hinter dem „Quantenäquivalent“ zurück: Beim normalen Photoeffekt kam erst auf Tausende, beim selektiven in günstigsten Fällen auf 40 Lichtquanten ein Elektron (5).

Trotzdem konnte von einer Widerlegung der „Äquivalentvoraussage“ nie die Rede sein.

Die Schwäche der Beobachtungen über den normalen und den selektiven Photoeffekt lag zu klar zu Tage. Sie wurde auch von P. PRINGSHEIM und mir in vielen Veröffentlichungen betont (6): Man maß ja bei den lichtelektrischen Beobachtungen an festen Körpern (meist Metallen) nicht die Zahl der vom Licht primär abgespaltenen Elektronen. Zur Beobachtung gelangte vielmehr nur der Bruchteil, der schließlich durch die Oberfläche der Körper entweichen konnte.

Überdies zeigte jede Erweiterung unserer Versuche, welch entscheidenden Einfluß ungeklärte Vorgänge an der Metalloberfläche hatten. Es

gelang uns, die spektrale Verteilung des normalen Photoeffektes (Fig. 1b) willkürlich um mehr als eine Oktave hin und her zu schieben (7). Wir konnten am Kalium das Maximum des selektiven Photoeffektes um mehr als $30\text{ m}\mu$ willkürlich verlagern (8). Das Verhältnis von selektiven zum normalen Photoeffekt variierte von Oberfläche zu Oberfläche in rätselhafter Verschiedenheit (9). Selbst an der gleichen Fläche gab es starke zeitliche Änderungen. Schließlich beschrieb WIEDMANN (10) sogar ein Verfahren, K-Flächen ganz ohne selektiven Photoeffekt herzustellen. Dieser trat erst auf, wenn feuchter Wasserstoff mit dem Kalium chemisch reagierte und eine sichtbare Trübung der Oberfläche hervorrief.

Auf der anderen Seite veröffentlichte jetzt E. WARBURG (11) ein Ergebnis von allgemein als groß anerkannter Tragweite. WARBURG hatte nicht die Zahl der vom Licht abgespaltenen Elektronen gemessen, sondern die Zahl der photochemischen Elementarprozesse in Gasen. WARBURG fand wenigstens in einzelnen Fällen eine Gültigkeit von EINSTEINS „photochemischem Äquivalentgesetz“. Er fand pro absorbiertes Lichtquant $h\nu$ einen photochemischen Elementarprozess.

Dieser WARBURGsche Befund konnte bei sinngemäßer Übertragung eigentlich keinen Zweifel lassen, daß die im normalen und selektiven Photoeffekt beobachteten Elektronenzahlen keineswegs geeignet waren, um die oben unter (2) aufgeführte Voraussage zu prüfen. Ebenso klar war es aber, daß der bisher begangene Weg als Sackgasse aufzugeben war. *Die Beobachtungen des lichtelektrischen Effektes an der Metalloberfläche führten nicht mehr weiter.* Am allerwenigsten mit den Hilfsmitteln, die uns in der ersten Nachkriegszeit im Göttinger Institut zur Verfügung standen.

Das war der Grund, aus dem GUDDEN und ich versuchten, ganz radikal vorzugehen und die Oberfläche des festen Körpers mit allen ihren Unklarheiten völlig auszuschalten. Die abgespaltenen Elektronen sollten von nun an nur noch *im Innern* der festen Körper beobachtet werden. Als geeignetes Material erschienen hochisolierende Krystalle mit eingesprengten oder gelösten fremden Metallatomen. Die an diesen Metallatomen vom Licht abgespaltenen Elektronen sollten sich durch eine Vergrößerung der Dielektrizitätskonstante des Krystalles bemerkbar machen. Es wurde nicht erwartet, die Elektronen als einen „lichtelektrischen Leistungsstrom“ im Krystall fassen zu können.

Als erstes Krystallmaterial wurde Zinksulfid mit Kupferzusatz benutzt. Schon der erste Versuch war erfolgreich. Es ergab sich eine Zunahme der Dielektrizitätskonstanten durch Belichtung, eine bisher noch nie beobachtete Erscheinung (12). Außerdem trat etwas ganz Unerwartetes ein: durch den zuvor hochisolierenden ZnS-Krystall flossen „lichtelektrische Ströme“ hindurch. Das galt, wie sich bald herausstellte, nicht nur für ZnS mit Cu-Zusatz. Die lichtelektrischen Ströme fanden

sich allgemein in allen Krystallen mit hohem optischen Brechungsindex ($n > 2$) (13). Das verhielt sich im ersten Augenblick eine erfreuliche Vereinfachung des Beobachtungsverfahrens. Aber das war eine große Täuschung: Die beobachteten Ströme zeigten all die unerquicklichen Erscheinungen, die von der Einwirkung des Lichtes auf Selen zur Genüge bekannt sind. Die bei Belichtung beobachteten Ströme waren träge. Sie hingen von der Vorgeschichte ab. Es fehlte Proportionalität zur Lichtenergie und es gab keine Sättigung. Es waren alle Schwierigkeiten vorhanden, deren man bei der Erforschung des Selen trotz jahrzehntelanger Arbeit nicht Herr geworden war. Nur eines stand von Anfang an fest: Der beobachtete Strom bestand sicher *nicht* in der Wanderung der vom Licht primär abgespaltenen Elektronen. Es konnte sich aus vielen Gründen nur um sekundäre Folgeerscheinungen der primären lichtelektrischen Elektronenabspaltung handeln. Es kam nun darauf an, diesen primären Vorgang aus dem Wust der sekundären herauszuschälen. Die Bedingungen erschienen in dieser Hinsicht günstiger als beim Selen. Die Mehrzahl der von uns gefundenen Stoffe waren hervorragende Isolatoren, unter ihnen z. B. der Diamant. Es fehlte also wenigstens der seinem Wesen nach unklare und überdies inkonstante Dunkelstrom der Selenpräparate.

In der Tat gelang es verhältnismäßig rasch, den lichtelektrischen Primärstrom einwandfrei abzutrennen (14). Die Abwanderung der Elektronen, der „negative Primärstromanteil“, setzt trägeheitslos ein (34). Der Strom ist der Lichtintensität proportional und läßt sich sättigen. Gleichzeitig bewirkt die lichtelektrische Elektronenabspaltung eine Erweiterung des optischen Absorptionsspektrums nach längeren Wellen. — Dem negativen Primärstromanteil folgt hinterher der positive. Er besteht im Einrücken von Ersatzelektronen. Dieser Vorgang wird in zwei Weisen ausgelöst. Erstens durch Wärmebewegung (15). Zweitens durch Absorption solchen langwelligen Lichtes, das in dem zuvor erweiterten Absorptionsspektrum absorbiert wird (16). Der positive Primärstrom stellt elektrisch wie optisch im Innern den Ausgangszustand des Krystalles wieder her.

Sobald das Wesen des Primärstromes klargestellt war, wurde die Ausgangsfrage wieder aufgenommen: Wie hängt die Zahl der Elektronen pro Einheit absorbierten Lichtenergie von der Wellenlänge des Lichtes ab? Die Antwort war: Sie ist in weitem Bereich der Lichtwellenlänge proportional. In etlichen Fällen wurde sogar in Analogie zu WARBURGs photochemischen Befunden das volle „Quantenäquivalent“ gefunden, pro Lichtquant ein Elektron (17). — Die Ausschaltung der Oberfläche bei den lichtelektrischen Beobachtungen war nicht erfolgreich geblieben.

Aber trotz des wegen seiner Einfachheit erfreulichen Ergebnisses waren GUDDEN und ich im Grunde von unserem ursprünglich beabsichtigten Wege heruntergeraten: Wir hatten den Photo-

effekt an Metallatomen untersuchen wollen, die als Fremdkörper in ein durchsichtiges, isolierendes Gitter eingesprengt sind. Bei den von uns benutzten Krystallen hoher Lichtbrechung waren aber die Zentren der lichtelektrisch wirksamen Lichtabsorption ganz anderer Art gewesen. Es handelt sich bei den Krystallen, wie Diamant, Zinnober usw. um solche Atome bzw. Moleküle, die den *langwelligen Ausläufer* der konstitutionellen Eigenabsorption des Krystalles bedingen. Es müssen solche Atome oder Moleküle sein, deren Eigenfrequenz sich von der der großen Mehrzahl durch Wärmestörungen oder Gitterfehler aller Art unterscheidet. In dem Gebiete hoher Lichtabsorption, also beim Eindringen in die kurzwellige Absorptionsbande selbst, verschwindet die lichtelektrische Leitung (18). Auf diesen Punkt werden wir gegen Schluß zurückkommen.

Inzwischen war die sehr umfangreiche, letzte Arbeit RÖNTGENS erschienen. RÖNTGEN berichtete über Versuche, die er zum Teil gemeinsam mit A. JOFFE ausgeführt hatte (19). RÖNTGEN hatte gefunden, daß durch Röntgenlicht gelb verfärbtes NaCl im Lichte seine Leitfähigkeit um viele Zehnerpotenzen erhöht. Das gleiche hatte RÖNTGEN für natürliches, blaues oder violettes Steinsalz festgestellt, dessen Färbung nach SIEDENTOPFS ultramikroskopische Untersuchungen auf kolloidalen Na-Teilchen beruht (20). Hierauf hatte RÖNTGEN die Auffassung gestützt, daß der von ihm beobachteten Leitfähigkeitsänderung in letzter Linie ein Photoeffekt an den fein verteilten Na-Teilchen zugrunde läge. Traf das zu, so war das von uns ursprünglich erstrebte Krystallmaterial in geeigneter Form gefunden: Ein isolierendes Gitter mit eingesprengtem Natrium, also einem Metall, das als massives Stück sowohl den normalen wie den selektiven Photoeffekt zeigte. Allerdings war zunächst noch ein ganz wichtiger Punkt zu klären: Handelte es sich in diesem gelb verfärbten NaCl nur um sekundäre, dem des Selens ähnliche Leitfähigkeitsänderungen? Dafür sprachen die von RÖNTGEN ausgiebig untersuchten Trägheitserscheinungen, der Einfluß der Vorgeschichte und manches andere. — Oder gelang es, auch bei dem gelb verfärbten NaCl einen lichtelektrischen Primärstrom zu beobachten?

Die erdrückende Fülle des von RÖNTGEN zusammengetragenen Beobachtungsmateriales ließ erst nach geraumer Zeit eine Übersicht gewinnen. Nachdem alle Versuche RÖNTGENS reproduziert worden waren, konnte man in der Tat im gelben NaCl charakteristische Primärstromerscheinungen nachweisen (21): Es fand sich der negative und der positive Primärstromanteil (Abwanderung und Ersatz der Elektronen) und die Erweiterung des optischen Absorptionsspektrums nach längeren Wellen bei Belichtung mit lichtelektrisch wirksamem Licht (22). — Die Erscheinungen im blauen und violetten Steinsalz blieben zunächst unverständlich.

Nach Sicherstellung des Primärstromes wurde

sogleich die Hauptfrage in Angriff genommen: Gilt die Proportionalität von Elektronenzahl und Wellenlänge (Fig. 1a)? Findet sich das Quantenäquivalent? Dr. GYULAI maß an den gleichen Krystallstücken die spektrale Verteilung von Primärstrom und Lichtabsorption (23). Beide Kurven waren sehr selektiv, die letztere ein wenig gegen die erstere nach kürzeren Wellen verschoben. Die Division beider gab die Zahl der Elektronen pro Einheit absorbierten Lichtenergie als Funktion der Wellenlänge. Als Ergebnis fand Dr. GYULAI eine auf den Wellenlängennullpunkt weisende Gerade. Die Zahl der Elektronen war gemäß Fig. 1a der Wellenlänge proportional. Leider kann man am gelben NaCl im Gegensatz zu Diamant, Zinnober usw. keine Sättigungsströme erreichen. Selbst bei Feldstärken von 70 000 Volt/cm ist noch keine Abweichung vom OHMSchen Gesetz erkennbar (24). Es muß daher noch offen bleiben, ob wirklich auf jedes $h\nu$, wie im Diamant, Zinnober usw., ein Elektron kommt.

Wieder hatte sich also die radikale Ausschaltung der Oberfläche bei lichtelektrischen Beobachtungen als förderlich erwiesen. Bei den Krystallen mit hoher Lichtbrechung einerseits, dem gelb verfärbten NaCl andererseits handelt es sich um zwei ganz verschiedene Typen der Lichtabsorption. Im ersten Falle ist es der langwellige Ausläufer der konstitutionellen *Eigenabsorption* des Krystalles, im zweiten handelt es sich um eine *Fremdfärbung* durch eingesprengte Metalle. Trotzdem in beiden Fällen das gleiche Ergebnis: Eine Gültigkeit des Quantenäquivalentsatzes für die Zahl der Elektronen im lichtelektrischen Effekt.

WARBURG hat den Quantenäquivalentsatz für photochemische Gasreaktionen in Einzelfällen bestätigen können. Ebenso dürfte der Satz jetzt für die lichtelektrische Elektronenabspaltung in Einzelfällen gesichert sein. Er scheint als Grenzesetz unter bestimmten Bedingungen zu gelten.

Welche Bedingungen sind es? Oder in Umkehr der Fragestellung: Welche Umstände verursachen beim Oberflächenphotoeffekt die spektralen Verteilungskurven Fig. 1b und c, die so gar nicht mit der nach der Quantendeutung erwarteten Fig. 1a vereinbar sind. — Die lichtelektrischen Beobachtungen *im Innern* fester Körper haben auch diese Frage nicht unerheblich geklärt.

Oben wurden bereits NaCl-Krystalle erwähnt, die durch ultramikroskopisch sichtbare Na-Teilchen blau oder violett verfärbt waren. RÖNTGEN hatte auch in ihnen „lichtelektrische Ströme“ gefunden. Es wollte aber in keiner Weise gelingen, die Beobachtungen, weder die elektrischen noch die optischen, in das für den lichtelektrischen Primärstrom bewährte Schema einzuordnen. Es blieb nichts, als durch Fortführung der Experimente Aufschluß zu suchen. Diese Experimente wurden in zweifacher Richtung angesetzt:

Erstens maß Dr. GYULAI (25) an den gleichen Krystallstücken das optische Absorptionsspektrum und die spektrale Verteilung der lichtelektrischen

Ströme. Die Absorptionsspektren zeigten erhebliche individuelle Verschiedenheiten. Die Hauptabsorption lag meist an der Grenze des Ultrarot. Die Zahl der Elektronen pro Einheit absorbierten Lichtenergie (Relativwerte) zeigte stets eine spektrale Verteilung gemäß Fig. 1c. Es kann kaum zweifelhaft sein, daß Dr. GYULAI den selektiven Photoeffekt an den Oberflächen der kolloidalen Na-Teile gemessen hat. Eine Verschiebung des Maximums gegenüber den an Na-Flächen in Vakuumzellen beobachteten findet eine ungezwungene Erklärung in dem Einfluß der Nachbarmoleküle, der oben erwähnt wurde (8).

Zweitens versuchten GUDDEN und ich die Erscheinungen an kolloidal verfärbten Krystallen in großem Maßstabe nachzumachen (26). Wir überzogen gemäß Fig. 2 die eine polierte Oberfläche einer NaCl-Platte *P* mit einem K-Spiegel, auf die zweite wurde eine durchsichtige Flüssigkeitsselektrode *F* aufgesetzt. Die Elektronen sollten von der bestrahlten K-Kathode in den Krystall

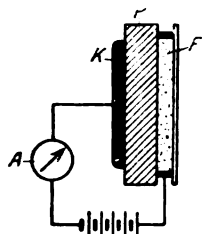


Fig. 2.

hineinlaufen. Unser Ziel war eigentlich die Feststellung, ob von außen in das Gitter gebrachte Elektronen im Gitter weiterlaufen können. Aber es kam mal wieder ganz anders. Von einem Eintritt der Elektronen in das Gitter war keine Rede. Das NaCl-Gitter ließ sich ohne weiteres durch Quarz oder Uviolglas ersetzen. Und dann kam die Hauptsache:

Die Elektrizitätsbewegungen waren unabhängig vom Vorzeichen der Kaliumfläche! Es war gleichgültig, ob das Kalium Kathode oder Anode war! Die spektrale Verteilung war durchaus die der Fig. 1c, in bester Übereinstimmung mit der Lage des selektiven Photoeffektes an massiven K-Flächen in Vakuumzellen (27). Ein untergelegter normaler Photoeffekt wurde nicht gefunden.

Die Befunde ließen nur eine Deutung zu. Die Zentren der Lichtabsorption, die hier den selektiven Photoeffekt lieferten, konnten unmöglich der Oberfläche des Kaliumspiegels angehören. Die Elektronen mußten vielmehr von unsichtbaren kleinen K-Teilchen herrühren, die in irgendeiner Zwischenschicht zwischen K-Spiegel und Isolatoroberfläche suspendiert waren. Die Existenz dieser Zwischenschicht ließ sich durch einen einfachen Versuch belegen. Die gesamte lichtelektrische Erscheinung blieb aus, sobald die Isolatoroberfläche vor dem Aufdestillieren des K-Spiegels mit besonderer Sorgfalt getrocknet wurde.

Die beiden soeben beschriebenen Untersuchungsreihen geben nun wohl endlich eine einleuchtende Deutung des selektiven Photoeffektes. Sie ist folgende. *Die Elektronen des selektiven Photoeffektes entstammen nicht den Atomen oder Molekülen des festen bzw. flüssigen Metalles. Sie entstammen vielmehr dem Metall im Zustande molekularer oder*

atomarer Verteilung. In diesem Zustande befinden sich z. B. Natriumatome

a) suspendiert oder gelöst im NaCl-Gitter, das durch Röntgenlicht oder einen gleichwertigen Eingriff verfärbt ist (gelbes NaCl);

b) suspendiert in einer Grenzschicht zwischen festem Na-Metall und einer Isolatorfläche;

c) adsorbiert an der Oberfläche von ultramikroskopisch sichtbaren Na-Teilchen in Krystallgittern (blaues NaCl);

d) adsorbiert an der Oberfläche festen oder flüssigen Natriummetalles in Vakuumzellen;

e) in den bunten kolloidal verfärbten Schichten, die durch Einwirkung selbständiger Gasentladung auf Natriumhydrür entstehen (ELSTER und GEITELS Photometerzellen) (28);

f) in den bunten, kolloidal verfärbten Schichten, die sich bei Einwirkung sauerstoffabgebender Substanzen auf dem Natrium bilden (8).

Unter d) ist eine adsorbierte Oberflächenschicht, ein zweidimensionaler Dampf an der Oberfläche der festen und flüssigen Phase eingeführt worden. Das ist heutigen Tages alles andere eher als eine ad hoc gemachte Annahme. Es genügt ein Hinweis auf Arbeiten von VOLMER (29), TAMMANN (30) und LANGMUIR (31). Offen ist nur zu lassen, ob außer den Dampf molekülen des Metalles noch fremde Moleküle beteiligt oder notwendig sind.

Welche Folgerungen ergeben sich aus dieser Vorstellung? Der Kürze halber, wollen wir auch weiterhin Na als Beispiel beibehalten.

Die in Kurve 1c dargestellte Kurve des selektiven Photoeffektes war in der Weise gewonnen worden, daß die Na-Metalloberfläche die Innenfläche eines „schwarzen Körpers“ bildete (5). Der Zweck dieser Anordnung war, alles einfallende Licht zur Absorption zu bringen, und so die Zahl der *ausstretenden* Elektronen pro Einheit absorbierten Lichtenergie zu erhalten. Dies Verfahren hatte Berechtigung, solange man die Zentren des selektiven Photoeffektes mit den Na-Atomen des festen Metalles identifizierte. Heute aber betrachten wir zwar nach wie vor die Na-Atome oder -Moleküle als Zentren des selektiven Photoeffektes, aber nur solche Atome oder Moleküle, die dem festen Metall in einer Adsorptionsschicht als „zweidimensionaler Dampf“ vorgelagert sind. Dann erreicht aber die Anordnung des schwarzen Körpers keineswegs mehr ihren Zweck. *Man mißt mit ihr lediglich auf elektrischem Wege das optische Absorptionsspektrum der adsorbierten Na-Atome bzw. -Moleküle.* Es ist das gleiche Spektrum¹⁾, das wir in den atomar gelb verfärbten NaCl-Gittern sowohl elektrisch wie auch optisch ausmessen können. Nur sind die an sich gleichen Spektren unter dem Einfluß der Nachbarmoleküle zu verschiedenen Frequenzen verschoben.

In der adsorbierten Na-Dampfschicht wird nur ein kleiner Bruchteil des einfallenden Lichtes

¹⁾ Sein Zusammenhang mit den Atomfrequenzen des Na wird in mehreren, noch nicht abgeschlossenen Untersuchungen behandelt.

absorbiert. Der überwiegende Teil endet ungenutzt in der massiven Metallunterlage. — Noch ist es nicht gelungen, die auf die Adsorptionsschicht entfallende Lichtabsorption zu messen. Sie allein kommt für den selektiven Photoeffekt in Betracht. Sobald man sie mit der Zahl der beobachteten Elektronen vergleichen können wird, wird man ohne Zweifel auch für den selektiven Oberflächenphotoeffekt die Kurve 1a erhalten.

Diese Überlegungen bleiben gültig, wenn die massive Na-Unterlage in kleine Stücke unterteilt wird. Diese Unterteilung findet sich in dem durch ultramikroskopisch sichtbare Na-Kolloidpartikel blau verfärbtem NaCl. Sie findet sich weiter in den oben unter e) und f) genannten kolloidalen Schichten. Wir verstehen, warum in allen diesen Fällen der selektive Photoeffekt nach Fig. c beobachtet wird.

Noch ein weiterer, für den selektiven Photoeffekt so charakteristischer Punkt wird verständlich: Der Einfluß des elektrischen Lichtvektors. Er wurde bereits oben erwähnt. In allen Fällen, in denen das Metall einen optischen Spiegel bildet, tritt der selektive Effekt nur auf, wenn das einfallende Licht eine zur Spiegeloberfläche senkrecht schwingende Komponente hat. Man hat lediglich anzunehmen, daß die adsorbierten Na-Atome bzw. -Moleküle relativ zur spiegelnden Unterlage orientiert sind. Eine derartige Orientierung ist ja von LANGMUIR für zahlreiche Moleküle einwandfrei erwiesen worden. Bei orientierten Molekülen ist es ohne weiteres möglich, daß sie kein Licht absorbieren können, dessen Vektor parallel zur Spiegelunterlage schwingt. Anschaulich würde das heißen, daß in den durch Adsorption am Spiegel orientierten Molekülen keine Elektronen parallel zur Spiegelebene schwingen oder kreisen. Die experimentelle Prüfung dieser Auffassung ist nur deswegen nicht einfach, weil die Absorption des Lichtes in der Grenzschicht klein gegen die in der Unterlage ist.

Sehr zugunsten dieser Auffassung sprechen Beobachtungen von IVES (32). IVES findet, daß Alkalimetalle, die sich in Form unsichtbarer, vielleicht monomolekularer Schichten auf Spiegeln aus beliebigen Metallen befinden, die bekannte Vorzugsstellung des elektrischen Lichtvektors zeigen¹⁾. — Soweit der selektive Photoeffekt.

Dann der normale Photoeffekt. Warum läuft die Kurve seiner spektralen Verteilung der Quantengeraden in Fig. 1a so sehr zuwider? — Früher hat man die Kurve 1b durch Elektronenverluste beim Passieren der Oberfläche zu deuten versucht (36). Es sollte zwar für jedes PLANCKSche

$h\nu$ ein Elektron kinetische Energie erhalten, aber auf dem Wege zur und durch die Oberfläche stecken bleiben. Es schien einleuchtend, daß diese Verluste für lange Wellen, also kleine Energien besonders groß waren.

Inzwischen sind die Erscheinungen des lichtelektrischen Primärstromes in Krystallen gefunden worden. Seitdem stehen GUDDEN und ich der früheren Auffassung skeptisch gegenüber: Sie bedarf zum mindesten einer wesentlichen Ergänzung.

Wann gelangen in Krystallen Elektronen in der bei quantenhafter Absorption zu fordernden Zahl und Wellenlängenabhängigkeit zur Beobachtung? Nur in 2 Fällen:

1. In Krystallen mit Eigenfärbungen nur im langwelligen Ausläufer des Absorptionsgebietes (17). In diesem Gebiete absorbieren nur solche Moleküle, die durch Wärmestörungen oder andere Gitterfehler vor der großen Masse ausgezeichnet sind. Ein *ideales, fehlerfreies* Krystallgitter wird beim absoluten Nullpunkt sicher keine Elektronen mehr beobachten lassen, weil alle Moleküle gleichartig absorbieren.

2. In Krystallen mit Fremdfärbung nur dann, wenn die Färbung von *molekular* verteilt oder gelösten fremden Molekülen herrührt. Das Metall kann sich nicht einmal zu ultramikroskopisch gerade nachweisbaren Partikeln zusammenballen, ohne daß die Elektronenausbeute stark herunter geht.

In beiden Fällen sind die absorbierenden Moleküle weit von ihresgleichen getrennt. Es kann keine Wechselwirkung mit benachbarten, gleichartigen Absorptionszentren eintreten: Das allein scheint die Bedingung zu sein, unter der ein in einem festen Körper absorbiertes $h\nu$ als kinetische Energie eines einzelnen Elektrons erhalten bleibt. Dann dürfte entsprechend ein ideales Metallgitter überhaupt keinen Oberflächenphotoeffekt zeigen. Ein solcher könnte erst auftreten, wenn einzelne Moleküle irgendwie vor der Mehrzahl ausgezeichnet sind, etwa durch die Nachbarschaft fremder Moleküle mit ganz anderen Eigenfrequenzen. Es war eingangs erwähnt, daß man bereits 1913 durch Oberflächenänderungen die spektrale Verteilung des normalen Photoeffektes um eine Oktave verschieben konnte, vom Ultrarot ins Ultraviolett und umgekehrt (7). Inzwischen hat man die Beispiele für diese Verschiebungen, vor allem weit ins Ultraviolett hinein, stark vermehrt (33). Die Einzelheiten bleiben noch zu erforschen, der Gedanke, nach der *Auszeichnung einzelner Moleküle* zu suchen, wird schon seine Fruchtbarkeit erweisen.

Die Auffassung, die dem idealen Metallgitter jeden Oberflächenphotoeffekt aberkennt, wird als extrem gelten. Auch wird man ihr die Beobachtungen im Röntgenlicht entgegenhalten. Aber zu Unrecht. Im Röntgenlicht ist die wesentliche Vorbedingung für das Auftreten einzelner Elektronen als Ergebnis eines $h\nu$ -Prozesses stets erfüllt. Die absorbierenden Elektronen stehen fern

¹⁾ Daß Ives nicht gleichzeitig die selektiven Maxima in der gewohnten Spektralgegend findet, kann durch den Einfluß der Unterlage gedeutet werden. Der große Einfluß der Nachbarmoleküle auf die Lage des Maximums ist ja seit 13 Jahren immer wieder betont worden. Immerhin bleibt es möglich, daß es auch orientierte, monomolekulare Schichten mit dem metallischen, nicht selektiven optischen Absorptionsspektrum gibt.

von den Elektronen der Nachbarn *im Inneren* der Atome. Günstig wird auch die Kleinheit der Wellenlänge den Abständen gegenüber sein. Herr GUDDEN wird diese Dinge in seiner demnächst erscheinenden Monographie der lichtelektrischen Erscheinungen umfassender behandeln.

Vor etlichen Jahren schienen die Beobachtungen des Oberflächenphotoeffektes in einem trostlosen Chaos zu enden. Der lichtelektrische Primärstrom im Innern der Krystalle hat durch gänzliche Ausschaltung der unklaren Oberflächenverhältnisse inzwischen die quantenhafte Lichtabsorption im festen Körper besser kennen lernen lassen. Man kennt die Bedingungen, unter denen die $h\nu$ -Energie eines Elementarprozesses einem einzelnen Elektron erhalten bleibt. Die letzten Ausführungen sollten kurz andeuten, daß diese Bedingungen auch die Erscheinungen des Oberflächenphotoeffektes, und zwar des selektiven mehr als die des normalen, in großen Zügen verstehen lassen.

Literatur:

1. A. EINSTEIN, Ann. d. Phys. (4) **17**, 132. 1905.
2. Literaturzusammenstellung: RUDOLF LADENBURG, Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik **17**, 93. 1920.
3. R. POHL und P. PRINGSHEIM, Verhandl. d. dtsh. physikal. Ges. **12**, 682. 1910.
4. K. FARWIG, Zeitschr. f. Phys. **21**, 38. 1924. R. DÖPEL, Zeitschr. f. Phys. **33**, 237. 1925.
5. R. POHL und P. PRINGSHEIM, Verhandl. d. dtsh. physikal. Ges. **15**, 173. 1913.
6. R. POHL und P. PRINGSHEIM, Die Lichtelektrischen Erscheinungen. Vieweg 1914. S. 24, 42, 98.
7. R. POHL und P. PRINGSHEIM, Verhandl. d. dtsh. physikal. Ges. **15**, 637. 1913.
8. R. POHL und P. PRINGSHEIM, Verhandl. d. dtsh. physikal. Ges. **15**, 625. 1913.
9. R. POHL und P. PRINGSHEIM, Verhandl. d. dtsh. physikal. Ges. **14**, 46. 1912.
10. G. WIEDMANN, Verhandl. d. dtsh. physikal. Ges. **18**, 333. 1916.
11. E. WARBURG, Sitzungsber. d. preuß. Akad. d. Wiss. **12**, 314. 1916; **16**, 300. 1918.
12. B. GUDDEN und R. POHL, Zeitschr. f. Phys. **1**, 365. 1920.
13. B. GUDDEN und R. POHL, Zeitschr. f. Phys. **16**, 170. 1923.
14. B. GUDDEN und R. POHL, Zeitschr. f. Phys. **7**, 65. 1921.
15. B. GUDDEN und R. POHL, Zeitschr. f. Phys. **21**, 1. 1924.
16. B. GUDDEN und R. POHL, Zeitschr. f. Phys. **30**, 14. 1924.
17. B. GUDDEN und R. POHL, Zeitschr. f. Phys. **17**, 331. 1923.
18. B. GUDDEN und R. POHL, Zeitschr. f. Phys. **18**, 199. 1923. WERNER HEINTZE, Zeitschr. f. Phys. **15**, 339. 1923.
19. W. C. RÖNTGEN, Ann. d. Phys. (4) **64**, 1. 1921.
20. H. SIEDENTOPF, Phys. Zeitschr. **6**, 855. 1905.
21. B. GUDDEN und R. POHL, Zeitschr. f. Phys. **31**, 651. 1925.
22. Z. GYULAI, Zeitschr. f. Phys. **33**, 251. 1925.
23. Z. GYULAI, Zeitschr. f. Phys. **32**, 103. 1925.
24. J. BINGEL, Zeitschr. f. Phys. **21**, 229. 1924. A. FRUM, Dissertation Göttingen, Kaestners Universitätsbuchdruckerei 1925.
25. Z. GYULAI, Zeitschr. f. Phys. **35**, 411. 1925/26.
26. B. GUDDEN und R. POHL, Zeitschr. f. Phys. **34**, 245. 1925.
27. R. POHL und P. PRINGSHEIM, Verhandl. d. dtsh. physikal. Ges. **12**, 349. 1910.
28. J. ELSTER und H. GEITEL, Phys. Zeitschr. **11**, 257. 1910.
29. A. VOLMER, Zeitschr. f. Phys. **7**, 13. 1921; **35**, 170. 1925.
30. G. TAMMANN, Zeitschr. f. anorgan. Chem. **130**, 87. 1923.
31. Jrv. LANGMUIR, Transact. of Faraday Soc. **17**, 3. 1921.
32. H. E. IVES und A. L. JOHNSRUD, Astrophys. Journ. **40**, 209, 231. 1924.
33. RUD. SUHRMANN, Ann. d. Phys. **67**, 43. 1922.
34. W. FLECHSIG, Zeitschr. f. Phys. **33**, 372. 1925.

Beitrag zur Aufklärung der „Subelektronen“.

(Unter Benutzung von Versuchen Herrn R. SANZENBACHERS.)

Von ERICH REGENER, Stuttgart.

Zur Frage nach der Ursache für die zu kleinen Ladungen (Subelektronen), welche nach Herrn EHRENHAF^t an kleinen Nebelteilchen gefunden werden, habe ich schon früher die Ansicht ausgesprochen¹⁾, daß es vorteilhaft sein müsse, systematische Ladungsmessungen über ein großes Intervall der Teilchengröße vorzunehmen. Denn Unterschreitungen der Elementarladung werden nur an kleinen Teilchen (Radius bei 10^{-5} cm und darunter) gefunden, während große Teilchen den Elementarwert Herrn MILLIKANS zeigen. Aus der Lage des Übergangsgebietes und seiner Abhängigkeit von den Versuchsbedingungen sollte man also Aufschlüsse über die Natur der Störung der Ladungsmessungen erwarten. Aus solchen Messungen

Herrn RADELS¹⁾ habe ich dann auf eine, das Teilchen umgebende Schicht verdichteten Gases geschlossen, deren Einfluß bei großen Teilchen zu vernachlässigen ist, die aber bei *kleinen* Teilchen die Beweglichkeit und damit auch die Ladung zu gering erscheinen läßt. Spätere Messungen Herrn KÖNIGS²⁾ an Teilchen in Luft und Kohlensäure, über die auch in dieser Zeitschr.³⁾ berichtet wurde, waren mit der Annahme einer verdichteten Gasschicht im großen und ganzen im Einklang. Diese Messungen erstreckten sich hauptsächlich auf Quecksilberteilchen, denn nur an flüssigen Teilchen kann die Oberflächenschicht *rein* in Wirk-

¹⁾ E. RADEL, Zeitschr. f. Phys. **3**, 63. 1920.

²⁾ M. KÖNIG, Zeitschr. f. Phys. **11**, 253. 1922.

³⁾ E. REGENER, Naturwissenschaften **11**, 17. 1923.

¹⁾ Berlin. Ber. **32**, 632. 1920.

samkeit treten, da an festen Teilchen nach den Untersuchungen Herrn BÄRS¹⁾ andere Ursachen, wie nichtkugelförmige Gestalt und flockige Struktur, die Hauptursache für die Abweichungen geben können.

Die erwähnten Messungen der Herren RADEL und KÖNIG sind aus der eingangs erwähnten Absicht an einer großen Zahl Teilchen verschiedenster Größe ausgeführt worden. Seit längerer Zeit erschien es mir aber wünschenswert, den Übergang aus dem „Elementarquantumgebiet“ mit normalen Ladungen in das „Gebiet der Subelektronen“, den sog. kritischen Teilchenradius, durch Beobachtung an einem einzelnen Teilchen dadurch festzulegen, daß das geladene Teilchen *verdampft* und infolgedessen automatisch aus dem Elementarquantumgebiet in das Subelektronengebiet übergeht.

Quecksilberteilen bekommen, und eine große Reihe von Ladungsmessungen ausgeführt, die sehr bemerkenswerte Resultate ergeben haben, über die hier kurz berichtet werden soll¹⁾.

Die Erzeugung der Quecksilberteilen geschah bei früheren Beobachtungen meist durch *vorsichtiges* Erwärmen eines kleinen Quecksilbervorrates. Sehr bald bildet sich dann ein Nebel, der aus feinen Quecksilbertröpfchen besteht. Nach den Beobachtungen SANZENBACHERS sind die so erhaltenen Quecksilberteilen solche, die entweder vollkommen stabil sind oder nur sehr wenig ihre Masse verändern. Läßt man diesen feinen stabilen Nebel abziehen, so erhält man bei stärkerem Erhitzen meist etwas größere Tröpfchen, die die Erscheinung des Verdampfens in sehr starkem Maße zeigen. Will man an solchen Teilchen die Ladung messen,

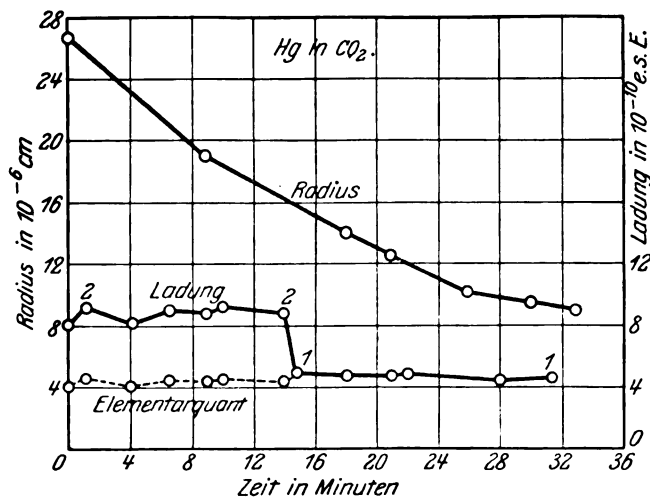


Fig. 1. Radius und Ladung eines verdampfenden Hg-Teilchens in CO₂.

Denn bei der Beobachtung vieler Teilchen können die Eigenschaften der einzelnen Teilchen aus nicht kontrollierbaren Ursachen schwanken (die Beobachtung bestätigt dies), und das Übergangsgebiet kann infolgedessen nicht mit der wünschenswerten Schärfe festgelegt werden. In der Tat zeigt der kritische Teilchenradius in den Arbeiten von RADEL, KÖNIG und auch von WASSER²⁾ erhebliche Streuung und ist nur in grober Annäherung bestimmbar. Diese Streuung sollte bei einem individuellen Teilchen, das durch Verdampfung immer kleiner wird, fortfallen.

Verdampfende Teilchen sind schon von einer Reihe von Beobachtern erhalten worden. Die Verdampfung wurde meist als störend empfunden, von EHRENFEST bei Quecksilberteilen durch Zusatz von Blei sogar beseitigt. Herr R. SANZENBACHER hat nun auf meine Veranlassung die Bedingungen studiert, unter denen man auch stark verdampfende

so erzeugt man sie am besten durch stärkeres Erhitzen eines kleinen Quecksilbervorrates in der Ausbuchtung eines kleinen Röhrchens unmittelbar vor der Meßkammer. Störungen durch erhöhte Temperatur des die Quecksilberteilen mitführenden Gases sind dann praktisch bedeutungslos, man erhält aber Teilchen, welche unter Umständen im Laufe einer halben Stunde 99% ihrer Masse und mehr durch Verdampfen verlieren können.

Die Ladungsmessungen SANZENBACHERS zeigen nun einen großen Unterschied zwischen den stabilen, durch vorsichtiges Erwärmen erhaltenen und den verdampfenden Teilchen. Die stabilen Quecksilberteilen ergeben nämlich, wenn sie genügend klein sind, in Übereinstimmung mit den früheren Beobachtern Unterschreitungen der Elementarladung, während die stark verdampfenden Teilchen den Elementarwert meist behalten, auch wenn sie durch Verdampfen in das Subelektronengebiet der kleinen Radien gekommen sind. Da die

¹⁾ Vgl. R. BÄR, Naturwissenschaften 10, 322 und 344. 1922.

²⁾ E. WASSER, Zeitschr. f. Phys. 27, 22.6. 1924

¹⁾ Näheres siehe in der demnächst erscheinenden Dissertation SANZENBACHERS.

Erscheinungen in den drei untersuchten Gasen, Kohlensäure, Luft und Wasserstoff, etwas verschieden verlaufen, seien sie für jedes Gas besonders beschrieben.

Fig. 1 gibt das typische Verhalten eines stark verdampfenden Teilchens in Kohlensäure wieder. Der Radius geht in etwa 34 Minuten von $26,69$ auf $8,91 \cdot 10^{-6}$ cm (entsprechend einem Massenverlust von 96%) herunter. Die Elementarladung (in der ersten Hälfte der Beobachtung aus der doppelten Ladung repartiert) bleibt innerhalb der Beobachtungsfehler vollkommen konstant auf

In Luft ergaben sich die gleichen Verhältnisse wie in Kohlensäure, doch konnten häufiger Quecksilberteilchen beobachtet werden, welche auch *anwachsen*. Die Ursache für das Verdampfen oder Anwachsen der Teilchen ist offenbar in der Anwesenheit *weiterer* größerer oder kleinerer Teilchen in der Beobachtungskammer zu suchen, welche letztere augenscheinlich aber *auch* durch stärkeres Erhitzen des Quecksilbervorrates erzeugt sein müssen, d. h. keine *stabilen* sein dürfen, bei denen der Verdampfungs- bzw. Kondensationsvorgang wahrscheinlich gestört ist. Sind noch kleinere

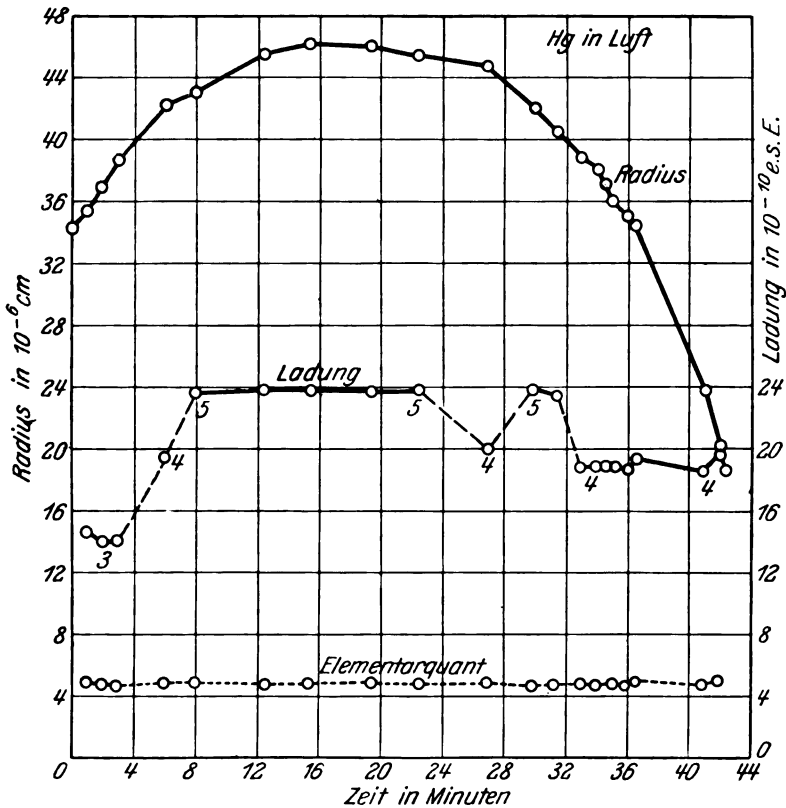


Fig. 2. Erst wachsendes, später verdampfendes Hg-Teilchen in Luft.

dem Elementarwert¹⁾, während sowohl von KÖNIG²⁾ wie von WASSER³⁾ bereits unterhalb des Radius $20 \cdot 10^{-6}$ cm Subelektronen gefunden wurden. Dieses Verhalten ist bei verdampfenden Quecksilberteilchen in Kohlensäure die Regel. Unter 55 verdampfenden Quecksilberteilchen hat SANZENBACHER nur eines gefunden, bei dem die Ladung mit sinkendem Radius nicht konstant war, sondern langsam auf $2,5 \cdot 10^{-10}$ e. s. E. herabging. Auch in feuchter Kohlensäure blieb bei 40 verdampfenden Quecksilberteilchen die Ladung konstant auf dem Elementarwert.

¹⁾ Mit. $A = 0,815$ in der STOKES-CUNNINGHAMschen Formel.

²⁾ l. c. ³⁾ l. c.

Teilchen als das Beobachtungsteilchen in der Kammer, so haben diese nach der bekannten THOMSONschen Formel einen höheren Dampfdruck, und das beobachtete Teilchen wächst, bei Anwesenheit größerer Teilchen tritt das Umgekehrte ein. Fig. 2 zeigt ein Quecksilberteilchen in Luft, das erst (durch Aufzehrung kleinerer Teilchen) wächst, später verdampft (bis auf 6% seiner maximalen Masse). Die auf den Elementarwert repartierte Ladung bleibt auch hier vollkommen konstant. Bei der Berechnung bewährte sich das von MATTAUCH¹⁾ angegebene Verfahren der experimentellen Ermittlung des Faktors A in der STOKES-CUNNINGHAMschen Formel. Für das Teilchen der

¹⁾ J. MATTAUCH, Zeitschr. f. Phys. 32, 439. 1925.

Fig. 2 ergibt sich so der Mittelwert $e = 4,73 \cdot 10^{-10}$ e. s. E. Unter Benutzung eines konstanten Faktors A hätte sich ein leichtes Anwachsen der Ladung mit abnehmendem Radius ergeben.

In Wasserstoff trat das Konstantbleiben der Ladung¹⁾ mit abnehmendem Radius nur etwa bei der Hälfte der beobachteten verdampfenden Quecksilberteilen ein. Die Erscheinung, daß die Ladung mit sinkendem Radius abnahm, die in Luft und Kohlensäure nur sehr selten zu beobachten war, trat hier also häufiger auf. Fig. 3 gibt ein Beispiel für einen solchen Fall. Hier ist also trotz des Verdampfens noch eine störende Ursache vorhanden, welche das Kleinerwerden der Ladung vortäuscht. Auch den in Fig. 3 eingezeichneten Werten für die Radien kommt natürlich keine

messungen in der Oberflächenschicht des Teilchens zu suchen ist, richtig ist. Dabei mag es dahingestellt bleiben, ob diese Oberflächenschicht nur aus adsorbiertem Gase besteht¹⁾, oder ob noch andere Eigenschaften der Oberflächenschicht eine Rolle spielen. Zeigen doch die letzten interessanten Untersuchungen VOLMERS²⁾, daß unsere Kenntnis über die Eigenschaften der Oberflächenschichten noch keineswegs abgeschlossen ist.

Die Messungen SANZENBACHERS lassen natürlich auch viele früheren Messungen unter einem neuen Gesichtspunkte erscheinen. Nachdem durch dieselben gezeigt worden ist, daß zwei Arten von Quecksilberteilen beim Verdampfen entstehen, wobei die Subelektronen im wesentlichen nur bei den stabilen Teilchen auftreten, erscheint es selbst-

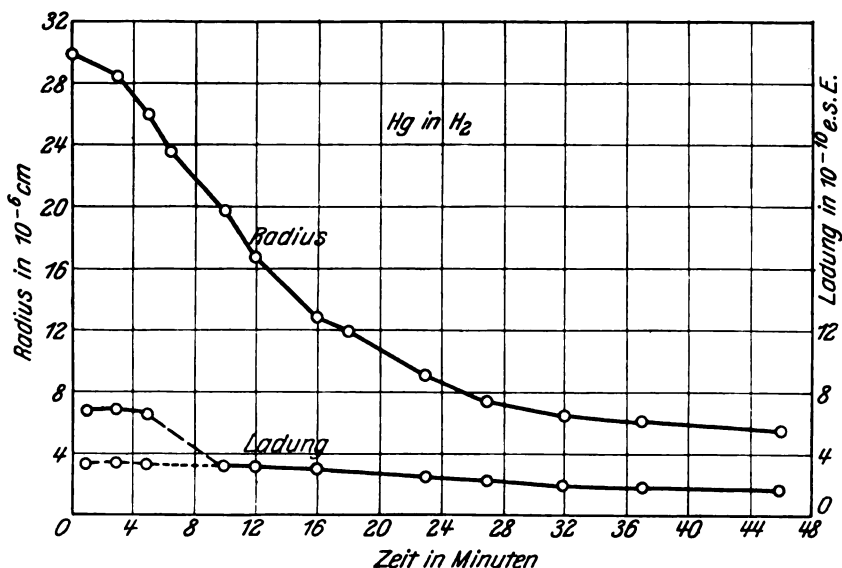


Fig. 3. Verdampfendes Hg-Teilchen in Wasserstoff.

reelle Bedeutung zu. In Wasserstoff liegen also die Verhältnisse insofern etwas komplizierter, als hier im allgemeinen nur bei sehr stark verdampfenden Teilchen normale e -Werte erhalten werden.

Aus den vorliegenden Messungen SANZENBACHERS ergibt sich, daß der Störungseffekt, welcher bei kleinen Quecksilberteilen Ladungsunterschreitungen, falsche Radien und Dichten vortäuscht, bei Quecksilberteilen, welche ihre Oberfläche durch Verdampfen oder Kondensieren rasch erneuern, nicht oder wenigstens in stark abgeschwächtem Maße auftritt. Es scheint mir das ein Beweis dafür zu sein, daß die von mir vertretene Ansicht, daß die Störung der Ladungs-

verständlich, daß das Übergangsgebiet vom Elementarquantum zum Subelektron, der sog. kritische Radius, in den Arbeiten von RADEL, KÖNIG und WASSER nur mit großer Streuung gefunden werden konnte. Auch MATTAUCH³⁾ hat bei Quecksilberteilen Schwierigkeiten gehabt, experimentell ein Widerstandsgesetz zu bestimmen, ja er teilt sogar nach ihrem Verhalten zum Widerstandsgesetz die Teilchen in zwei Gruppen ein. Auch diese Schwierigkeiten werden durch die SANZENBACHERSchen Versuche aufgeklärt.

Ein weiteres Nebenresultat der SANZENBACHERSchen Messungen ist das Ergebnis, daß auch bei kleinen Quecksilberteilen, wo sonst Subelektro-

¹⁾ Ein Anwachsen der Ladung mit abnehmendem Radius wurde dabei gleich Konstantbleiben gesetzt, da für eine im Faktor A nach MATTAUCH korrigierte Formel bei Wasserstoff noch nicht genug Material vorliegt.

¹⁾ Einwände dagegen siehe bei E. WASSER, Zeitschr. f. Phys. 27, 226. 1924.

²⁾ Z. B. VOLMER und ADHIKARI, Zeitschr. f. Phys. 35, 170. 1926.

³⁾ J. MATTAUCH, l. c.

nen gefunden werden, normale e -Werte gefunden werden, wenn stark verdampfende Teilchen genommen werden. Da wohl kaum behauptet werden kann, daß der Ladungswert der Teilchen in Wirk-

lichkeit vom Verdampfungsprozeß beeinflußt werde, so können natürlich diese Messungen auch als ein erneuter Beweis für die Nichtexistenz des Subelektrons herangezogen werden.

Die Ursache der Mäanderbildung der Flußläufe und des sogenannten Baerschen Gesetzes.

Von A. EINSTEIN, Berlin.

Es ist allgemein bekannt, daß Wasserläufe die Tendenz haben, sich in Schlangenlinien zu krümmen, statt der Richtung des größten Gefälles des Geländes zu folgen. Ferner ist den Geographen wohlbekannt, daß die Flüsse der nördlichen Erdhälfte die Tendenz haben, vorwiegend auf der rechten Seite zu erodieren; Flüsse auf der Südhalbkugel verhalten sich umgekehrt (BAERSCHES Gesetz). Versuche zur Erklärung dieser Erscheinungen liegen in großer Zahl vor, und ich bin nicht sicher, ob dem Fachmann irgend etwas, was ich hierüber im folgenden sage, neu ist; Teile der darzulegenden Überlegungen sind jedenfalls bekannt. Da ich jedoch niemand gefunden habe, der die in Betracht kommenden ursächlichen Zusammenhänge vollständig gekannt hätte, halte ich es doch für richtig, dieselben im folgenden kurz qualitativ darzulegen.

Zunächst ist es klar, daß die Erosion desto stärker sein muß, je größer die Strömungsgeschwindigkeit unmittelbar an dem betreffenden Ufer ist, bzw. je steiler der Abfall der Strömungsgeschwindigkeit zu Null hin an einer ins Auge gefaßten Stelle der Flußwandung ist. Dies gilt unter allen Umständen, gleichgültig ob die Erosion auf mechanischer Wirkung oder auf physikalisch-chemischen Faktoren (Auflösung von Bodenbestandteilen) beruht. Wir haben daher unser Augenmerk auf diejenigen Umstände zu richten, welche die Steilheit des Geschwindigkeits-Abfalles an der Wandung beeinflussen.

In beiden Fällen beruht die Asymmetrie bezüglich des ins Auge zu fassenden Geschwindigkeitsgefälles indirekt auf der Ausbildung eines Zirkulationsvorganges, auf den wir zunächst unser Augenmerk richten wollen. Ich beginne mit einem kleinen Experiment, das jeder leicht wiederholen kann.

Es liege eine mit Tee gefüllte Tasse mit flachem Boden vor. Am Boden sollen sich einige Teeblättchen befinden, die dadurch am Boden festgehalten sind, daß sie etwas schwerer sind als die von ihnen verdrängte Flüssigkeit. Versetzt man die Flüssigkeit mit einem Löffel in Rotation, so sammeln sich die Teeblättchen alsbald in der Mitte des Bodens der Tasse. Der Grund dieser Erscheinung ist folgender: Durch die Drehung der Flüssigkeit wirkt auf diese eine Zentrifugalkraft. Diese würde an sich zu keiner Modifikation der Strömung der Flüssigkeit Veranlassung geben, wenn diese rotierte wie ein starrer Körper. Aber

in der Nähe der Wandung der Tasse wird die Flüssigkeit durch die Reibung zurückgehalten, so daß sie dort mit geringerer Winkelgeschwindigkeit umläuft als an anderen, mehr im Innern gelegenen Stellen. Im besonderen wird die Winkelgeschwindigkeit des Umlaufens und damit die Zentrifugalkraft in der Nähe des Bodens geringer sein als in größerer Höhe. Dies wird zur Folge haben, daß sich eine Zirkulation der Flüssigkeit von dem in Fig. 1 dargestellten Typus ausbildet, die so lange anwächst, bis sie unter der Wirkung der Bodenreibung stationär geworden ist. Die Teeblättchen werden durch diese Zirkulationsbewegung nach der Mitte der Tasse mitgenommen und dienen zu deren Nachweis.

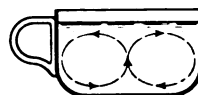


Fig. 1.

Analog ist es bei einem Flusse, der eine Krümmung erleidet (Fig. 2). In allen Querschnitten des Flußlaufes wirkt, wo dieser gebogen ist, eine nach der Außenseite der Biegung (von A nach B) gerichtete Zentrifugalkraft. Diese ist aber in der Nähe des Bodens, wo die Strömungsgeschwindigkeit des Wassers durch Reibung reduziert ist, kleiner als in größerer Höhe über dem Boden. Dadurch bildet sich eine Zirkulation aus von der in der Figur angedeuteten Art. Aber auch da, wo keine Flußbiegung vorhanden ist, wird sich eine Zirkulation von der in Fig. 2 dargestellten Art ausbilden, wenn auch nur in schwachem Betrage, und zwar unter dem Einfluß der Erddrehung. Diese bewirkt nämlich eine quer zur Strömungsrichtung gerichtete Corioliskraft, deren nach rechts gerichtete Horizontalkomponente pro Masseneinheit der Flüssigkeit $2v\Omega \sin \varphi$ beträgt, wenn v die Strömungsgeschwindigkeit, Ω die Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde und φ die geographische Breite bedeutet. Da die Bodenreibung eine Abnahme dieser Kraft nach dem Boden hin bewirkt, so veranlaßt auch diese Kraft eine Zirkulationsbewegung von der in Fig. 2 angedeuteten Art.

Nach dieser vorbereitenden Überlegung kommen wir zurück auf die Frage der Geschwindigkeitsverteilung im Flußquerschnitt, welche ja für die Erosion maßgebend ist. Zu diesem Zweck müssen wir uns zuerst vergegenwärtigen, wie die (turbulente) Geschwindigkeitsverteilung in einem Flusse zustande kommt und aufrecht erhalten wird. Würde das vorher ruhende Wasser eines Flußlaufes durch Anbringen eines gleichmäßig

verteilten beschleunigenden Kraftimpulses plötzlich in Bewegung gesetzt, so würde die Verteilung der Geschwindigkeit über den Querdurchschnitt zunächst eine gleichmäßige sein. Erst allmählich würde sich durch den Einfluß der Wandreibung eine Geschwindigkeitsverteilung herstellen, bei welcher die Geschwindigkeit von den Wandungen aus nach dem Innern des Strömungsquerschnittes hin allmählich zunimmt. Eine Störung dieser (im groben Mittel) stationären Geschwindigkeitsverteilung über den Querschnitt würde sich (unter dem Einfluß der Flüssigkeitsreibung) nur langsam wieder ausgleichen. Die Hydrodynamik veranschaulicht den Vorgang der Einstellung jener

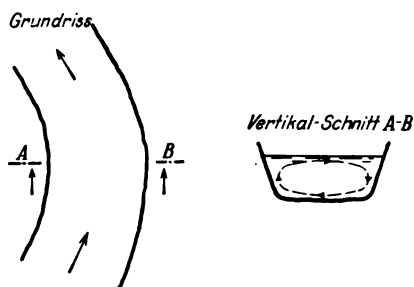


Fig. 2.

stationären Geschwindigkeitsverteilung in folgender Weise. Bei gleichmäßiger Strömungsverteilung (Potential-Strömung) sind alle Wirbelfäden an der Wandung konzentriert. Sie lösen sich los und bewegen sich langsam gegen das Innere des Flüssigkeitsquerschnittes vor, indem sie sich auf eine Schicht wachsender Dicke verteilen. Dabei nimmt das Geschwindigkeitsgefälle an der Wandung langsam ab. Unter der Wirkung der inneren Reibung der Flüssigkeit werden die Wirbelfäden im Innern des Flüssigkeitsquerschnittes langsam aufgezehrt und durch solche ersetzt, welche sich an der Wand neu bilden. So entsteht eine quasistationäre Geschwindigkeitsverteilung. Wesentlich für uns ist es, daß der Ausgleich der Geschwindigkeitsverteilung zur stationären Geschwindigkeitsverteilung hin ein langsamer Prozeß ist. Hierauf beruht es, daß bereits relativ geringfügige, stetig wirkende Ursachen die Verteilung der Geschwindigkeit über den Querschnitt erheblich zu beeinflussen vermögen.

Nun überlegen wir, was für einen Einfluß die

durch eine Flußbiegung oder durch die Corioliskraft bewirkte, in Fig. 2 dargestellte Zirkulationsbewegung, auf die Geschwindigkeitsverteilung über den Flußquerschnitt haben muß. Die am raschesten bewegten Flüssigkeitsteilchen werden am weitesten von den Wandungen entfernt sein, also sich im oberen Teile über der Bodenmitte befinden. Diese raschesten Teile der Flüssigkeit werden durch die Zirkulation zur rechten Seitenwandung getrieben, während umgekehrt die linke Seitenwandung Wasser erhält, welches aus der Gegend nahe dem Boden stammt und eine besonders kleine Geschwindigkeit hat. Deshalb muß auf der rechten Seite (im Falle der Fig. 2) die Erosion stärker sein als auf der linken Seite. Man beachte, daß diese Erklärung wesentlich darauf beruht, daß die langsame Zirkulationsbewegung des Wassers darum einen erheblichen Einfluß auf die Geschwindigkeitsverteilung hat, weil auch der dieser Folge der Zirkulationsbewegung entgegenwirkende Ausgleichsvorgang der Geschwindigkeiten durch innere Reibung ein langsamer Vorgang ist.

Damit haben wir die Ursache der Mäanderbildung aufgeklärt. Aber auch gewisse Einzelheiten lassen sich ohne Mühe folgern. Die Erosion wird nicht nur an der rechten Seitenwand, sondern auch noch auf dem rechten Teil des Bodens verhältnismäßig groß sein müssen, so daß die Neigung bestehen wird, ein Profil von der in Fig. 3 angegebenen Gestalt zu bilden. Ferner wird das Wasser an die Oberfläche von der linken Seitenwand geliefert werden, also (besonders auf der linken Seite) an der Oberfläche weniger rasch bewegt sein als das Wasser in



Fig. 3.

etwas größerer Tiefe; dies hat man tatsächlich beobachtet. Ferner ist zu beachten, daß die Zirkulationsbewegung Trägheit besitzt. Die Zirkulation wird also erst hinter der Stelle der größten Biegung ihren maximalen Betrag erlangen, ebenso natürlich die Asymmetrie der Erosion. Dadurch wird im Verlaufe der Erosionsbildung ein Vorschreiten der Wellenlinien der Mäanderbildung im Sinne der Strömung stattfinden müssen. Endlich wird die Zirkulationsbewegung desto langsamer durch Reibung aufgezehrt werden, je größer der Flußquerschnitt ist; es wird also die Wellenlänge der Mäanderbildung mit dem Flußquerschnitt wachsen.

Giovanni Battista Grassi.

Ein großer Zoologe und Parasitologe Italiens.

·Von CONSTANTIN JANICKI, Warschau.

GIOVANNI BATTISTA GRASSI wurde am 27. März 1854 in der kleinen Ortschaft Rovellasca in der Provinz Como geboren. Bereits in der Schule durch Fleiß und Neigung zur Naturbeobachtung sich auszeichnend, studierte er Medizin in Pavia bis 1878. Unter seinen Lehrern im alten Ateneo Lombardo waren GOLGI und MAGGI. Nach Abschluß der Universitätsstudien, die sich ihm öffnende Laufbahn eines Klinikers — trotz glänzender Prophezeiungen — zurückweisend, begibt er sich, nach kurzer Beschäftigung in seinem Privatlaboratorium in Rovellasca, nach Messina, wo er unter KLEINENBERGS Einfluß arbeitet, sowie nach Neapel an die Zoologische Station. Er vervollkommet sodann sein Wissen in Heidelberg bei GEGENBAUR, zum Teil auch bei BÜTSCHLI; kürzere Zeit bleibt er bei SEMPER in Würzburg. Im Jahre 1883 wird er Professor der Zoologie und Vergleichenden Anatomie an der Universität Catania; 1895 wird er als Professor der Vergleichenden Anatomie nach Rom berufen. Wirkliches Mitglied der Reale Accademia dei Lincei, wird er 1908 zum Senatore del Regno ernannt. Er stirbt in Rom am 4. Mai 1925¹⁾.

Schon als Student fühlte GRASSI starke Neigung, die Parasiten des Menschen und der Tiere zu studieren. Die Bakteriologie war damals in den Anfängen: ROBERT KOCH eben erst aus dem Laboratorium von COHN in Breslau hervorgegangen. Auch der junge Comasco möchte dorthin, doch erhält er dazu keine Mittel bewilligt. Der Vater rät an, sich einer bereits „gut konsolidierten Materie“ zu widmen, wie etwa die Pathologie oder Zoologie es ist; mit den „bloßen Parasiten“ erreiche der Sohn keinen Lehrstuhl! Als Student des vierten Jahres in Pavia (1876) wird GRASSI vom *Ankylostoma*-Problem gefesselt; er studiert zunächst *A. caninum* der Katzen, entdeckt die dort noch unbekannten Eier und erkennt den Wert der mikroskopischen Faecesuntersuchung bei Ankylostomiasis. In der Klinik von Pavia wird ein rätselhafter Fall schwerer Anämie studiert; GRASSI untersucht verstohlen Faecesproben unter dem

Mikroskop; der unzufriedene Professor bemerkt ironisch, ob er denn da „in das Loch schauend“¹⁾ die Ursache der Anämie auffinde. Bescheiden teilt GRASSI mit, daß er die Ursache wohl kenne: es sind *Ankylostomaeier* darin. Die spätere Autopsie hatte GRASSIS Diagnose bestätigt. Mit CORRADO und ERNESTO PARONA wird *Ankylostoma duodenale* des Menschen studiert, namentlich die Bedingungen der Entwicklung der Larven aus den Eiern; mutig stellt GRASSI an sich selbst durch Schluckexperimente fest, daß die Eier als solche den Menschen nicht infizieren. Diese Untersuchungen hatten den Grund gelegt für spätere ausführliche Studien PERRONCITOS aus Anlaß der Gotthard-Anämie.

Bald darauf beschäftigt sich der junge GRASSI mit *Strongyloides stercoralis* des Menschen, auch hier wurde zum Vergleich die im Kaninchen parasitierende, zum ersten Male von GRASSI und PERRONCITO beobachtete Form herangezogen. GRASSI entdeckt den Zusammenhang der bis dahin als getrennte Spezies behandelten *Anguillula stercoralis* resp. *A. intestinalis* in Form von zwei dimorphen Generationen von *Strongyloides*, einer freilebenden und einer parasitierenden, ein Hergang, der kurz darauf auch von LEUCKART entdeckt wird (1883), unter voller Anerkennung der Resultate GRASSIS. Gleichzeitig ist GRASSI imstande, den Nachweis zu führen, daß die freilebende Generation unterdrückt werden kann, was bis heute gilt. Später wurden heterogonische Generationen bei Einwirkung hoher Temperatur (mehr als 25°) auch für *Strongyloides longus* Grassi et Segré der Schafe nachgewiesen. — Sehr bedeutungsvoll greift GRASSI in das Problem der Infektion des Menschen durch *Ascaris lumbricoides* ein. LEUCKART schrieb in der 1. Auflage des Parasitenwerkes, daß die Übertragung der Ascariden „auf eine andere Weise, als durch embryonenhaltige Eier geschehen müsse“. In Fortführung dieser Hypothese glaubte sodann v. LINSTOW in einem Myriapoden, *Julus guttulatus*, den Zwischenträger gefunden zu haben. GRASSI zeigte in Versuchen an sich selbst (1879), ferner auf seine Veranlassung CALANDRUCCIO (1886) an einem Kinde, daß den Ascarideneiern wohl Infektionskraft zukommt; nur müssen die frisch abgelegten Eier eine Zeitlang im feuchten Medium verharren. — Ferner wurde durch GRASSI der definitive Nachweis der direkten Entwicklung von *Trichocephalus trichiurus* erbracht: auf GRASSIS Veranlassung verschluckte

¹⁾ „Guardando nel buco“ — ein verächtlicher Ausdruck für die Verwendung des Mikroskops am Krankenbett!

¹⁾ Zum 70. Geburtstag GRASSIS, etwa 1 Jahr vor seinem Tode, wurde von Verehrern und Schülern eine Feier veranstaltet und eine „Fondazione Grassi per gli studi zoologici delle malattie parassitarie“ errichtet. Auf die bei dieser Gelegenheit gehaltenen Reden von Prof. O. CASAGRANDE und Prof. F. SILVESTRI nehme ich im folgenden vielfach Bezug. Vgl. Onoranze a BATTISTA GRASSI, Roma 1925; s. ferner: M. SELLA, GIOV. BATT. GRASSI, un grande Biologo che scompare, Policlinico (Sez. Prat.) 1925.

CALANDRUCCIO *Trichocephaluseier* mit Erfolg. Auch für *Oxyuris vermicularis* wurden die früheren Experimente von LEUCKART im Sinne der direkten Infektion durch GRASSI vollauf bestätigt. Ferner verdanken wir GRASSI die Kenntnis der Evolution von *Spiroptera sanguinolenta*, eines Nematoden, der in Tumoren des Magens oder des Oesophagus bei Hunden in warmen Ländern sitzt. *Periplaneta orientalis*, die Küchenschabe, erwies sich in Catania als Zwischenwirt, sie beherbergt in der Abdominalhöhle Cysten mit den Larven. Im Fettgewebe des Hundes hatte GRASSI *Filaria recondita* entdeckt und ihre vollständige Entwicklung im Hundefloh sowie in einer Zecke (*Rhipicephalus*) verfolgt. Auf die Übertragungsart von *Filaria immitis* des Hundes durch Stiche von *Culex* und *Anopheles* ist GRASSI später mit NOÉ (1900) zurückgekehrt. — *Bilharzia bovis* findet GRASSI zum erstenmal in Sizilien bei 75% der untersuchten Schafe. Für *Echinorhynchus moniliformis* aus dem Darm der Feldmaus und des Hamsters wurde der Käfer *Blaps* als Zwischenträger erkannt. Im Jahre 1883 weist GRASSI auf die große Schädlichkeit der Stubenfliegen hin, experimentell beweist er die Fähigkeit der Fliegen, Helmintheneier nach einer Passage in ihrem Darm im infektiösen Zustand zu deponieren und spricht die später bestätigte Vermutung aus, daß pathogene Mikroorganismen in den Fliegen lebensfähig bleiben.

Nach Abschluß seiner Universitätsstudien empfindet GRASSI das Bedürfnis, sich in die Morphologie einer weniger bekannten Invertebratengruppe zu vertiefen. Mit einem Stipendium versehen begibt er sich nach Messina, wo damals an der Universität KLEINENBERG gewirkt hatte. Unter seinem Einfluß wählt er als Studienobjekt die **Chaetognathen** und widmet dieser aberranten Gruppe 2 Jahre eingehender Untersuchungen, zum Teil auch auf Grund mehrmaligen Aufenthalts an der Zoologischen Station in Neapel. Die Resultate erscheinen denn auch 1883 in Form einer Monographie in den Publikationen der Zoologischen Station, Fauna und Flora des Golfes von Neapel (I CHETOGNATI) in italienischer Sprache. — GRASSI hatte in vielfacher Hinsicht die Morphologie dieser Tiere vertieft, die einzelnen Organsysteme sehr eingehend besprochen und in schönen Tafeln illustriert. Die Systematik von 14 Arten, darunter 2 neuen, wurde vom Verf. schärfer charakterisiert. Es wird ein Vergleich zwischen den Chaetognathen und anderen niederen Metazoen Gruppen durchgeführt und die Schlußfolgerung gezogen, daß zwischen den Sagitten und den anderen Klassen keine nahe Verwandtschaft herrscht, eine Ansicht, welche auch heute gilt. Die Monographie GRASSIS und die kurz vorher erschienene grundlegende Abhandlung O. HERTWIGS über den gleichen Gegenstand ergänzen sich gegenseitig aufs beste: HERTWIG hatte mehr die entwicklungsgeschichtliche, GRASSI mehr die morphologisch-systematische Seite berücksichtigt.

Auch in der **Morphologie der Wirbeltiere** wollte GRASSI die Spur seines Geistes hinterlassen. Nach den Studien in Messina und Neapel geht er nach Heidelberg, wo damals GEGENBAUR lehrte. Hier beschäftigt den jungen Forscher die Entwicklung der Wirbelsäule bei den Teleostiern (*Salmonidae*, *Cyprinidae*, *Esocidae*). Die Untersuchungen erschienen im Morphologischen Jahrbuch 8. 1882, ferner unter dem Titel „Lo sviluppo della colonna vertebrale nei pesci ossei“ in Memorie della R. Accademia dei Lincei. 1883. GRASSI beschreibt die Entwicklung der Chordascheiden, des Wirbelkörpers, der Wirbelbögen und der Rippen; führt Vergleiche durch mit den entsprechenden Entwicklungsvorgängen bei den Selachiern und Ganoiden. — Von GEGENBAUR hatte GRASSI reiche Befruchtung empfangen, deren er zeitlebens gern gedachte. Auch durch BÜTSCHLI wurde er damals mannigfach angeregt. — Die Erfahrungen über die Entwicklung der Wirbelsäule kamen GRASSI später beim Studium der Muränoiden sehr zugute; er übertrug dieselben auf seinen Schüler M. SELLA.

Die **Insekten** (zugleich auch verwandte niedere Arthropoden) wurden von GRASSI mehrfach und in glänzender Weise zur Untersuchung herangezogen. Den Anfang bildete die Entwicklung der Bienen. „Intorno allo sviluppo delle api nell'uovo“ betitelt sich die Untersuchung (Atti della Accademia Gioenia in Catania vol. XVIII. 1884). Entwicklungsgeschichtliche Studien an Insekten wurden bis 1883 von vielen bedeutenden Zoologen durchgeführt (WEISMANN, BÜTSCHLI, GANIN, KOWALEWSKI, METSCHNIKOFF), doch vorwiegend ohne Anwendung der Schnittmethode; eine Ausnahme machte das in russischer Sprache verfaßte Werk von TICHOMIROFF über den Seidenspinner. GRASSI hatte in ausgiebiger Weise die neuen technischen Mittel (Schnittmethode) angewandt und die Vorgänge der Entwicklung einer genauen Analyse unterzogen. Er negierte den Ursprung des Entoderms aus Dotterzellen und lehrte, daß das Entoderm bei der Biene aus zwei bipolar am Ei befindlichen Anlagen seinen Ursprung nimmt; eine Auffassung, welche bei den meisten späteren Autoren Anklang gefunden hatte. K. HEIDER äußerte sich dazu (in KORSCHULT und HEIDERS Lehrbuch) wie folgt: „Die Untersuchungen GRASSIS bedeuten einen Wendepunkt in der Auffassung der Keimblätterbildung bei den Insekten. Es muß als ein besonderes Verdienst GRASSIS hervorgehoben werden, daß er der erste war, welcher gegen die damals allgemein herrschende Ansicht, daß die Dotterzellen das eigentliche Entoderm der Insekten liefern, auftrat, und den Nachweis erbrachte, daß das Entoderm ein Teil des unteren Blattes sei. Ebenso wurde von ihm das Vorhandensein einer vorderen und hinteren Entodermanlage richtig erkannt.“ —

In der Jugendzeit GRASSIS war die Evolutionstheorie im Sinne HAECKELS in voller Blüte. Die

Übergangsgruppen im Tierreich erschienen in einem besonders interessanten Lichte. So widmet denn GRASSI 4 Jahre umfassenden Studien an den niedersten Insekten, den Thysanuren, ferner den Symphylen und einer sehr aberranten Spinne. (Vgl. I progenitori degli Insetti e dei Miriapodi, in mehreren Teilen, Akademienschriften von Catania, Torino, Roma 1884–1888). Damals gründeten sich die Kenntnisse über Thysanuren auf das Werk von LUBBOCK aus dem Jahre 1873, welches, jener Zeit entsprechend, fast ausschließlich äußere, leicht sichtbare Merkmale für die Systematik verwendete. GRASSI liefert eine vollständige systematisch-morphologische Untersuchung über die Gattungen: *Campodea*, *Japyx*, *Lepisma*, *Machilis*, *Nicoletia*. Zahlreiche bedeutende anatomische Einzelheiten wurden bekanntgemacht, die Entwicklungsgeschichte (*Japyx*) wurde vertieft und zwei neue Spezies von *Japyx* geschildert. Auf Grund von vergleichenden Betrachtungen verweist GRASSI den Thysanuren ihre systematische Stellung als den primitivsten Insekten. Die Forschungen über diese niederen Formen sind heute viel weiter gediehen; doch bilden GRASSIS Arbeiten den sicheren Grundstein, die von ihm kreierte Familien bleiben aufrechterhalten. — Das Studium des Genus *Scolopendrella* (darunter eine neue, sehr interessante Form) schließt sich obigen Untersuchungen in systematischer und anatomischer Hinsicht an; die Verwandtschaft zwischen den Symphylen und Thysanuren wird betont. Das Einsammeln all dieser, zum Teil sehr kleinen und im verborgenen lebenden Formen hatte GRASSI viel Mühe gekostet. Doch konnte er bei dieser Gelegenheit eine sehr interessante arthrogastische Spinne, *Koenenia mirabilis*, entdecken, die auf Grund aberranter Strukturen eine eigene Ordnung verkörpert (Boll. Soc. Entom. Ital. 18. 1886). — Diesen Studien schließt sich die anatomische Darstellung der *Embiidinae*, die erste ihrer Art, an.

In einer späteren Phase seines Lebens widmet sich GRASSI dem Studium von *Phlebotomus* zu, welcher Mücke als Überträgerin des „Pappataciefiebers“ in warmen Ländern medizinische Bedeutung zukommt. Nach langen mühsamen Untersuchungen lieferte GRASSI in einer umfangreichen Monographie eine Darstellung der äußeren Morphologie wie der Anatomie der bis dahin nur sehr oberflächlich bekannten Mücke, ferner die gesamte Entwicklung, während bis zu ihm Eier, Larven und Puppen noch nicht beschrieben waren. So hatte GRASSI einen besonders wertvollen Beitrag auch für die Prophylaxis des „Pappataciefiebers“ der Wissenschaft geschenkt. (Ricerche sui Flebotomi. Roma, Mem. della Soc. ital. delle scienze, detta dei XL. 1907).

Die Rätsel der Lebensweise der staatenbildenden Insekten waren für GRASSI Ansporn zu neuen Untersuchungen, und er wählte dazu die Termiten, die ihm auf Sizilien zugänglich waren, *Calotermes*,

flavicollis und *Termes lucifugus*. In Gemeinschaft mit SANDIAS ist das hervorragende Werk der entomologischen Literatur: „Costituzione e sviluppo della Società dei Termitidi. Con un appendice sui Protozoi parassiti“. (Atti della Accad. Gioenia di Catania 1893/94) erschienen. Dasselbe wurde auch in englischer Sprache später herausgegeben (Quart. Journ. of micr. Sc. 1896). In diesem ausgezeichneten Werk wird zunächst der genaue Habitus aller der Formen, welche den Termitenstaat bilden, geschildert, ferner werden wertvolle Beobachtungen über die Lebensweise (gegenseitige Verständigungsgeräusche, Nahrung) wie auch über die Anatomie geliefert, und schließlich wird das Problem der Differenzierung der Geschlechtsindividuen unter Anwendung sinnreicher Experimente zur Lösung gebracht.

Das Problem drehte sich um die Frage, ob die einzelnen polymorphen Formen des Staates bereits im Ei als solche prädeterminiert sind, oder ob sie erst während der Entwicklung unter dem Einfluß einer besonderen Ernährungsweise nachträglich ihre Bestimmung erfahren. GRASSI nimmt diese letztere Alternative an, nach ihm entstehen Arbeiter (wo solche vorhanden), Soldaten, beflügelte Geschlechtsformen sowie die neotenischen Formen alle aus gleichen Eiern. Experimentell ist diese Annahme durch GRASSI für neotenische Formen in künstlichen Nestkulturen von *Calotermes* durchgeführt worden. Werden in einer Nestkultur mit wahren Geschlechtsformen (königliche Individuen) diese letzteren entfernt, so erscheinen nach wenigen Tagen Individuen mit oder ohne Flügelanlagen, welche nach und nach Geschlechtsorgane bekommen und zu Ersatzgeschlechtsformen werden. Wenn weiter auch diese entfernt werden, so erscheinen im Staat wiederum neue Ersatzformen. Die Individuen, welche neotenisch werden sollen, erhalten besonderen Speichel. Obige, mit entsprechenden Modifikationen auch für *Termes lucifugus* durchgeführten Experimente haben dargetan, daß die Termiten imstande sind, Geschlechtsorgane bei Individuen bis zur Reife entwickeln zu lassen, welche im normalen Zustande solche nicht erreicht hätten. GRASSI hatte hier die wichtige Tatsache entdeckt, daß die nachträglich zur Geschlechtsreife gelangenden Formen die reiche Protozoenfauna (Flagellaten) in ihrem Enddarme verlieren. Es hatte sich erwiesen, daß dieser Verlust der Kommensalen im engsten Zusammenhang steht mit der Änderung der Nahrung: die zu Ersatzformen bestimmten Individuen genießen kein Holz, auch keine Faeces ihrer Mitbürger, sie werden, wie schon gesagt, mit einem besonderen Speichel genährt. Dieses Nahrungsregime hat direkten Einfluß auf den Verlust der sonst — bei geschlechtslosen Formen — überreichen Protozoen (über die parasitäre Kastration in diesem Zusammenhang vgl. auch BRUNELLI). — In neuester Zeit wurden analoge Experimente auf GRASSIS Veranlassung durch JUCCI durchgeführt; dieselben haben die früheren Resultate bestätigt. — Die

Monographie GRASSIS ist geschmückt durch zahlreiche ausgezeichnete lithographische Tafeln. In einem Anhang werden die Protozoen der Termiten behandelt (s. weiter unten).

Die **Entwicklung und Fortpflanzung der Aale** (*Muraenoidae*) war seit alters her in geheimnisvolles Dunkel gehüllt. Im Jahre 1887 unternimmt GRASSI, in Verbindung mit seinem Schüler CALANDRUCCIO, an der Meerenge von Messina sowie in seinem Laboratorium in Catania eine Reihe von Arbeiten, welche in der Folge zu einer systematischen Aufklärung des Unbekannten geführt hatten. Freilich gebührt DELAGE im Jahre 1886 das Verdienst, als erster einer Transformation des *Leptocephalus* in den Seeaal (*Conger vulgaris*) im Aquarium beigeohnt zu haben. Doch war diese isolierte Beobachtung ohne nachhaltige Wirkung geblieben. Bekanntlich galten die durchsichtigen, gelatinösen, bandartigen Fischchen allgemein als ein Fragezeichen; sie hatten gewisse larvale Züge aufgewiesen, doch wichen sie von anderen Fischlarven ab durch ihre größeren Dimensionen. „... Knochenfische fast ohne Knochen, mit einer Chorda im Schädel und fast ohne Wirbel, das ist eine schwer zu lösende Aufgabe...“ schrieb KÖLLIKER über das Genus *Leptocephalus* im Jahre 1853. Der große Ichthyologe A. GÜNTHER sieht in ihnen noch im Jahre 1886 „Hemmungsbildungen zu einer sehr frühen Lebensperiode“, wahrscheinlich bestimmt, um nach einigem Wachstum zugrunde zu gehen; es wären Fische, die in der Nachbarschaft des Landes zu laichen hätten, abnormerweise aber mitten im Meere ausgeschlüpft, werden sie zu unentwickelten hydropischen Geschöpfen, eben den Leptocephalen. Noch im Jahre 1891 hatte die Hypothese GÜNTHERS Anhänger gehabt.

In fünfjährigen Untersuchungen (1887–1892) hatte GRASSI, zum Teil unterstützt von CALANDRUCCIO, an der sizilianischen Küste den experimentellen Nachweis erbracht, daß die Leptocephalen eigentümliche Larvenformen der Muraenoiden sind. Zunächst wurde der Nachweis für *Conger vulgaris*, *Congromuraena balaearica*, *C. mystax* und *Ophichthys serpens* geliefert, indem eine Reihe von Leptocephalenarten als respektive Larvenformen erkannt wurden.

Es war noch die eminent praktische Frage unentschieden geblieben, wie sich der Flußaal entwickelt. Im Jahre 1893 hatte GRASSI im Verein mit CALANDRUCCIO mitgeteilt, daß *Leptocephalus brevirostris* auf Grund des eingehenden vergleichend anatomischen Studiums als die Larve des Flußaales angesehen werden muß, und nicht lange darauf ist es den beiden Forschern gelungen, experimentell die Metamorphose der aus der Meerenge von Messina stammenden Leptocephalen zum Glasaal (Aalmonstee) durchzuführen. VON SIEBOLD soll ja gesagt haben, er möchte nicht sterben, ohne zu wissen, wie sich der Aal fortpflanze! Nun war durch GRASSIS Ausdauer und Geschick das Rätsel endlich gelöst, das seit ARISTOTELES die Naturforscher

beschäftigt hatte. Die Metamorphose verläuft allmählich, das dorsoventrale Maß wird kleiner, das transversale größer, die Fischlarven werden dicker, weniger bandartig, die larvalen Zähnchen verschwinden, die relativ großen Augen werden kleiner, mit der Verkürzung des Darmes rückt der After nach vorn, die unpaaren Flossen erleiden eine Veränderung, der gesamte Körper erfährt eine Verkürzung. Außer der Metamorphose selbst bereicherte GRASSI die zoologische Wissenschaft durch neue Beiträge zur Biologie des Flußaales, sowie zum Bau und zur Entwicklungsgeschichte der Geschlechtsorgane.

Diese großen Errungenschaften wurden durch GRASSI in relativ kurzen Mitteilungen niedergelegt (vgl. GRASSI e CALANDRUCCIO, Atti d. Reale Accad. dei Lincei, Roma 1892, 1893, 1896; Quart. Journ. of microscop. Science 39, Allg. Fischereizeitung 1897). Erst 1913 läßt GRASSI ein zusammenfassendes Werk in großem Maßstabe erscheinen, worin ältere und neuere seiner Beobachtungen zur Systematik, Biologie, Entwicklungsgeschichte und Anatomie der Leptocephalen, von 13 großen prächtigen Tafeln begleitet, vorbildlich niedergelegt sind („Metamorphose der Muraenoiden, Systematische und ökologische Untersuchungen“. Jena. G. Fischer). In den zwei nächsten Jahren folgen noch ausführliche tafelgeschmückte „Zusätze“, zum Teil auf Grund des Materials, welches L. SANZO in Messina liefert, in den Memorie della Accademia dei Lincei.

An der Neige seines Lebens liefert GRASSI noch einmal wertvolle, auf langjähriges Züchtungsexperiment und mikroskopische Analyse basierenden Untersuchungen zur Lebensgeschichte der Aale (1919). Es wird angeknüpft an die von BELLINI beobachteten 3 Größenklassen von Glasaalen im Zusammenhang mit dem Sexualitätsproblem, sowie an die Schicksale der durch SYRSKI in Triest (1874) entdeckten männlichen Keimdrüse. Glasaale verschiedener Größenkategorie werden gesondert in kleinen Zementbassins gezüchtet (1912–1918). Außerdem werden die Geschlechtsorgane von über 2000 Aalen, vorwiegend in der Größe von 20–40 cm, untersucht, zum größten Teil mit mikroskopischer Analyse der Keimdrüsen auf Schnitten. So wurde festgestellt, daß das SYRSKISCHE Organ (Hoden) unter bestimmten Bedingungen Ovarium werden kann. Das Geschlecht ist bei den Aalen in sehr labiler Weise determiniert. Von ausgesprochen männlichen Exemplaren findet man stufenweise Übergänge über intermediäre Formen zu ausgesprochen weiblichen Exemplaren. Bei den Glasaalen steht die Sexualität, innerhalb gewisser Grenzen, in Relation mit der Größe, die Kurzen werden zu Männchen, die Langen zu Weibchen; die Intermediären unterliegen spät, metagamisch, einer Geschlechtsbestimmung unter den Milieueinflüssen¹⁾. In gewissen Lokalitäten überwiegen

¹⁾ Diese Probleme berühren sich eng mit den Beobachtungen von WITSCHI an Fröschen.

auffallend die Männchen, in anderen die Weibchen; der erstgenannte Fall gilt im großen und ganzen weit vom Meere, der letztgenannte in der Nähe des Meeres. — Der höchst aktuelle letzte Beitrag GRASSI über die Aale ist von 9 überaus inhaltreichen Doppeltafeln illustriert¹⁾. Über diesen Gegenstand vgl. auch GRASSI'S Schüler U. D'ANCONA.

Die neueren, so hochinteressanten Studien von SCHMIDT über die Eiablage des Aales und über die Brutwanderungen haben die früheren Forschungen GRASSI zur sicheren Grundlage. Freilich gingen die Meinungen der zwei großen Aalspezialisten über die Brutstätten der Aale in der letzten Zeit auseinander. Bekanntlich versetzt der dänische Zoologe die Laichplätze des Aales ausschließlich in eine scharf umschriebene Gegend des Atlantischen Ozeans. GRASSI hingegen, gestützt auf Befunde einiger weniger — äußerst schwer zu erlangenden — Eier vom Typus der Aaleier in der Meerenge von Messina, sowie gestützt auf eigene Erfahrungen, welche auf die Existenz von Lokalrassen in der Aalbrut hinweisen, beharrte bis zuletzt in seiner Auffassung, daß auch das Mittelmeer die Laichplätze für die Aale liefert.

Wie dem auch sei, basieren die umfassenden heutigen Probleme der Aalfortpflanzung und Aalwanderung in letzter Instanz auf GRASSI'S früheren klassischen Untersuchungen. Diese wurden denn auch seinerzeit — zusammen mit dem Werk über die Termiten — mit der Goldenen Darwinmedaille der Royal Society in London ausgezeichnet.

Der Entwicklungszyklus der Cestoden war um das Jahr 1889 nur für recht wenige Formen festgestellt. Ausführliche Untersuchungen von GRASSI und ROVELLI erschienen im Jahre 1892: „Ricerche embriologiche sui Cestodi“ (Atti d. Accad. Gioenia in Catania 4); sie wurden vorher deutsch im Zentralbl. f. Bakteriologie 1889 kurz mitgeteilt. Als Grundlage für die morphogenetischen Vorgänge dient *Taenia elliptica* (= *Dipylidium caninum*) für die übrigens außer dem damals schon bekannten Wirt, *Trichodectes*, auch der Floh des Hundes und des Menschen erkannt wird. Die Cysticercoide dieses Bandwurms bieten besonders klare Verhältnisse dar. Der sechshakige Embryo verwandelt sich im Zwischenwirt in eine Blase („Primitivblase“) mit exzentrischer Höhlung („Primitivhöhle“); die hintere Hälfte ist verdünnt und trägt die Embryonalhäkchen. Der vordere Teil des Bläschens wird zum „Körper“, der hintere zum „Schwanz“. Der „Körper“ wird immer dichter und erhält in einer tiefen Einsenkung Rostellum und Saugnapfe. Der hintere Teil des Primitivbläschens wächst etwa würstchenförmig aus, er wird zu einem langen zylindrischen Anhang, an dem paarweise zerstreut die 6 Embryonalhäkchen haften. Dieser leicht abfallende und überhaupt als temporäres Gebilde auftretende Schwanz ist

vom ersten Beobachter der Cysticercoide, MELNIKOFF, übersehen worden. Daher sind die Cysticercoide von *T. elliptica*, außer bei GRASSI, unvollständig dargestellt; so in LEUCKART'S Parasitenwerk, sowie auf den LEUCKART'Schen Wandtafeln. Die morphologische Bedeutung des Schwanzgebildes wird richtig erkannt. „Der Schwanz der Cestoden ist ein rudimentäres Organ, welches in den Cercarien noch funktioniert.“ Überhaupt wird von GRASSI die nahe aus der Entwicklung sich ergebende Verwandtschaft mit den Trematoden betont. Die Einstülpung des vorderen Teiles der Körperanlage in den hinteren wird als bloßer caenogenetischer Vorgang — Schutzbedürfnis im Zwischenwirt — aufgefaßt; die Anlage der Primitivhöhle, des Rostellums und des Schwanzes hingegen als palingenetische Vorgänge. Das Cysticercoide von *Taenia elliptica* dient GRASSI als Fundamentalf orm, an welcher die morphogenetischen Vorgänge anderer Cestoden verglichen werden. Es werden gleichfalls sehr eingehend in ihrer Entwicklung studiert: *T. murina* (nana) der Mäuse, *T. leptocephala* der Ratten, ferner *T. cuneata*, *T. proglottina* sowie *T. infundibuliformis* der Hühner. Bezüglich der *T. murina* wird eine frühere Angabe GRASSI'S vollauf bestätigt, wonach diese Taenie sich ohne Zwischenwirt (nicht aber ohne Cysticercoide!) entwickelt, nämlich in den Zotten des Dünndarmes abgekapselt. Später gelangen die winzigen Cysticercoide in die Darmhöhle, wo sie sich in reife Taenien verwandeln (im Zeitraum von 15–30 Tagen). Die höchst wichtige Tatsache der direkten Entwicklung kann im Experiment nur an 3–4 Monate alten weißen *Mus decumanus* einwandfrei und glatt durchgeführt werden. Dieser durch GRASSI festgestellte, unter den Cestoden ganz ungewöhnliche Entwicklungsgang hat ohne Zweifel Geltung auch für die äußerst nahe verwandte *T. (Hymenolepis) nana* des Menschen, welche heute von den Mäusetenien (*H. fraterna* = *murina*) abgegrenzt wird.

In weiteren, sehr mühsamen Untersuchungen haben die Verfasser festgestellt, daß *T. proglottina* *Limax cinereus*, *L. agrestis* und *L. variegatus* zu Zwischenwirten hat; daß *T. infundibuliformis* in *Musca domestica*, *T. cuneata* in einem Regenwurm, *Allobophora foetida* als Zwischenwirten sich entwickeln. Außerdem wird der Nachweis erbracht, daß *T. leptocephala* (= *Hymenolepis diminuta*) der Ratten ihre postembryonale Entwicklung in einem Käfer, einem Ohrwurm und einem Schmetterling¹⁾ (die hier nicht alle aufgezählt werden) durchmacht. Für *Bothriocephalus latus* wird nachgewiesen, daß er einen Zwischenwirt in *Perca fluviatilis* hat.

Die Studien an zum Teil sehr abweichend gestalteten und doch gemeinsame Grundzüge aufweisenden Cysticercoiden haben GRASSI in den Stand gesetzt, vergleichend auch auf die Cysti-

¹⁾ Nach JOYEUX wird der Schmetterling nur als Raupe infiziert.

¹⁾ B. GRASSI, Nuove ricerche sulla storia naturale dell'Anguilla. R. Comitato Talassografico Italiano. Venezia 1919 (S. 1–141).

cerken überzugreifen. Eine Reihe von allgemeinen grundlegenden Problemen wird am Schluß des Werkes besprochen. Es ergibt sich u. a., „daß die cercariforme Periode, welche man nur auf einige Formen beschränkt glaubte, sehr verbreitet ist und folglich für sich große Wichtigkeit in Anspruch nehmen kann“. „Die Cysticerken sind nichts anderes als Formen, in denen die Primitivhöhle sich sehr vergrößert hat. Es scheint, daß in ihnen der Schwanz gewöhnlich nicht mehr sichtbar ist; der Teil, aus welchem er entstehen mußte, trägt wahrscheinlich dazu bei, die Schwanzblase zu bilden, welche letztere eine starke Entwicklung aufweist.“ Auch die seinerzeit stark umstrittene Keimblätterfrage bei Cestoden interessiert GRASSI. Er sieht in dieser Hinsicht zwei Möglichkeiten voraus: 1. Im Zusammenhang mit der allgemeinen Rückbildung wird die Scheidung in Keimblätter entweder gar nicht durchgeführt, oder nur sehr unvollkommen angedeutet, so daß sich nur eine einzige Zellenmasse bildet (Blastem), aus welcher alle Organe entstehen. 2. Unter gewissen Voraussetzungen kann angenommen werden, daß der sechshakige Embryo ausschließlich aus dem Ektoderm besteht. Die Primitivhöhle ist vergleichbar mit der Höhle des Mitteldarmes (Mesenteron) der Trematoden; die Zellen, die ihn einst begrenzt hatten, sind verloren gegangen.

An den Cestodenuntersuchungen GRASSIS ist folgendes bemerkenswert. Die induktive vergleichende Methode um Zwischenwirte herauszufinden, sie beruht auf einem progressiven Ausschließen der in Verdacht kommenden Formen, somit auf einem Einengen der Möglichkeiten; es ist keine Zufallsarbeit, vielmehr zielbewußte Arbeit eines vollen Zoologen. Zweitens, die Kunst der experimentellen Infektionen. Drittens, die Anwendung feiner Schnittmethoden auf die verwickelten Fragen der postembryonalen Entwicklung. Viertens, ein einheitlicher großer morphologischer Zug in der Beurteilung von vielfach sekundär durch Parasitismus außerordentlich stark abgeänderten Verhältnissen. In mancher Hinsicht sind diese Studien GRASSIS (in Verbindung mit ROVELLI), welche 35 Jahre zurückdatieren, heute noch nicht durch bessere und exaktere überboten worden.

Die sehr umfangreichen und minutiösen Leistungen GRASSIS auf dem Gebiete der Protozoen — abgesehen von gesondert hier behandeltem Malariazyklus — sind von hohem bleibenden Wert; sie gehören sämtlich in das Gebiet der parasitischen Formen und verteilen sich auf verschiedene Perioden in der Forschungstätigkeit GRASSIS. Schon gleich am Anfang seiner Gelehrtenlaufbahn, ein Jahr nach Abschluß der Universitätsstudien, fesseln den jungen Zoologen die protozoischen Parasiten aus dem Menschen (*Amoeba coli*, *Megastoma entericum* = *Lamblia intestinalis*, *Trichomonas hominis*), ferner die Amöben, Bodoniden, Trichomonaden usw. aus den Mäusen, Meerschweinchen,

Fröschen, Eidechsen, Schlangen, aus Maikäferlarven, Küchenschaben usw. Neu für die Wissenschaft (bis heute mit dem Namen GRASSIS vermerkt) waren: *Amoeba muris*, *A. ranarum*, *Bodo* (*Heteromita*) *lacertae*, *Polymastix melolonthae*, *Hexamitus* (*Dicercomonas*) *muris*, sowie *Coccidium Rivolta* aus dem Darm der Katze; ferner aus Chaetognathen: *Amoeba pigmentifera* und *A. chaetognathi*, beide später zum Genus *Paramoeba* gehörig erkannt. In Übereinstimmung mit mancher heutigen Richtung hatte GRASSI den Flagellaten eine tiefere Stellung im System als den Amöben zuerkannt. Diese Untersuchungen sind in einer wenig bekannten, aber heute noch sehr lehrreichen Schrift niedergelegt: „Intorno ad alcuni protisti endoparassitici ed appartenenti alle classi dei Flagellati, Lobosi, Sporozoi e Ciliati“ (Atti Soc. It. Scienze Nat. Milano 24, 1882). Während eines Sommeraufenthaltes in Heidelberg entsteht im Jahre 1887 in Gemeinschaft mit SCHEWIAKOFF die ausführlichere Darstellung über *Megastoma entericum*. Diese Publikation, welche über Bau und Lebensweise des Parasiten eingehend belehrt, war bis in die neueste Zeit die beste diesbezügliche Schilderung¹⁾.

Von ganz besonderer Bedeutung für die späteren Forschungen war die systematische Festlegung der drei Spezies der menschlichen Malariaparasiten durch GRASSI und FELETTI im Jahre 1890. Diesen Studien ging die Entdeckung von *Proteosoma* (*Haemamoeba*) *praecox*, sowie *Haemoproteus* (*Laverania*) *danilewskii* aus dem Vogelblut durch die beiden Autoren voraus. Namentlich die erstgenannte Entdeckung war für die Zukunft folgenreich: an *Proteosoma* wurde ja späterhin zum erstenmal der Zyklus der Vogel malaria erkannt (ROSS). In der richtigen Einschätzung der drei Arten von menschlichen Malariaparasiten wurde der große zoologisch-systematische Sinn GRASSIS offenbar. Die drei von GRASSI und FELETTI festgelegten Arten sind bis heute als solche erhalten geblieben: *Haemamoeba vivax*, *H. malariae* und *H. malariae praecox*. In der seither zum Teil auf Grund von Prioritätsregeln erfolgten Veränderung der Nomenklatur des Genus (*Plasmodium* MARCHIAFAVA und CELLI, resp. *Laverania* GRASSI und FELETTI) liegt nichts Grundsätzliches vor gegenüber der wichtigen Erkenntnis der Spezifität

¹⁾ GRASSI hatte den Parasiten bereits 1879 sehr genau beschrieben in der Annahme, ihn entdeckt zu haben (*Megastoma entericum* GRASSI). In der Folge wurde herausgefunden, daß LAMBL bereits vor 20 Jahren den Parasiten vor sich gehabt hatte, denselben aber so dürftig beschrieben, daß LEUCKART diese Form einfach mit *Cercomonas hominis* identifiziert hatte. Im wahren Sinne ist also der Parasit durch GRASSI entdeckt worden, der Prioritätsregel nach konnte er aber nicht den GRASSISCHEN Namen behalten. Nach vielen Jahren beklagte sich GRASSI über diesen Hergang, der sein Verdienst in den Schatten stellt, und betonte: „Il vero merito non sta nel semplice vedere una cosa, ma nel convenientemente rilevarla, distinguerla e farla conoscere!“

der Parasiten, somit ihrer Unfähigkeit sich in-
einander umzuwandeln. Überdies wurde durch die
beiden Autoren überall bei den Malariaparasiten
ein Zellkern definitiv nachgewiesen¹⁾.

Ganz neuerdings (1920) neigt indessen GRASSI
zu der alten Auffassung von LAVERAN zurück-
zukehren, wonach die 3 Formen des Malaria-
parasiten Varietäten eines einzigen Hämatozoons,
nicht aber distinkte Spezies wären. Diese Umkehr
war hervorgerufen durch die Schwierigkeit, die
klinischen Befunde an beinahe 400 Kranken in
Fiumicino in 2 aufeinanderfolgenden Jahren (1918
bis 1919) zu erklären. Einen Ausweg findet GRASSI
in der Annahme, daß der Malariaparasit eine einzige
pleomorphe resp. polygametische Spezies bildet,
deren Varietäten Kreuzungserscheinungen dar-
bieten. GRASSI vermutet, daß in der Zukunft ein-
mal die Aufeinanderfolge der Fälle von Tertiana
(*H. vivax*) mit Aestivo-autumnalis (*H. malariae
praecox*) bei ein und demselben Kranken einer
Analyse nach den MENDELSchen Regeln zugänglich
sein wird. Überdies betont GRASSI die Notwendig-
keit einer Spaltung der Aestivo-autumnalis in
2 Subvarietäten, die sehr gemeine *mitis* und die viel
seltene *immitis*.

Im Zusammenhang mit seinen Termitenunter-
suchungen wendet sich GRASSI dem Studium der
hochorganisierten Flagellaten im Enddarm der
italienischen Termiten zu. Ein Anhang zum
Termitenwerk (s. o.) behandelt *Joenia annectens*
GRASSI, *Trichonympha agilis* LEIDY, sowie andere
Formen, wie *Microjoenia*, *Monocercomonas*, *Dine-
nympha*, *Pyrsonympha*; die Beschreibungen be-
gleitet eine ausgezeichnete lithographische Tafel.
Zu diesem spannenden Gegenstand kommt GRASSI

¹⁾ Das Studium der pathogenen Protozoen hatte
GRASSI auch später stets unterstützt (vgl. die Arbeiten
von BASILE).

noch ein paarmal zurück. Im Jahre 1904, in Ge-
meinschaft mit A. FOÄ, wird Bau und Kernteilung
von *Joenia* einer äußerst subtilen Untersuchung
unterworfen; sodann stabilisiert GRASSI 1911
die Ordnung *Hypermastigina*, bespricht eingehend
ihren Umfang und betont ausdrücklich die Flagel-
latennatur der merkwürdigen Parasiten oder wohl
richtiger Symbionten.

Am Vorabend seines Lebens, im Jahre 1917,
im Besitz eines wertvollen, von SILVESTRI aus
Erythraea, Nigeria, Goldküste und Australien
heimgebrachten Materials, scheut GRASSI die für
seine kranken Augen äußerst ermüdenden Studien
an Termitenparasiten dieser Länder nicht. Ein
umfangreiches, leider nicht vollendetes Werk
(„Flagellati viventi nei Termiti“, Mem. R. Accad.
Lincei 1917), das im wesentlichen aus einer ein-
gehenden Erklärung zu 10 großen, bewunderungs-
würdigen Tafeln besteht, krönt alle früheren Er-
fahrungen GRASSIS auf dem Gebiete. Die neuen
Genera *Joenina*, *Staurojoenia*, *Spirotrichonymphella*,
Macrotrichomonas, *Pseudotrypanosoma*, *Diplo-
nympha* in zum Teil ganz wunderbaren, unerwar-
teten Formen bereichern unsere Kenntnisse unter
den *Hyper-* und *Polymastigina*. Die früheren
wie die letztgenannten Untersuchungen liefern
höchst wertvolle Beiträge zu cytologischen Pro-
blemen der Flagellatenzelle: die Kernteilung
(extranucleare achromatische Spindel = „GRASSI-
scher Teilungstypus“) verwickelte lamelläre Struk-
turen zur Stütze der Flagellenschöpfe („cytoendo-
scleradium“), gelenkartige Differenzierungen bei
Trichonympha („cytarthrosis“) usw. Für die heute
an verschiedenen Orten sehr intensiv betriebenen
Studien an wunderbar organisierten Termitenpara-
sitien bilden die schönen, präzisen Beiträge GRASSIS
sozusagen den Grundstein.

(Schluß folgt.)

Über die am besten bekannten, ältesten Organismen.

VON LOTHAR GEITLER, Wien.

Das Protoplasma der tierischen und der meisten
pflanzlichen Zellen ist in zwei Teile differenziert:
in den Zellkern oder das Karyoplasma und in das
Cytoplasma. Diese Differenzierung ist der Aus-
druck einer weitgehenden Arbeitsteilung, deren
volles Verständnis noch nicht erreicht ist, die aber
jedenfalls eine sehr große Bedeutung für alle
Lebensvorgänge besitzt. Es ist klar, daß das
Leben nicht von Anfang an in dieser komplizierten
Form vorhanden sein konnte und daß es
einfachere Organisationsstufen gegeben haben
muß.

Tatsächlich leben noch heute solche relativ
einfache Typen aus uralten Zeiten und gerade ihre
Betrachtung ist besonders reizvoll. Es sind durch-
wegs pflanzliche Organismen, nämlich die Cyano-
phyceen (Blaualgen, Schizophyceen) und sehr
wahrscheinlich einige Vertreter der Gruppe der
Bakterien. Freilich handelt es sich wohl nur um
kleine Relikte, die nur einen Teil dessen zeigen,

was das Leben auf einer niedrigeren Organisations-
stufe hervorgebracht hat.

Für das in diesem Aufsatz behandelte Thema
geben die Bakterien keine sichere Grundlage ab;
die Kenntnisse sind noch recht mangelhaft¹⁾. Was

¹⁾ Dies gilt in erster Linie für den uns hier besonders
interessierenden Zellbau. In gar nicht wenigen Fällen
wurden Zellkerne nachgewiesen. Bei anderen Objekten
lassen sich die Angaben in Anbetracht der unzureichen-
den Methodik und der Kleinheit der Zellen nicht als
gesichert hinnehmen. Es ist wichtig zu beachten, wie
sehr die Resultate der Beobachter auseinandergehen.
Das Entscheidende ist nicht, daß in vielen Bakterien-
zellen kein Kern auffindbar ist, sondern wichtig wäre
es, klare *positive* Angaben über den Zellbau zu besitzen.
Diese Forderung ist auch bei den relativ sehr großen
Schwefelbakterien bis jetzt nicht erfüllt; daß sie keinen
Zellkern besitzen, ist wahrscheinlich, wie die Zelle aber
gebaut ist, erscheint noch unklar.

Wegen der sehr unsicheren positiven Kenntnisse
des Zellbaues der Bakterien ist es auch nicht gut, sie

hier noch Interessantes vorhanden ist, bleibt der Zukunft zur Klärung vorbehalten. Über die Blaualgen läßt sich schon heute viel sagen; deshalb sei auf diese im folgenden näher eingegangen.

Zunächst interessiert uns der Zellbau. Er gibt ja den sichersten Anhaltspunkt für die Abschätzung des relativen Alters. Die Schilderung kann natürlich nicht ins Detail gehen und muß schematisch gehalten sein. Ich folge im wesentlichen BAUMGÄRTEL¹⁾, der durch seine Untersuchungen nicht nur Licht in die zahlreichen widerspruchsvollen und falschen morphologischen Angaben früherer Beobachter gebracht hat, sondern auch in der mikro-chemischen Analyse der Blaualgenzelle soweit gegangen ist, als es die Methoden überhaupt zuließen.

Das Protoplasma erfüllt die Zelle als zähflüssige Masse, der verschiedene Körper eingelagert sind. Im Zentrum liegen in wechselnder Zahl verschieden große, liquide oder steifgelige Gebilde, die *Endoplasten* (Fig. 1). Sie sind kugelig oder ellipsoidisch, wenn sie dicht liegen polygonal abgeplattet, manchmal auch fadenförmig aus-

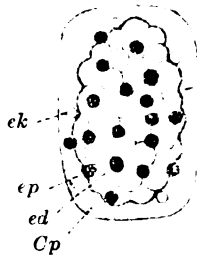


Fig. 1.
Schematische Darstellung einer Blaualgenzelle.

Cp = Chromatoplasma,
ed = Endoplasten,
ep = Epiplasten,
ek = Ektoplasten
(nach BAUMGÄRTEL).

gezogen. Sie bestehen aus Glykoproteiden und Phosphorproteiden. An ihrer Oberfläche werden stark lichtbrechende, glänzende, kugelige Körper gebildet, die *Epiplasten*. Sie können manchmal fehlen, manchmal in großer Zahl vorhanden sein, sind häufig klein, mitunter auch sehr groß und auffallend. Sie bestehen im Zentrum aus Proteinen, an der Peripherie aus Nucleoglykoproteiden. Oft lassen sich zwischen typischen Epi- und Endoplasten Zwischenstadien beobachten.

Dieser zentrale Teil der Zelle, der durch die Fähigkeit Endo- und Epiplasten zu bilden charakterisiert ist, wird *Centroplasma* genannt. Dieses wird in einer gleichmäßigen Schichte von Plasma umgeben, dem diese Fähigkeit abgeht. Dafür finden sich hier in diffuser Verteilung die Assimilationspigmente (Chlorophyll, Karotin, Phyco-cyan, Phykoerythrin) und manchmal wird eine dritte Art von Platten, die aus Proteinen bestehen und als *Ectoplasten* bezeichnet werden, gebildet.

mit den Cyanophyceen zu einem Stamm zu vereinigen, wie dies meist geschieht. In Wirklichkeit ist noch keine einzige *wesentliche* Übereinstimmung zwischen beiden Gruppen gefunden worden. Außerdem machen die Bakterien in der heutigen Fassung deutlich den Eindruck einer ganz inhomogenen Gruppe.

¹⁾ O. BAUMGÄRTEL, Das Problem der Cyanophyceenzelle. Arch. f. Protistenkunde 1920.

Diesen Plasmabezirk nennt man *Chromatoplasma*¹⁾.

Von den Stoffwechselvorgängen kann man sich mit BAUMGÄRTEL folgendes — allerdings etwas hypothetisches — Bild machen (l. c. S. 135): „In den Lacunen des Centroplasmas tritt eine Substanz von variabler Konsistenz auf, welche neben Glykoproteiden auch noch Phosphorproteide enthält (Endoplasten). Diese Substanz ist als Matrix von Gebilden zu betrachten, welche teils an der Peripherie der einzelnen Endoplasten entstehen (Epiplasten), teils außerhalb des ganzen Endoplastenaggregats gebildet werden (Ectoplasten). Die Epiplastenbildung setzt ein, wenn die reichlich ins Centroplasma abgegebenen Assimilate sich an der Peripherie der Endoplasten, wo eine Anreicherung der Phosphorproteide stattfindet, zu Nucleoglykoproteiden umbilden, wobei im Zentrum unverbrauchte Proteinstoffe als weniger dichter Kern zurückbleiben. Sinkt aber die Assimilation von Kohlenhydraten unter ein gewisses Minimum, so überwiegt die Eiweißassimilation der saproben Cyanophyceen, deren überschüssige Bildungsprodukte als Ectoplastenproteine niedergeschlagen werden.“

An der *Beschreibung* der Blaualgenzelle ist wohl am auffallendsten das Fehlen eines Zellkernes. Bei der Betrachtung des lebenden Objekts wirkt die *gesamte abweichende Organisation* viel auffallender. Die ganze Zelle ist recht undurchsichtig, was durch das Fehlen von Zellsaftvakuolen und die $\pm$ geligen Einlagerungen bewirkt wird. Das Plasma selbst ist zähflüssig und zeigt niemals eine Spur einer Bewegung²⁾. Am eigentümlichsten ist aber vielleicht die sonderbare diffuse Färbung, die sich meist erst bei starker Vergrößerung und aufmerksamen Beobachtung als in einer peripheren Schichte (im Chromatoplasma) lokalisiert erkennen läßt. Es fehlt eben der sonst von allen Algen gewohnte Anblick eines Chromatophors³⁾.

Wie aus dieser Schilderung hervorgeht, zeigt die Blaualgenzelle ein sehr eigenartiges Bild. Es ist dadurch bedingt, daß die fundamentale Differenzierung in Kern und Cytoplasma fehlt, daß im Cytoplasma Differenzierungen wie ein Chromatophor und Zellsaftvakuolen fehlen, und daß an ihrer Stelle andere, *relativ einfache Differenzierungen vor-*

¹⁾ Über die zahlreichen Veränderungen, die dieses Schema bei einzelnen Formen erfährt, vgl. L. GEITLER, Synoptische Darstellung der Cyanophyceen in morphologischer und systematischer Hinsicht. Beih. z. bot. Zentralbl. Bd. XLI, Abt. II. 1925.

²⁾ Die eigentümliche Beschaffenheit des Plasmas wird auch bei Plasmolyse deutlich: der Protoplast zieht sich nie kugelig zusammen, sondern zeigt ganz unregelmäßige Schrumpfformen.

³⁾ Als Chromatophor wird ein distinkter, auch nach Auszug der ihn imprägnierenden Farbstoffe deutlich sichtbarer, plasmatischer Körper, der dem übrigen Cytoplasma *eingelagert* ist und sich selbständig teilt, bezeichnet. Bei den Blaualgen ist das *Plasma selbst* von den Farbstoffen durchtränkt, ein besonderer *Farbstoffträger* also nicht vorhanden.

handen sind. Das Letztere ist wichtig festzuhalten. Es ist eine verfehlte, oberflächliche Ausdrucksweise, wenn man die Blaualgen dadurch charakterisiert, daß man sagt: sie haben keinen Kern. Nach Abzug des Kernes aus einer typisch gebauten Zelle entsteht noch keine Blaualgenzelle, sondern ein Un-
ding. *Karyoplasma und Cytoplasma sind Wechselbegriffe*, eines ohne das andere ist unmöglich. Die Blaualgenzelle ist nicht von Cytoplasma erfüllt, sondern von einem Plasma, das der *Summe von Karyo- und Cytoplasma* entspricht, das es aber nicht zur *Auseinanderlegung* dieser in ihm schlummernden Möglichkeiten gebracht hat. Ebenso wenig ist das ganze Blaualgenplasma einem *Kern* gleichzusetzen, wie dies von manchen Autoren behauptet wurde.

Von einer Einfachheit der Organisation, wie sie HAECKEL bei den Blaualgen angenommen hat¹⁾, ist gewiß keine Rede. Es sind vielmehr Differenzierungen vorhanden, die sich in eine gewisse Parallele mit höher organisierten Zellen bringen lassen. Am leichtesten läßt sich ein Vergleich zwischen Chromatoplasma und Chromatophor anstellen. Die Bildung einer peripheren, der Assimilation dienenden Plasmaschichte, wie sie das Chromatoplasma darstellt, ist ökologisch verständlich. Das Chromatoplasma entspricht *physiologisch* einem Chromatophor und versieht im großen und ganzen die gleichen Aufgaben wie dieser. Es ist aber eine wesentlich einfachere, undifferenzierte Bildung. Der Typus der Alge wurde zuerst auf diese Art erreicht, sie hat aber manche Nachteile. Die ganze Sensibilität, welche die typischen Algen durch Verschiebungen ihrer Chromatophoren bei wechselnder Lichtintensität besitzen, fehlt den Blaualgen. Das Chromatoplasma ist ein starrer Körper, der auf Lichtreize höchstens durch den langwierigen und unökonomischen Auf- und Abbau seiner Assimilationsorgane antworten kann.

Genau betrachtet ist freilich das Chromatoplasma *für die Blaualge* genau so funktionsgemäß wie ein Chromatophor *für die höhere Alge* und die Blaualge genau so lebensstüchtig wie irgend eine andere Alge. Die Blaualge ist eben im ganzen stumpfer, anspruchsloser, „undifferenzierter.“ Könnte man einer höheren Alge statt ihres Chromatophors ein Chromatoplasma einsetzen, so würden sich sofort starke Unstimmigkeiten ergeben. Man denke nur an die Unfähigkeit des Chromatoplasmas die Drehungen der Chromatophorenplatte von *Mougeotia* oder die Metabolie der Strahlen des Chromatophors von *Zygnema* und der Lappen vieler Desmidiaceen-Chromatophoren zu ersetzen.

Aber nicht nur in diesen Leistungen steht das Chromatoplasma einem Chromatophor nach; es ist ihm auch die ganze Formenfülle genommen,

die die Chromatophoren in fast unübersehbarer Mannigfaltigkeit zeigen. Das Chromatoplasma findet sich bei *allen* Cyanophyceen — deren Zahl nicht gering ist — immer in der gleichen monotonen Ausbildung: als die ganze Zelle umhüllende periphere Schichte. Die sehr bescheidenen Veränderungen erstrecken sich nur auf seine Dicke.

Wie das Chromatoplasma läßt sich auch das Centroplasma — wenn auch schwieriger — mit Teilen einer höher organisierten Zelle vergleichen. Von vornherein kann man erwarten, daß sich diejenigen Substanzen und Strukturen finden, die bei höherer Differenzierung einen Zellkern ergeben würden. Bei der Verfolgung dieses Gedankenanges wurden aber nicht wenige Fehler gemacht. So wurde nach „Chromatin“ gesucht und auf Grund nichtssagender Färbungen die verschiedensten Gebilde als solches angesprochen. Sogar das Vorkommen von Chromosomen wurde behauptet, obwohl sich die betreffenden Beobachter bewußt waren, daß ein Zellkern im gewöhnlichen Sinne nicht vorhanden war. All das beruht auf dem Verkennen der Tatsache, daß man sich von einem Zellkern zwar beliebig viel wegdenken kann, daß die Natur aber ganz andere Wege gegangen ist. In der Blaualgenzelle lassen sich keine *einzelnen Bestandteile* eines Kernes finden, sondern es liegt in Gestalt des Centroplasmas eine *vollkommene Einheit* vor. Es findet sich hier Plasma, das Glykoproteide und Nucleoglykoproteide führt; das Ganze entspricht keinem Kern, sondern ist ein *wenig differenziertes Gemisch von Kern- und Cytoplasma-Äquivalenten*, wobei allerdings die ersteren im Vergleich zum Chromatoplasma überwiegen.

Ganz übereinstimmend mit diesem Bilde verläuft die Zellteilung. Das Plasma wird vermehrt, die vor der Teilung während des Wachstums der Zelle neugebildeten Platten werden passiv auf die Tochterzellen verteilt¹⁾. Gleichzeitig wird durch eine peripher beginnende und zentripetal vorschreitende Spaltbildung (die meist mit Membranbildung verbunden ist) das Plasma in zwei Teile zerlegt. Es entsteht häufig der Eindruck, als ob der Spalt den eigentlichen Anstoß zur Teilung geben und das Centroplasma durchschnüren würde. In Wirklichkeit ist der ganze Vorgang eine *Einheit*: die Trennungslinie der beiden Tochterzellen bildet sich *gleichzeitig* mit der Durchschnürung des Centroplasmas. „Zellteilung“ und „Kernteilung“ fallen zusammen.

Besonders sinnfällig wird die Undifferenziertheit der Teilung durch ein Verhalten, das man bei manchen Formen mit hoher Teilungsfrequenz nicht

¹⁾ Bei manchen fadenförmigen Formen liegen die Ektoplasten nur an den Querwänden und werden *nach* der Teilung oder schon *während* der Teilung an der neuen fertigen oder noch in Bildung begriffenen Querwand neu gebildet. Gelegentlich werden die Endoplasten *geteilt*. Dies ist der Fall wenn sie langgestreckt sind und senkrecht zur Teilungsebene orientiert sind. Man sieht dann häufig ein queres Auseinanderreißen in 2 Stücke.

¹⁾ HAECKEL schreibt in den „Krystallseelen“ (Leipzig 1917, S. 45), daß *Chroococcus* eine „strukturlose homogene Plasmakugel, welche sich durch Zweiteilung vermehrt und noch keinerlei wirkliche Organisation besitzt“ ist.

selten sieht. Es kann nämlich in einer Zelle eine neue Teilung erfolgen, bevor die alte noch beendet ist. Genau ausgedrückt teilen sich die beiden Tochterzellen, bevor sie noch fertig hergestellt sind. In Fig. 2a sieht man eine *Chroococcus*-zelle, bei der die Ebenen zweier aufeinander folgender Teilungen senkrecht zueinander stehen. Die Ebene der ersten Teilung ist im Bild horizontal gestellt. Man sieht den sich schließenden Ringspalt (der hier mit der Membranbildung verbunden ist) und be-

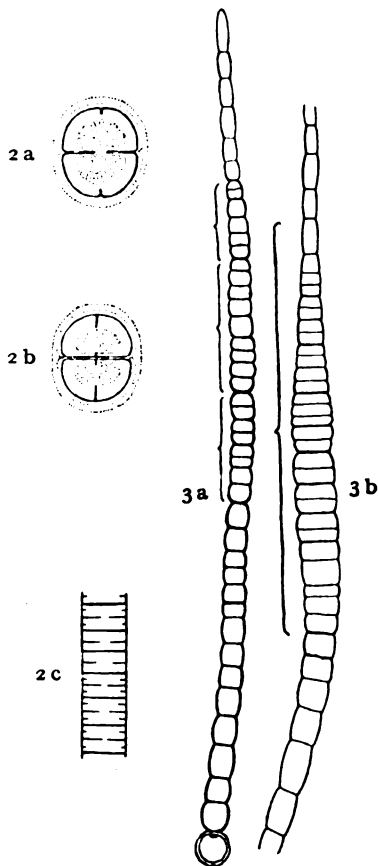


Fig. 2 a, b. *Chroococcus turgidus*, in a die erste Teilung fast vollendet, die zweite beginnend, in b die erste vollendet, die zweite weiter vorgeschritten. Centroplasma punktiert; die äußeren punktierten Linien deuten Gallerthüllen an (nach GEITLER); c. ein *Oscillatoria*-Faden in lebhafter Teilung; nur die Zellwände gezeichnet (nach GEITLER).

Fig. 3. Junge Fäden von *Rivularia Pisum* (a) und *R. polyotis* (b), das trichothallische Wachstum zeigend (nach SCHWENDENER).

merkt, daß das Centroplasma noch nicht ganz geteilt ist. Trotzdem tritt in jeder der zukünftigen Tochterzellen bereits wieder eine Teilung ein, wie man an dem Beginn der Membranbildung sieht. Diese erfolgt einseitig, da die gegenüber liegende Wand der Tochterzelle noch gar nicht existiert, sondern hier noch das Loch in der neugebildeten

Wand der ersten Teilung vorhanden ist. Es finden also mit einer kleinen Phasenverschiebung zwei Teilungen gleichzeitig statt. In Fig. 2b ist ein späteres Stadium abgebildet, in dem die erste Teilung vollzogen und die zweite weiter vorgeschritten ist.

Ein solches Verhalten ist bei kernführenden Organismen unmöglich. Es kann sich zwar das Cytoplasma simultan (gleichzeitig nach verschiedenen Richtungen teilen), nie aber die ganze Zelle mit dem Kern.

Prinzipiell gleich wie *Chroococcus* verhalten sich viele fadenförmige Formen, so z. B. die bekannte *Oscillatoria*, nur liegen hier die Teilungsebenen parallel. In Fig. 2c sieht man, wie sich in den Zellen Querwände bilden, die in dem gezeichneten Stadium fast geschlossen sind, und wie in den noch unfertigen Tochterzellen neue, noch ganz kleine Querwände angelegt werden. Diese Formen zeigen noch eine sehr bemerkenswerte Tatsache: *Teilung und Wachstum finden gleichzeitig statt*¹⁾. Die Zellen strecken sich gleichzeitig mit der Teilung, würde die Streckung unterbleiben, so würden die Zellen dauernd kleiner werden, da die Teilungen bei entsprechenden Ernährungsverhältnissen dauernd weitergehen. Diese Blaualgen verhalten sich also nicht so wie differenziertere Organismen, bei denen die Zelle zuerst heranwächst und sich dann teilt, sondern beide Tätigkeiten gehen hier durcheinander.

Der geschilderte Zellbau ist gewiß als recht primitiv zu betrachten. Es ist nun anziehend zu sehen, wie sich im Rahmen dieser Organisation eine Fülle von Formen, die in vielen Beziehungen anderen Pflanzentypen nahekommen, ausgebildet hat. Die Morphologie der Cyanophyceen bietet ein seltsames Gemisch von monotoner Einfachheit und abwechslungsreicher Kompliziertheit. Wenig abwechslungsreich sind die Zellformen: es überwiegt die Kugelform und das Ellipsoid, ziemlich selten sind Stäbchen. Eine Mannigfaltigkeit, wie sie bei den *Desmidiaceen*, *Diatomeen* oder *Flagellaten* realisiert ist, fehlt ganz. Auch die Gestalten der Zellfamilien gehen meist nach einem Schema: sie zeigen das Aussehen der Familien wie sie von den Bakterien allgemein bekannt sind, so daß sie hier übergangen werden können. Auf einige besondere Fälle wird jedoch später noch zurückzukommen sein.

Interessanter sind die fadenbildenden Formen. Es handelt sich hier zum Teil um *vielzellige* Organismen, deren Zellen durch Plasmodesmen miteinander in Verbindung stehen. Manchmal kommt es zu hochdifferenzierten Thallusbildungen²⁾, die sich mit höheren Algen messen können. So bildet *Stigonema mamillosum* mehrreihige, verzweigte

¹⁾ Man kann unter Umständen ganze Fäden finden, in welchen es überhaupt keine einzige ruhende Zelle gibt, sondern wo alle Zellen sich in verschiedenen Phasen der Teilung befinden.

²⁾ Die einfacheren, wie die von *Oscillatoria* und *Nostoc* können als bekannt vorausgesetzt werden.

Fäden mit einer deutlichen *Scheitelzelle*. Die ganze bäumchenförmige Alge ist so groß, daß die einzelnen Fäden und die Verzweigungen schon mit freiem Auge gesehen werden können; sie erinnert beinahe an ein kleines Moos. Bei *Rivularia* und ähnlichen Formen gibt es *trichothallisches Wachstum*, wie es von niederen Braunalgen (Phaeosporeen) bekannt ist. Der junge Keimling ist zunächst ein einreihiger, undifferenzierter Zellfaden mit durchwegs gleichwertigen Zellen. Später erfolgt in den Zellen des einen Endes eine Streckung und dieser Teil wird zum Haar. Die basalen Zellen bleiben ungeteilt und können später zu Dauerzellen werden, außerdem entstehen hier Heterocysten¹⁾. Im mittleren Abschnitt des Fadens setzt lebhaftere Zellteilung ein und diese Zone wird zu einem dauernd erhalten bleibenden, interkalaren Meristem, das an seinen niedrigen Zellen leicht kenntlich ist (Fig. 3). Wieder andere Thallusformen findet man in der Familie der Pleurocapsaceen. Einige imitieren auffallend den Thallus höherer Grünalgen. Die Entwicklung verläuft in der Art, daß in der Jugend eine einschichtige Zellscheibe mit Randwachstum, die aus radiär ausstrahlenden, verzweigten Fäden besteht, gebildet wird (Fig. 4a). Später entstehen aus dieser Scheibe aufrechte, parallele Fäden, die seitlich eng zusammenschließen (Fig. 4d).

Im einzelnen herrscht bei diesem Lagertypus eine ziemliche Mannigfaltigkeit, die unter anderem durch verschiedene Verzweigungstypen bedingt wird. Neben der seitlichen Verzweigung kommen echte Dichotomien vor, außerdem gibt es Scheindichotomien, d. h. seitliche Verzweigung mit Evekation (unter Hinaufrücken des Seitenastes auf die Querwand und Abbiegen des Hauptfadens, wodurch eine Dichotomie vorgetäuscht wird).

Dies sind wenige Beispiele für die Thallusformen der fadenförmigen Blaualgen²⁾. In Wirklichkeit gibt es sehr viel mehr verschiedene und zum Teil recht bemerkenswerte Typen. Noch interessanter sind aber vielleicht die Fortpflanzungsverhältnisse. Zahlreiche Formen besitzen *Endosporen*: eine Zelle vergrößert sich und wird zum Sporangium, der Inhalt teilt sich und zerfällt in eine größere, oft bestimmte Zahl nackter Protoplasten, die austreten und als Sporen der Fortpflanzung dienen³⁾. Die Sporangien stehen bei differenzierteren Formen an bestimmten Stellen, so bei *Nematoradaisia* (Fig. 4c) an den Enden der

aufrechten Zweige, ganz so wie die Zoosporangien von *Pseudulvella*. Interessanterweise gibt es nun unter den Cyanophyceen Formen, die überhaupt keine vegetativen Zellteilungen besitzen, also dauernd einzellig sind, und sich ausschließlich durch Endosporen fortpflanzen. Sie stellen eine Parallele zu den Protococcaceen dar. Der Entwicklungszyklus einer solchen Form spielt sich in folgender Weise ab: die Zelle wächst heran, der Inhalt zerfällt in Endosporen, die frei werden und wieder zu vegetativen Zellen heranwachsen. Solche Formen stellt Fig. 5 dar. Eigentümlicherweise sind zwei Typen von Sporenbildung vorhanden, wie sie auch bei der Zoo- oder Autosporenbildung der Protococcaceen vorkommen: die Teilungen erfolgen bei manchen Formen *simultan* (in diesem Falle wird

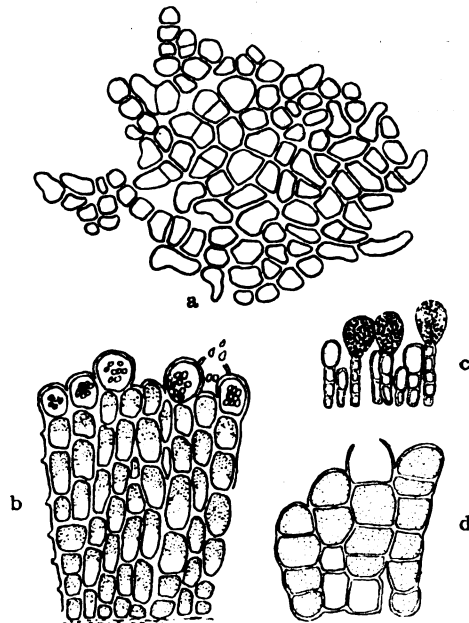


Fig. 4. a) Sohle von *Oncobrysa rivularis* in der Draufsicht; b) Thallus von *Pseudulvella consociata* (Grünalge) mit endständigen Zoosporangien, Profilansicht; c) Thallus von *Nematoradaisia Laminariae* mit endständigen Endosporangien, Profilansicht; d) Stück eines Thallus von *Pleurocapsa minor*, Profilansicht (a, d nach GEITLER, b, c nach SETCHELL und GARDNER).

der ganze Protoplast gleichzeitig in Plasmoportionen zerlegt), bei anderen *succedan* (wobei der Protoplast durch aufeinanderfolgende Teilungen in eine immer größer werdende Zahl von kleiner werdenden Stücken zerlegt wird).

Neben diesen Formen mit echter Endosporenbildung gibt es auch Typen, bei denen die Teilungen sich nicht rein endogen (nur im Plasma) abspielen, sondern unter Beteiligung der Membran erfolgen¹⁾. *Gomphosphaeria* bildet hohlkugelige Kolonien, die aus einer peripheren, einschichtigen

¹⁾ Dieses Verhalten leitet zur gewöhnlichen vegetativen Zellteilung über.

¹⁾ Dies sind meist inhaltsarme Zellen mit verdickter Membran; wahrscheinlich handelt es sich um den Dauerzellen analoge, aber im Lauf der phylogenetischen Entwicklung reduzierte und funktionslos gewordene Bildungen (Näheres siehe in GEITLER, l. c.).

²⁾ Für den Algologen sei hier noch auf die Übereinstimmung des Thallusaufbaues von *Oncobrysa rivularis* mit der Chrysophyceen *Phaeodermatium*, auf die *Tellamia*-Form der Blaualgen *Hyella*, ferner auf die Thalli von *Loriella*, *Pulvinularia* und *Hyphomorphia* hingewiesen.

³⁾ Die Sporen sind nicht aktiv beweglich; Geißeln fehlen den Blaualgen ja ganz.

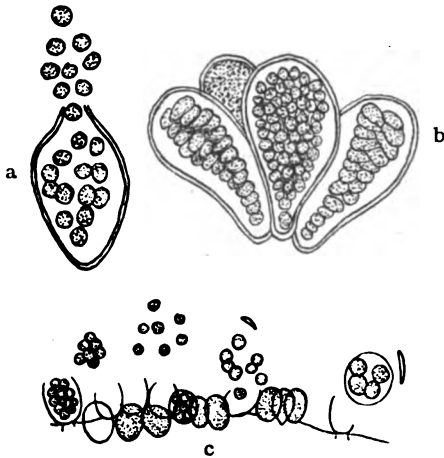


Fig. 5. a, b. *Dermocarpa aquae-dulcis*, a) 4 Zellen in verschiedenen Stadien der Endosporenbildung, b) Entleerung der Endosporen; c) *Dermocarpa (Cyanocystis) versicolor*, Endosporenbildung (a, b nach REINSCH, c nach BORZI).

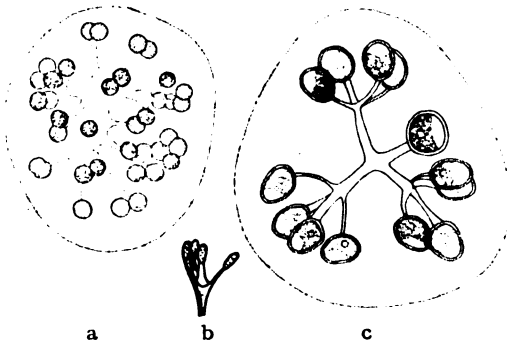


Fig. 6. a, b. *Gomphosphaeria lacustris*, a) Habitusbild einer Kolonie, b) Detailbild; c) Kolonie von *Dictyosphaerium pulchellum* (Grünalge) (a, c nach SMITH, b nach CHODAT).

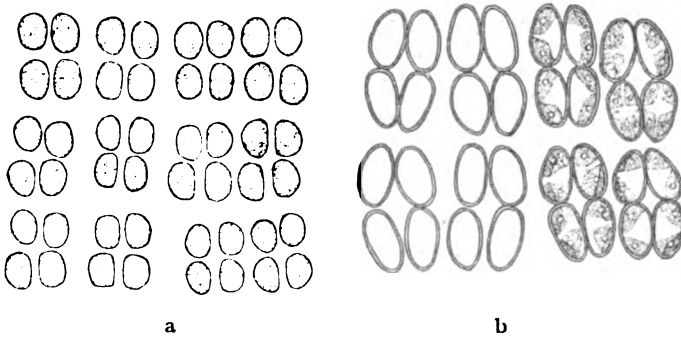


Fig. 7. a) Tafelförmige Kolonie von *Merismopedia punctata*, b) von *Crucigenia rectangularis* (Grünalge) (beide nach SMITH).

Lage von Zellen bestehen¹⁾. Jede Zelle sitzt auf einem Gallertstiel; die Stiele aller Zellen stehen radiär und vereinigen sich im Innern der Kolonie (Fig. 6a). Die Entwicklung verläuft ganz analog

¹⁾ Das Innere der Kolonie ist von Gallerte erfüllt.

wie bei der ebenfalls hohlkugelige Kolonien bildenden Protococcacee *Dictyosphaerium* (Fig. 6 c). Bei dieser bildet jede Zelle einer Kolonie vier Autosporen, die Membran der Mutterzelle zerreißt in vier Stcke, die am Scheitel auseinanderklaffen, an der Basis aber verbunden bleiben. Jede der vier Autosporen rückt nun empor und setzt sich an einem Membranteil fest; die Membranstücke verschleimen und werden zu Gallertstielen. Es sitzen so vier Zellen auf vier Stielen, die an der Basis miteinander verbunden sind. In ähnlicher Weise verläuft die Entwicklung bei *Gomphosphaeria*; an Stelle der vier Autosporen treten hier zwei schnell aufeinander folgende Zweiteilungen.

Wie *Gomphosphaeria* mit *Dictyosphaerium*, so zeigt *Merismopedia* mit der Protococcacee *Crucigenia* weitgehende Übereinstimmung. Beide bilden viereckige, tafelförmige Kolonien, in denen die Zellen in Längs- und Querreihen angeordnet sind. Die Fortpflanzung erfolgt bei *Crucigenia* durch vier Autosporen, die quadratisch stehen, bei *Merismopedia* durch zweimalige endogene Zweiteilung, wobei die beiden Teilungsebenen senkrecht zueinander liegen (Fig. 7).

Ganz andere morphologische Verhältnisse zeigt die Gattung *Chamaesiphon*. Hier fehlen vegetative Teilungen, die Fortpflanzung erfolgt ausschließlich durch *Exosporen*. Die einzellige Pflanze ist $\pm$ langgestreckt, ist mit der Basis auf dem Substrat befestigt und schnrnt am Scheitel die Sporen ab. Die ganze Zelle sitzt in einem becherartigen Membranteil¹⁾, der aus ttenfrmig ineinandersteckenden Stücken besteht (Fig. 8a, b). Von innen her werden immer neue trichterförmige Schichten angelagert, wodurch das ganze Gebilde in die Länge wächst. Dieses Verhalten ist ganz übereinstimmend mit der Chrysomonade *Hyalobryon*²⁾.

Manche *Chamaesiphon*arten bilden Kolonien. Diese kommen dadurch zustande, daß die Sporen nicht abfallen, sondern sich am Rand des Membrantrichters der Mutterzelle festsetzen, dort keimen, auswachsen und wieder neue Sporen, die sich gleich verhalten, bilden. So entstehen bumchenfrmige Bildungen (Fig. 8c), die ihrer Entstehung nach sich mit den Kolonien der Chrysomonade *Dinobryon* vergleichen lassen (Fig. 8c). Bei *Dinobryon* teilt sich jede Zelle in ihrem Gehäuse, die eine Tochterzelle bleibt ruhend, die andere rückt em-

¹⁾ Diese Membran umgibt die Zelle in der Jugend allseits und öffnet sich erst im Alter bei der Sporenbildung. Sie ist der Sporangiumwand der endosporinen

Formen wie *Dermocarpa* homolog, so wie die Exosporen nur modifizierte Endosporen und diesen daher ebenfalls homolog sind.

²⁾ Auch bei den Heterokonten erfolgt oft ein ähnliches Längenwachstum; doch besteht bei diesen die Membran aus zwei Stücken.

por, setzt sich am Gehäuserand fest und bildet ein neues Gehäuse. Allerdings sind diese Kolonien viel regelmäßiger aufgebaut, und der ganze Vorgang verläuft gesetzmäßiger als bei *Chamaesiphon*. Bei letzterem fallen oft Sporen ab, oft werden mehrere schnell hintereinander gebildet¹⁾).

Diese fragmentarische Aufzählung gibt immerhin ein gewisses Bild der Formenmannigfaltigkeit, welche die Cyanophyceen im Rahmen ihrer primitiven Organisation erreicht haben. Wie die Beispiele zeigen, wurden mit ganz anderen Mitteln ähnliche morphologische Typen erreicht, wie sie die differenzierten Formen besitzen. Es handelt sich dabei *nicht um Homologien*. Denn die Cyanophyceen stehen mit den Flagellaten und den von ihnen abstammenden Algen in keinem näheren Zusammenhang. Die Entwicklung innerhalb der Cyanophyceen ist vollkommen *parallel* mit anderen

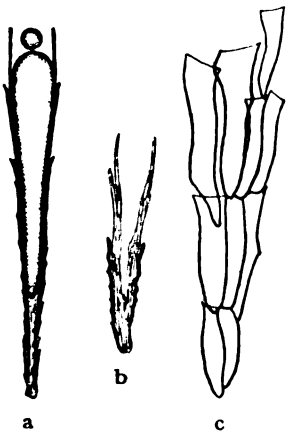


Fig. 8. *Chamaesiphon fuscus*: a) Individuum mit einer Exospore; b) leerer Membrantrichter; c) Kolonie, nur die Gehäuse gezeichnet (nach GEITLER).

Algenreihen gegangen. Es liegt hier eine Konvergenz im großen Stil vor.

Damit gelangt man zu allgemeineren Problemen, die mit dem in diesem Aufsatz behandelten Thema zusammenhängen. Man verläßt dabei freilich mehr oder weniger das Gebiet der sicheren Tatsachen.

Am wenigsten gilt dies vielleicht noch von der ersten Frage: sind die Blaualgen als Vorläufer der höheren Organismen zu betrachten? Der Zellbau macht, trotz seiner relativen Einfachheit, den Eindruck von etwas Abgeschlossenem, das keiner weiteren Entwicklung oder doch keiner Entwicklung, die zu den heute bekannten, in Kern und Cytoplasma differenzierten Organismen führen könnte, fähig ist. Außerdem spricht die ganze Morphologie und besonders die geschilderten Konvergenzerscheinungen gegen die Annahme, daß die Cyanophyceen die Vorläufer höherer Organismen sind.

¹⁾ Die Kolonien von *Chamaesiphon* sind übrigens festsitzend, *Dinobryon* ist ein Planktonorganismus.

Wie kann man sich nun die gesamte Entwicklung der Organismen vorstellen? Wenn man bei den differenziertesten Pflanzen und Tieren beginnt und die Entwicklung rückwärts verfolgt, so gelangt man mit kleineren oder größeren Sprüngen bis zu den Flagellaten, die also als Ausgangsformen zu betrachten sind¹⁾. Die Gründe, die man hierfür hat, sind bekannt genug, um sie hier übergehen zu können; nur ein Umstand wird wenig beachtet: daß die Flagellaten, *abgesehen* von ihrem Geißelapparat, eine ganz bestimmte Organisation besitzen, die sich bei allen späteren Organismen wiederfindet, nämlich die Differenzierung in Kern und Cytoplasma. Diese Tatsache kann nicht als selbstverständlich hingenommen werden, sondern ist erklärungsbedürftig. Die einfachste Erklärung ist gewiß die Annahme, daß die kernführenden Formen durch die Flagellaten miteinander verbunden sind. Will man dies leugnen, so muß man eine mehrmalige Entstehung der typischen Zellorganisation annehmen, was gewiß nicht wahrscheinlich ist.

Diese Überlegung hilft über manche Schwierigkeiten hinweg. Es sei z. B. an die Ratlosigkeit erinnert, die man in der Botanik den Rotalgen gegenüber hat. Diese stark gegliederte Gruppe besitzt ein sehr eigentümliches Merkmal: das Fehlen beweglicher, flagellatenartiger Fortpflanzungsstadien. Besonders rätselhaft ist dies deshalb, weil sich kein ökologischer Grund finden läßt. Die Rotalgen sind durchwegs Wasserbewohner, ihre Fortpflanzungszellen hätten also reiche Möglichkeiten, ihre Schwimmfähigkeit zu betätigen. Trotz diesem Rätsel ist es nicht nötig, an der Abstammung dieser Formen von Flagellaten zu zweifeln. Denn viel wesentlicher als Geißeln, kontraktile Vakuolen und Basalkorn ist dem Körper eines Flagellaten der Kern und der Chromatophor. Es ist leichter vorstellbar, daß die Rotalgen ihre beweglichen Stadien verloren haben²⁾, als daß ihre Zellorganisation³⁾ unabhängig von den Flagellaten ein zweites Mal entstanden ist. Diese Vorstellung wird dadurch erleichtert, daß die heute lebenden Rotalgen hoch differenzierte Typen sind und daß einfachere Formen überhaupt nicht existieren. Der Verlust der Flagellatenstadien kann also in jene Periode verlegt werden, die heute durch keine überlebenden Formen mehr repräsentiert ist.

¹⁾ Den Anfang dieser Entwicklungsreihe hat uns, so weit sie Pflanzen umfaßt, in ausgezeichnete Weise PASCHER verstehen gelehrt. Eine kurze Darstellung findet man in A. PASCHER: Über die morphologische Entwicklung der Flagellaten zu Algen, Ber. d. dtsh. botan. Ges. 1924.

²⁾ Ähnlich verhalten sich die ebenfalls im Wasser lebenden pennaten Diatomeen, bei welchen der Zusammenhang mit Flagellaten allerdings viel klarer als bei den Rotalgen ist.

³⁾ Es sei erwähnt, daß sich auch in Einzelheiten Übereinstimmungen mit Flagellaten finden lassen, so in der Art und der Bildungsweise der Assimilationsprodukte.

Die Ableitung der höher differenzierten Formen von Flagellaten geht nicht lückenlos. Wie vor den Rotalgen, so befindet sich auch vor den Cormophyten und an manchen anderen Stellen eine Leere. Ähnlich geht es in der Zoologie. Immerhin gelangt man aber bei dem Abstieg von Metaphyten und Metazoen mit einer gewissen Ziel-sicherheit bis zu den Flagellaten. Viel schwieriger ist nun das Folgende. Was sich vor der Entstehung der Flagellaten abgespielt hat, liegt ganz im Dunkeln. Es sind aus jenen Zeiten Reste vorhanden, so die Blaualgen, die aber weder nach unten, noch nach oben einen Anschluß an andere Organismen zulassen. Interessanterweise findet sich allerdings bei den Blaualgen schon Chlorophyll, Karotin, Phykoerythrin und Phykocyan¹⁾, welche Farbstoffe bei Flagellaten und vielen höheren Pflanzen wiederkehren. Besondere Schlüsse

¹⁾ Über das Chlorophyll der Blaualgen fehlen allerdings noch genaue Untersuchungen, so daß es nicht sicher ist, ob es mit dem Chlorophyll der höheren Pflanzen ganz identisch ist. Dagegen ist mit Sicherheit in einigen Fällen die Übereinstimmung der Phykoerythrine und Phykocyane der Blaualgen mit denen der Rotalgen und Chlorophyceen (*Palmellococcus*) nachgewiesen.

kann man daraus aber nicht ziehen. Außer den Blaualgen gibt es dann aller Wahrscheinlichkeit nach Reliktformen unter den Bakterien. Von ganz besonderem Interesse sind die *autotrophen* Typen, z. B. die Schwefelbakterien. Sie assimilieren den Kohlenstoff aus der Kohlensäure der Luft, benötigen dazu aber nicht die Lichtenergie wie die grünen Pflanzen. Sie besitzen daher weder Chromatophor noch Chromatoplasma, sind also, wenn sie — wie es scheint — keine Differenzierung in Kern und Cytoplasma besitzen, noch viel einfacher als die Blaualgen gebaut. Da man sich die ersten Organismen auf der Erde autotroph vorstellen muß, so muß man diese Formen als die ursprünglichsten, heute noch lebenden Organismen ansehen, gleichgiltig, ob man sich die ersten Lebensformen auf die Erde gefallen oder aus ihr entstanden denkt. Schließt man sich der letzteren, vielleicht ökonomischeren Ansicht an, so muß man sich bewußt sein, daß auch die autotrophen Bakterien (schon gar nicht die Blaualgen) nicht wirklich *primäre*, „*einfache*“ Organismen, etwa im Sinne der HAECKELschen Probiotanten sind. Vor ihnen — oder zwischen ihnen und dem Anorganischen — ist die größte, unüberbrückbarste Leere, bei deren Anblick man plötzlich verstummt.

Besprechungen.

STILLE, H., **Grundfragen der vergleichenden Tektonik.**

Berlin: Gebr. Borntraeger 1924. VII, 443 S. und 14 Abbild. 17 × 26 cm. Preis 22,50 Goldmark.

Seit dem monumentalen Werke von E. SUSS, „Das Antlitz der Erde“, ist der Versuch nicht wiederholt worden, die geologische Gestaltungsgeschichte des Erdballes zusammenfassend darzustellen. Man darf wohl im Zweifel sein, ob nur das seitdem ungeheuer angewachsene Beobachtungsmaterial davor abschreckte, die Aufgabe von neuem in Angriff zu nehmen. Vielmehr liegt darin wohl das stillschweigende Eingeständnis, daß zuvor prinzipielle Fragen ihrer Lösung näher gebracht werden müssen, ehe man an eine umfassende neue Darstellung herantreten kann. Die Forschungsrichtungen der letzten Jahre zeigen uns deutlich, welche Probleme im Brennpunkte des Interesses stehen. Es sind einmal die mechanischen Vorgänge der Gebirgsbildung, d. h. die Reaktion der Schichten auf ihre Beanspruchung durch tektonischen Druck; zum anderen suchte die Geologie nahen Anschluß an die Geophysik, z. B. in der Ausdeutung der Schwereanomalien. Gegenüber diesen beiden Richtungen, die von Grenzgebieten ausgehen, sucht eine dritte die Probleme der endogenen Dynamik mit spezifisch geologischen, d. h. historischen Methoden anzupacken: die vergleichende Tektonik, die in dem STILLESchen Buche ihre Grundlegung und erste Zusammenfassung erfahren hat.

Die Grundprinzipien der vergleichenden Tektonik sind: Ausdehnung des Untersuchungsraumes über den ganzen Erdball und genaue zeitliche Zerlegung der Vorgänge, so daß durch Abstraktion aus einer Reihe von Einzelfällen die Gewinnung allgemeingültiger Regeln möglich wird. Eine erste Frucht dieser Methode ist die scharfe Definition der von GILBERT aufgestellten, doch in der Folgezeit vielfach unklar benutzten Begriffe Orogenese und Epirogenese. Ersterer umfaßt die kurzdauernden, episodischen Dislokationsvorgänge, die

die Entstehung der Gebirge und damit tiefgreifende Strukturveränderungen der Kruste bedingen. Die epirogenen Vorgänge hingegen sind die weitspannigen säkulären Aufwölbungs- und Einsenkungsbewegungen, die sich in den Zeiten zwischen den orogenen Phasen vollziehen und die Entstehung von Festländern und Becken (Geantiklinalen und Geosynklinalen) veranlassen. Dieser Gegensatz erhält seine besondere Betonung durch das orogene Zeitgesetz; es besagt, daß die orogenen Vorgänge an bestimmte, scharf festlegbare Momente der Erdgeschichte gebunden sind und auf dem ganzen Erdball gleichzeitig eintreten. Dem Nachweis dieses Satzes und der Herausarbeitung der einzelnen Phasen, der regionalen Verfolgung ihrer Intensität und der Klarstellung ihres Anteiles an der Entstehung der Gebirge ist der zweite Hauptteil des Buches gewidmet. Nach einigen einleitenden Bemerkungen über die Methode der Altersbestimmung und die Abgrenzung der atektonischen Dislokationen ist in den speziellen Abschnitten ein ungeheures Material aus allen Erdteilen zusammengetragen und zur Begründung und Festlegung der etwa 25–30 orogenen Akte verwandt. Sie lassen sich in drei große Gruppen sondern, die kaledonische, die variscische und die alpidische Faltung, deren jede mit der Bildung eines Gebirgssystems abschließt, das durch eine Reihe von Einzelrücken aufgefaltet wurde. Eine Analyse des tektonischen Aufbaues von Europa zeigt, wie der heutige Kontinent durch die Zusammenschweißung von Baueinheiten verschiedenen Alters entstanden ist, indem sich die jüngeren Faltungen jeweils südlich angliederten (Wandern der Gebirgsbildung.) Die durch frühere Orogenesen versteiften, „konsolidierten“ Massen bildeten dabei die Widerlager (Rahmen), zwischen denen der aus mächtigen Sedimenten bestehende Inhalt der mobilen Geosynklinalen aufgefaltet wurde. Der Grad der Konsolidation des Bodengefüges läßt sich aus der Struktur der

jeweils entstehenden Gebirgstypen ableiten. Im allgemeinen gilt die Regel, daß sehr mobile Räume durch die Faltung stark eingengt werden, wobei tektonische Bilder von alpinotypem Charakter entstehen, wohingegen bei der Versteifung des Untergrundes Verwerfungen mehr in den Vordergrund treten (germanotyp), bis wir zum Blockgebirge, der Reaktionsform fast erstarrter Massive gelangen.

Der dritte Hauptteil beschäftigt sich mit der Gesetzmäßigkeit der Meeresbewegungen. Durch die vergleichende Betrachtung und statistische Auswertung eines sehr großen Tatsachenmaterials ergibt sich der Satz, daß Überflutungen (Transgressionen) und Meeresrückzüge (Regressionen) sich fast überall zu gleicher Zeit einstellen. Diese Regelmäßigkeit führt zur Aufstellung des Kanons der Meeresbewegungen, einer kurvenmäßigen Darstellung, deren regressive Zacken fast allemal mit orogenen Phasen zusammenfallen. Die Zeiten der Einengung, bzw. Ausdehnung der ozeanischen Räume der Vorzeit wechseln also in gleichem Rhythmus wie die tektonischen Bewegungen.

Die Darlegung der Gegensätze von Orogenese und Epirogenese, Geantiklinale und Geosynklinale, deren Verknüpfung zu den Begriffen Faltungsraum und Rahmen, mobil und konsolidiert führt, und die Formulierung ihres Zusammenhanges mit den Meeresbewegungen bedeutet einen großen Schritt vorwärts in der Erkenntnis der Gesetzmäßigkeiten der geologischen Geschichte der Erde. Es erhebt sich zum Schluß die Frage, ob alle Erscheinungen in einer Kraftquelle wurzeln, oder ob es sich um ein Wechselspiel antagonistischer Faktoren handelt. Der Verf. bejaht das erstere und sieht im tangentialen Drucke, der durch die Schrumpfung des erkaltenden Erdkerns in der Kruste ausgelöst wird, die Ursache aller tektonischen Bewegungen. Schubspannungen sind in der Rinde ständig vorhanden, nur sind sie schwächer in epirogenen, dagegen stark in orogenen Zeiten. Da nun verstärkter Druck zu Hebungen, sein Nachlassen zu Senkungen führt, können wir die Kurve der kanonischen Meeresbewegungen unmittelbar als Indikator für die Intensität der tangentialen Spannungen auffassen.

Aus dieser gedrängten Übersicht ergibt sich, welche weitreichenden Probleme, die über die eigentlichen Gebiete der stratigraphischen, historischen und tektonischen Geologie weit hinausgreifen, behandelt sind. Sie gehen den Geophysiker an, der die Auswirkungen der endogenen Kräfte untersucht, wie den Geographen, der das Werden der Kontinente und ihrer Gliederung verstehen will oder mit Hilfe der Morphologie die heute wie ehemals weitergehenden epirogenen Bewegungen feststellt. Aber das Werk hat auch für jeden Naturwissenschaftler Interesse, der sich an Hand einer klaren Gliederung über die Hauptereignisse der erdgeschichtlichen Vergangenheit und ihre Gesetzmäßigkeiten orientieren will.

R. BRINKMANN (Göttingen).
KRAUS, E., Lothringen (mit einem Beitrag von W. KLÜPFEL). Die Kriegsschauplätze geologisch dargestellt. Herausgegeben von J. WILSER. Heft 2. Berlin: Gebr. Borntraeger 1925. VIII, 212 S., 12 Abb. und 4 Taf. 16 x 25 cm. Preis 24 Goldmark.

Das Gebiet umfaßt, außer dem Kampfgebiet von Deutsch- bzw. Französisch-Lothringen noch den südlich anschließenden Vogesenanteil vom Donon bis Ménil nördlich von St. Dié. Es baut sich im wesentlichen aus den Schichten der Trias und des Jura vom mittleren Buntsandstein bis zum oberen Dogger auf. Was den Buntsandstein anbelangt, so findet die bereits von VAN WERVEKE vertretene Auffassung, daß das „Hauptkonglomerat“ den oberen Buntsandstein ein-

leitet, durch die Beobachtungen von KRAUS eine neue Stütze. Er konnte eine diskordante Auflagerung des Hauptkonglomerates auf sm_2 feststellen.

Er erklärt die rund 20 m mächtige, 100 km breite und 150 km in die Länge sich erstreckende Konglomeratmasse als die „Restschotter“ aus einem großen abgetragenen Gebiet, d. h. als eine Geröllanhäufung, die sich durch Abspülung und Weitertransport allmählich bildete. Eine südliche Herkunft der Gerölle wird angenommen. Von Interesse sind Fossilfunde in einem unterdevonischen Quarzitgerölle vom Alter des Taunusquarzits. Bisher waren nur obersilurische Graptolithenreste und permische Kieselhölzer bekannt.

Die Verbreitung des Muschelsandsteines, jener etwa 20 m mächtigen Sandsteinfazies im unteren Muschelkalk, ergab die Notwendigkeit der Annahme nur eines Festlandes, das im Westen bis Nordwesten gelegen haben muß und von dem aus die Sandeinschwemmung erfolgte. Kurz berührt wird dann die Paläogeographie der obersten Schichten des Muschelkalkes.

Der zur Gliederung scheinbar bisher ungeeignete 50 m starke Salzkeuper ließ sich in 3 Abteilungen trennen. Von Bedeutung ist der Abschnitt über Fazies und Bodenbewegungen in der Trias auf Grund sedimentpetrographischer Tatsachen. Hierbei wird auf die Entstehung der salinarischen Absätze im mittleren Muschelkalk und mittleren Keuper hingewiesen.

Es folgt dann die Beschreibung der wahrscheinlich pliozänen Schotter in der Umgebung von Cirey, die 1919 in K. BODEN ihren eingehenden Bearbeiter gefunden haben. Die Verbreitung der Schotter zeigt, daß diese Flüsse sich an die Depressionen der weicheren Schichten gehalten und sie ausgeweitet haben.

In das Beschreibungsgebiet fällt ferner der Lac de la Maix, ein typisches Kar, wie solche unweit von dieser Stelle westlich von Schirmeck bereits im Frieden durch die Geologische Landesaufnahme von Elsaß-Lothringen bekannt geworden sind. Es sind dies die nördlichsten einwandfreien Reste einer *Vergletscherung der Vogesen*. Endlich finden sich noch Bemerkungen über die quartären Schotter, die lothringischen Lehme, disharmonische Verwitterungserscheinungen, Grundwasser und Quellen im Rotliegenden und Buntsandstein.

Es folgen dann die Ausführungen von W. KLÜPFEL. Zunächst eine Zusammenfassung der geologischen Verhältnisse im Süden von Metz. Wir erhalten eine treffliche kurze Übersicht des Schichtenaufbaues von *Lias und Dogger*. Daran schließt sich ein Vergleich der lothringischen Juraablagerungen mit den entsprechenden der Nachbarländer, insbesondere des Unterelsasses. Bei der Behandlung der *Tektonik* werden 2 Faktoren für den Aufbau der lothringischen Landschaft als ausschlaggebend bezeichnet. Erstens die seit Ende der Jurazeit wirksame Einsenkung des Pariser Beckens, die das Einfallen der Schichten nach WSW zur Folge hat, und zweitens eine flache Faltung in 2 Richtungen, eine stärkere SW-NO streichende Hauptfaltung und eine schwächere NW-SO verlaufende Querfaltung (mesozoisch-tertiäre Bewegungen). Die fossilführenden brackischen Ablagerungen tertiären Alters deuten auf die Möglichkeit einer Verbindung mit dem Pariser Becken hin. Die Bedeutung der Zyklen innerhalb der Jura-sedimentation, auf die KLÜPFEL schon früher hingewiesen, wird auch hier betont. Die Verschiedenheit in der Sedimentation steht erstens mit der jeweils wechselnden Wassertiefe in Verbindung, die ihrerseits von den tektonischen Bewegungen des Meeresbodens abhängt, zweitens beruht sie auf rhythmisch-kleinperiodischen Klimaschwankungen. Er bespricht dann die *Abhängigkeit der Landschaft* (Feld, Wald, Wiese,

Ödland und Dichte der Bevölkerung) von den *Bodenverhältnissen*. Eine besondere Studie mit Karte über den Untergrund der Stadt Metz beschließt den theoretischen Teil, dem ein Kapitel über *praktische Geologie* im lothringischen Jura angeschlossen ist.

Den Schluß des Buches bilden Ausführungen von E. KRAUS über das Verhalten der verschiedenen Gesteinsvorkommen mit Rücksicht auf Erdbau, Wasserwirtschaft und Rohstoffe in den Vogesen und im Rheintal. Hier schließt das Buch an das Heft 1 „Elsaß“ an (Naturwissenschaften 13, 856, 1925).

Von den Tafeln ist besonders die tektonische Übersichtskarte des Metz Jura 1 : 200 000 und die tektonische Skizze von Metz 1 : 50 000 hervorzuheben.

W. WAGNER, Darmstadt.

GUTENBERG, B., *Der Aufbau der Erde*. Berlin: Gebrüder Borntraeger 1925. VIII, 168 S. und 23 Abbild. 16 x 25 cm. Preis 9 Goldmark.

Das Buch enthält eine vollständige Zusammenstellung alles dessen, was über den Aufbau der Erde an Beobachtungen, Theorien und Hypothesen vorliegt. Es handelt sich dabei im wesentlichen um die zwei Konstanten der Dichte und der Starrheit; unzertrennlich verbunden sind damit die Fragen nach der Temperatur, dem Aggregatzustand und nach dem Materiale. Ferner ist zu unterscheiden, ob es sich um Untersuchungen der Erde als Ganzes oder um die Zusammensetzung der Erdkruste handelt. Diesem verzweigten System von Problemen gerecht zu werden, erscheint als eine sehr schwierige Aufgabe, welche in dem vorliegenden Buche mit Glück gelöst ist. Es kommen alle Hilfsmittel zur Sprache, welche geeignet sind, hierhergehörige Resultate zu liefern: in erster Linie die Erdbeneforschung, dann Schweruntersuchungen, auch mit Hilfe der Drehwage, die Beobachtungen mit Horizontalpendeln, die Polhöhen schwankung, endlich auch mineralogische und physikalisch-chemische Methoden.

Am Schlusse des Werkes findet sich der Versuch, alle Ergebnisse zu einem einheitlichen Bilde zusammenzufassen. Der Verf. legt sich dabei nicht einseitig auf eine gewisse Ansicht fest, sondern er sucht die Grenzen aufzustellen, innerhalb deren das wahrscheinlichste Resultat gelegen sein muß. Es ergibt sich, daß manche Resultate schon als recht gesichert gelten können. Bezüglich der Erdkruste z. B. tritt die besondere Stellung des vom pazifischen Ozeans bedeckten Gebietes deutlich hervor. Hier scheint das Sima tatsächlich fast bis zum Meeresgrund hinaufzureichen, während es im Atlantik vielleicht 20 km, unter den Kontinenten mindestens 50 km tiefer liegt. Was die Verhältnisse in größeren Tiefen anbelangt, ist jedenfalls eine sprunghafte Änderung aller Konstanten bei einer Tiefe von 2900 km festgestellt. Bezüglich der Starrheit des Kernes liegen allerdings große Widersprüche in den Ergebnissen vor: Die Erdbenediagramme lassen jene Transversalwellen vermissen, welche den Kern passiert haben sollen, woraus man schließen müßte, daß sie den Kern nicht passieren können, und daß daher seine Starrheit gleich Null ist. Dagegen hat SCHWEYDAR gezeigt, daß die Starrheit gegen den Mittelpunkt zu bis zu einem sehr bedeutenden Wert steigt. Man kann hier nun mit Recht einwenden, daß SCHWEYDAR eine nach einem bestimmten Gesetz gegen die Mitte zunehmende Starrheit zur Voraussetzung gemacht hat; diese müßte daher aus der Rechnung auch resultieren. In der Tat ist aber ein weicher Kern auch sonst mit den Beobachtungen nicht vereinbar, und E. MEISSNER zeigt, daß die Starrheit im Mittelpunkt nicht kleiner als $15 \cdot 10^{11}$ cgs sein kann, weil sonst die Grenze der gravitationellen Stabilität überschritten wird, d. h. das Gewicht der

oberen Schichten überwindet den elastischen Widerstand der unteren und es muß eine weitere Konzentration der Massen gegen die Mitte stattfinden. Der Verf. schließt sich trotz des Erdbenefundes der Ansicht an, daß die Starrheit des Kernes einen ziemlich bedeutenden Wert haben muß, wenn auch vielleicht kleiner als an der unteren Grenze der sog. Mittelschichte. Man kann dem Verf. nur Recht geben. In der Tat scheint mir die Erdbeneforschung mit solchen Schwierigkeiten belastet, daß sie anderen Methoden an Sicherheit der Ergebnisse oft nachstehen muß. Man ziehe zum Vergleiche nur z. B. eine Schwerebeobachtung heran. Das Resultat derselben ist eine Zahl von hoher Genauigkeit, an deren Richtigkeit keine Zweifel bestehen können. Die Schwierigkeit beginnt erst, wenn es sich um die Deutung handelt. Bei den Erdbenen beginnt aber die Schwierigkeit schon beim Lesen des Diagrammes. Sobald mehrere Wellenzüge zusammenkommen, werden die Einsätze immer unsicherer, und daß die Bestimmung der Schwingungsperioden eigentlich unüberwindliche Schwierigkeiten bietet, ist bekannt. Nur wenn jedes Erdbeben aus einem einzigen scharf definierten Wellenzuge bestünde, dann erst wäre man in einem ähnlichen Falle wie die Schwermessung. Die Deutung der Beobachtung ist natürlich in jedem Falle mit Hypothesen verbunden.

Einen besonderen Wert erhält das Buch dadurch, daß ein Literaturverzeichnis beigegeben ist, welches nicht weniger als 300 Nummern enthält, ein Umstand, der für die außerordentliche Gründlichkeit und Vollständigkeit des Werkes spricht. A. PREY, Prag.

NIGGLI, P., *Lehrbuch der Mineralogie*. Bd. I: Allgemeine Mineralogie. 2. Auflage. Berlin: Gebr. Borntraeger 1924. XVI, 712 S. und 553 Fig. im Text. 17 x 26 cm. Preis 24 Goldmark.

Wenn Herr A. JOHNSEN 1921 bei Besprechung der 1. Auflage dieses Lehrbuches¹⁾ es als eine durchaus originale Leistung gekennzeichnet hat, so gilt dies in erhöhtem Maße für die Neubearbeitung, deren 1. Band jetzt vorliegt. Es ist nicht ein Leichtes, der außerordentlichen Fülle von Tatsachen gerecht zu werden, welche in dieser neuen Form uns zeigen, wie der Verf. in der Zwischenzeit sich bemüht hat, allenthalben die neuesten Ergebnisse und Anschauungen der geometrischen, physikalischen und chemischen Kristallographie zusammenzufassen. Welch eine Riesenarbeit das vorstellt, können vielleicht nur wenige ganz überschauen. Hatte die 1. Auflage einen kühnen Versuch bedeutet, ein modernes Lehrbuch der Mineralogie auf Grund der strukturtheoretischen und physikalisch-chemischen Anschauungen der Gegenwart zu entwerfen, so bedeutet die neue Bearbeitung einen außerordentlichen Fortschritt in gleicher Richtung, insofern es dem Verf. gelungen ist, eine einheitliche Durchführung konsequenter Ableitungen auf Grund der Raumgittertheorie und der Atomphysik zu geben. Verf. hat dabei eine weitgehende Vertiefung der Darstellung versucht, welche inhaltlich das Werk zu besonderer Bedeutung bringt, haben wir doch nunmehr in ihm eine moderne Darstellung der geometrischen und physikalischen Kristallographie, die nicht nur dem Studierenden, sondern vor allem auch dem Hochschullehrer unentbehrlich werden muß. Ziel des Verf.s war z. B. in dem ausgezeichneten physikalischen Teil, eine mittlere Linie etwa zwischen dem elementaren „Grundriß der physikalischen Kristallographie“ von TH. LIEBISCH und dem fundamentalen, aber recht schwer geschriebenen Buche „Kristallphysik“ von W. VOIGT einzuhalten.

¹⁾ Siehe Naturwissenschaften 9, 52. 1921.

Schon dieses Ziel gibt uns an, wie das vorliegende Lehrbuch nicht in der gewöhnlich üblichen elementaren Weise den Stoff behandeln kann, sondern vielmehr nur nach strengen Prinzipien. Dadurch wird diese 2. Auflage zugleich gehoben, aber auch den meisten unserer Studenten der Chemie und Physik ferner gerückt; es ist nämlich eine betrübliche Erscheinung, wie das Verständnis unserer meisten Studenten gegenwärtig bei weitem hinter den Anforderungen zurückzustehen pflegt, welche die moderne Mineralogie doch an sie stellt. Und wenn auch Verf. in seinem ausgezeichneten Buche dem Lehrer und dem reifen Fachstudierenden ein treffliches Rüstzeug an die Hand gibt, so ist es doch nunmehr umso fühlbarer, wie groß der Gegensatz zur Wirklichkeit der Unterrichtspraxis wird, da wir faktisch über kein modernes leichter faßliches Lehrbuch verfügen, das auf gleicher Stufe stehe. Es ist auch aufs Lebhafteste zu bedauern, daß wohl der ungewöhnliche Umfang dieser in 3 Bänden geplanten zweiten Auflage des Nigglishen Buches seiner Verbreitung in der Studentenschaft so hinderlich wird sein müssen. Der Ref. kann dem verehrten Verf. so gut nachfühlen, daß eine Streichung großer Teile seines Werkes ihm gegen alle Überzeugung gehen müßte, wo dieser eine Pionierarbeit auf dem Gebiete der heutigen Mineralogie zu unternehmen gewesen war. Er kann auch so gut verstehen, daß die Erweiterung des ganzen Werkes auf 3 Bände als eine Notwendigkeit erscheinen mußte, wenn neben den allgemein-krystallographischen Gesichtspunkten noch eine spezielle Darstellung nach vergleichend-morphologischen Prinzipien (im 2. Band zu erwarten) und auch die Lehre von den Mineralparagenesen (im 3. Band) gegeben werden soll. Trotz allem erscheint es dem Ref. als eine Pflicht, auf die Notwendigkeit einer *kürzeren* Arbeit ähnlichen und nicht minder exakten Stiles hinzuweisen. Möge es doch dem Verf. vergönnt sein, selbst nach Niederlegung seiner großzügigen Ideen im vorliegenden Buche später ein neues zu verfassen, in dem sich geringerer Umfang auch mit allem Verständnis der pädagogischen Aufgabe begegne!

Besser als allgemeine Betrachtungen über das vorliegende Buch gibt wohl eine kurze Erörterung des neuen wesentlichen Inhalts ein Bild von seiner schier unermeßlichen Fülle von Anregungen. Neben wesentlicher Umarbeitung der geometrisch-krystallographischen einleitenden Kapitel über die Symmetrieeigenschaften der Krystalle und Raumgitter erfreut die Aufnahme zahlreicher guter Figuren aus der „Geometrischen Krystallographie des Diskontinuums“ des Verf.s, sowie die bessere Ausarbeitung der stereographischen Projektionsmethode. Völlig neu ist die vektoranalytische Behandlung der krystallographischen Aufgaben; hier hat Verf. mit einem unendlichen Fleiß die ganzen Grundprobleme der Krystallographie durchgearbeitet und eine vereinfachte Darstellungsweise auch der vordem kompliziertesten Aufgaben in wenigen Formeln gegeben, die ein hohes Verdienst bedeutet. Um recht zu urteilen, welche Vorzüge eine solche einfache vektoranalytische Formulierung in sich schließt, vergleiche man einmal nur die Ableitung des Winkels zwischen zwei Flächen in der bisherigen unbeholfenen Art bei GOSSNER (Kristallberechnung 1914, S. 49) mit der von NIGGLI gegebenen vektoranalytischen Methode, welche an mathematischer Eleganz bei weitem voransteht. Auch das Beispiel des Tenorits (S. 114f.) für Achsentransformationen am Raumgitter ist schön durchgeführt, nach der Arbeit des Verf.s (Zeitschr. f. Kryst. 57, 288ff. 1922). Vor allem aber erfreut die Übertragung der krystallographischen Zonenrechnung auf die

„Dreiecksprojektionen“ durch die originelle Weise, wie NIGGLI die stöchiometrischen Gesetze der Molekularchemie (ternärer Systeme) in formale Beziehung zum Rationalitätsgesetz gebracht hat. Freilich ist zu fürchten, daß für Lehrzwecke die Darstellung der gnomonischen Projektion (S. 123ff.) doch etwas zu formell ausgefallen ist, also hier der Wunsch nach einer klareren und wohl besser gesonderten Behandlung derselben erwacht. Wenn Verf. in der Formenlehre wie in der 1. Auflage auch von den Eigenschaften der n -Flächner ausgeht und alle nacheinander von $n = 1$ bis $n = 48$ systematisch aufzählt, so fehlt dem Ref. leider nach wie vor das Verständnis dafür, wie eine solche Methode lehrhaft und anschaulich genug sein könnte. Auch ist das Festhalten NIGGLIS an den Bezeichnungen der 32 Klassen nach der französischen Schule zu bedauern, da bei uns in Deutschland doch die Grothsche Bezeichnungsweise eingebürgert und pädagogisch vorzuziehen ist. Ref. ist aber völlig ausgesöhnt durch die vorzügliche Zusammenfassung (S. 192ff.), in der die unübersichtlichen Figurentafeln der 1. Auflage in die einzelnen Syngonien aufgeteilt und durch schöne stereographische Projektionen erläutert wurden. Auch die tabellarische Angabe der Punktzähligkeiten in den Raumsystemen ist hervorzuheben.

Im krystallophysikalischen Teile ist das Kapitel über spezifische Wärme ganz neu und mit den Hinweisen auf das elastische Spektrum und die MADELUNGschen Ansätze bemerkenswert. Vor allen Dingen ist aber das Kapitel über homogene elastische Deformationen wesentlich, sowie die Hinweise auf die Kompressibilität von Ionenittern und die BORNSchen Gitterpotentiale. Auch die Ableitung des verallgemeinerten HOOKESchen Gesetzes ist sehr klar und anschaulich gegeben. So gut wie ganz neu ist der Abschnitt über die Krystalle als Leiter, sowie die magnetische und elektrische Induktion. In der Krystalloptik hat NIGGLI die MAXWELL-HERTZschen Hauptgleichungen und ihre Ableitung aufgenommen, desgleichen die von WRIGHT (Journ. of optic. soc. Americ. 7, 779–817. 1923) gegebene Entwicklung der konoskopischen Interferenzerscheinungen durch sphärische Kegelschnitte; ferner wurde die BECKESche Methode der Graustellung berücksichtigt, sowie die optische Aktivität an Krystallen weitgehend erörtert, darunter die neuen Zahlenwerte von LONGCHAMBONS Messungen aufgenommen. Ref. bedauert nur, daß die FRESNELSche Konstruktion der Auslöschungsrichtungen etwas sehr kurz in einer Anmerkung (S. 384) wegkam, wo sie doch ein wichtiges Hilfsmittel des Krystalloptikers bedeutet. Erfreulich sind fernerhin die Ausführungen über Absorption und lichtelektrisches Leitvermögen. Recht klar und ausführlich sind die Strukturbestimmungen mit Röntgenstrahlen dargestellt, merkwürdigerweise gleich daran das Verhalten der Krystalle im ultraroten Spektrum angeschlossen.

Außerordentliche Sorgfalt verwendete NIGGLI auf den Abschnitt über Krystallochemie, in dem er zunächst die Atomphysik moderner Anschauung entsprechend abhandelt, alsdann auf die Koordinationstheorie übergeht mit besonderer Berücksichtigung der Bauschemata der Krystalle. Sehr schön sind alsdann die Ausführungen über die Polymorphie durch die Umwandlungen von $\alpha \rightleftharpoons \beta$ Co, den Zinkblende-Wurtzit-Übergang usw. illustriert. Besonders aber ist das Kapitel Isomorphie, Morphotropie und Isotypie durch weitgehende Vergleichung des Krystallgefüges mit den physikalisch-chemischen Faktoren der Mischkrystallbildung sowie den morphotropen Beziehungen eine wahre Fundgrube der neuesten Anschauungen und Anregungen. Das

reiche Zahlenmaterial über Molekularvolumen, Molekularrefraktion und Raumerfüllung verschiedenartiger Krystalltypen, über die Gitterenergie usw. gibt eine Vorstellung von dem emsigen Fleiß, mit dem Verf. aus der von ihm geleiteten Zeitschr. f. Kryst. allenthalben das Wichtigste zusammenstellte und geistig durchdrang. Auch die Ausführungen über isostere Verbindungen haben für den Chemiker hohen Reiz; es ist auch erstaunlich, welch ein riesiges Material Verf. S. 616–634 über einfache Strukturen im Speziellen gemeistert hat.

In dem schönen Kapitel über Wachstum und Auflösung der Krystalle hat Verf. seine ausgezeichneten Untersuchungen mit PARKER über statistische Ermittlung der Persistenzzahlen für Flächen, Kombinationen und Fundorte, so besonders an Schwefel und Anatas aufgenommen; die Gesetze der individuell charakteristischen zonaren Entwicklung werden herausgearbeitet und die bei ihnen kenntlichen einfachen Komplikationsregeln durchleuchtet. Der Zusammenhang mit Struktur und Belastungsverhältnissen ist klar herausgestellt.

Über das Kapitel „Amorphe Mineralien“ ist nichts im einzelnen hervorzuheben.

Fassen wir unsere Eindrücke über dieses *einzigartige Werk* zusammen, so müssen wir die außerordentliche Konzentration der Arbeit in ihm bewundern. Es wird auf lange vorbildlich sein für ein modernes Lehrbuch unserer in großem Aufschwung befindlichen Mineralogischen Wissenschaft, wenn auch es erwünscht sein muß, in Zukunft auf gleichem sachlichen Niveau kürzere und unmittelbarer lehrhafte Darstellungen zu versuchen, die auch dem Studenten erreichbar sind nach Umfang und Verständnisanprüchen. Es ist aber dem Verf. nicht genug zu danken dafür, daß er sein großes Können in dieser Neubearbeitung seines Buches zu Ehren der Mineralogie bewährte; seine außerordentliche Sorgfalt zeigt sich auch rein äußerlich in der überaus geringen Zahl wirklicher Versehen¹⁾. Ref. möchte auch die Gelegenheit benutzen zu der Bemerkung, daß der Preis dieses Bandes im Vergleich zu dem, was er bietet, und mit anderen Lehrbüchern ein sehr mäßiger genannt werden muß. Dem Verlage ist dieses Entgegenkommen warm zu danken, und es wäre zu wünschen, daß es das ganz vortreffliche Buch allenthalben zugänglich mache. Seines vollen wissenschaftlichen Erfolges ist dieses Werk auch in der neuen Form gewiß sicher.

W. EITEL, Königsberg i. Pr.

BUBNOFF, S. v., Die Kohlenlagerstätten Rußlands und Sibiriens und ihre Bedeutung für die Weltwirtschaft. Berlin: Gebr. Borntraeger 1923. VIII, 244 S. und 30 Textfiguren. 17 × 26 cm. Preis geh. 15, geb. 16,50 Goldmark.

Nur im internationalen Kohlenwerk von 1913 und in einer russischen Darstellung von 1919 sind bisher die Kohlenlagerstätten Rußlands zusammenfassend behandelt worden. Davon ist die eine Schilderung zum Teil schon veraltet, die andere nur wenigen Kreisen zugänglich. Schon aus diesem Grunde ist diese unter Berücksichtigung neuester Literatur gegebene Abhandlung aufs wärmste zu begrüßen. Sie wird es aber noch

mehr durch die äußerst sachliche und kritische Behandlung, die der Verfasser den geologischen und wirtschaftlichen Nachrichten zuteil werden läßt. Dem Geologen werden in übersichtlicher Weise die genetischen Gesetzmäßigkeiten in der Verteilung der Kohlenlager entwickelt. Aus der Paläogeographie und Tektonik heraus wird die Anordnung, die Beschaffenheit und die Lagerung der russischen Kohlen abgeleitet. Dem Wirtschaftler wird ein großes, gut gesichtetes Material zur Beurteilung der wirtschaftlichen Verhältnisse und Möglichkeiten unterbreitet. Auf dieser Grundlage kommt der Verfasser zu dem Schluß: Infolge der ungünstigen geographischen Lage der russischen Kohlenbezirke kommt Rußland als Kohlenexportland nicht in Frage. Daher kann die Weltwirtschaft nur durch intensive Verwertung der Kohlen an Ort und Stelle Nutzen ziehen, durch Schaffung einer mit russischem Erz und russischer Kohle arbeitenden Schwerindustrie. Eine Gesundung der russischen Kohlenwirtschaft ist ohne Beihilfe anderer Staaten kaum denkbar.

E. BEDERKE, Breslau.

PETERSEN, GEORG, Die Schollen der norddeutschen Moränen in ihrer Bedeutung für die diluvialen Krustenbewegungen. Fortschritte der Geologie und Paläontologie, Heft 9. Berlin: Gebr. Borntraeger 1924. XVI, S. 180–274, 1 Abb. u. 1 Karte. 16 × 25 cm. Preis 6,30 Goldmark.

In der letzten Zeit bricht sich immer mehr die Erkenntnis Bahn, daß die jüngsten Ablagerungen und Oberflächenformen Norddeutschlands nicht nur von der großen Vereisung bedingt sind; auch die nicht unbedeutliche Rolle diluvialer, noch jetzt andauernder Bewegungen wird in Betracht gezogen.

Die „Schollen“ der norddeutschen Moränen verdanken ihre Entstehung dem Zusammenwirken beider Kräfte. Es sind „größere Sedimentmassen, die nicht zur normalen Zusammensetzung einer Moräne gehören und deren Heimat stets in der Nähe des Fundortes zu suchen ist“. Emporragungen des Untergrundes — die wohl meist durch junge Bewegungen, bis in die Zwischeneiszeiten hinein, entstanden sind — werden vom Gletscher abgeschürft und in seine Moräne eingebettet.

PETERSEN stellt die bisher bekannten 459 Schollen zusammen. Die Hälfte etwa bestehen aus Tertiär, ein Drittel aus Kreide und der Rest aus interglazialen Material. Nur 11 Schollen bauen sich aus Jura und älterem auf. Die meisten Schollen liegen im Bereich der baltischen Endmoräne, nur wenige außerhalb des Gebiets der letzten Vereisung. Ihre Größe geht von einigen Quadratkilometern und über 100 m Dicke herab bis zu so geringen Ausmaßen, daß man besser schon von Geschieben spricht.

Das Verdienst der Arbeit PETERSENS liegt in dieser Zusammenstellung und darin, auf das Problem nachdrücklich hingewiesen zu haben. In der Auswertung für den Bau und die Oberflächengestaltung des norddeutschen Flachlandes kann man wohl über ihn hinausgehen, wenn man auch andere Erscheinungen mit in Betracht zieht. PETERSEN beschränkt sich im wesentlichen darauf, dem — ausführlich behandelten — Schema der Saxonischen Faltungsphasen die jüngsten, bis heute reichenden Abschnitte anzugliedern. Die von ihm beigebrachten Beweisgründe ließen sich leicht um zahlreiche weitere vermehren.

HANS BECKER, Leipzig.

¹⁾ Auf S. 712 ein Druckfehlerverzeichnis; sonst noch geringe Kleinigkeiten.

Technische Mitteilungen.

Das Problem der Gasturbine. Selten hat eine Aufgabe den Geist der Erfinder so lange ohne greifbaren Erfolg beschäftigt, wie es noch heute die Aufgabe tut, die Energie hochgespannter Gase unmittelbar in rotierenden Turbinenlaufrädern nutzbar zu machen. Was die Erfinder an dieser Aufgabe lockt, ist auf der einen Seite, daß man solche hochgespannte Kraftgase ohne den mit unvermeidlichen Verlusten an Wärme verknüpften Umweg über die Dampferzeugung durch unmittelbare Verbrennung von flüssigen oder gar festen Brennstoffen erzeugen, also den thermodynamischen Wirkungsgrad unserer heutigen Krafterzeugung wesentlich verbessern kann, auf der anderen Seite die Aussicht, in rotierenden Turbomaschinen Kräfte umsetzen zu können, deren Größe durch keinerlei Rücksicht auf Festigkeit der Baustoffe oder auf die Baukosten der Maschinen begrenzt wird, also Riesenleistungen in einer einzigen Maschine zu vereinigen.

Beide Ziele werden auch sonst in der Technik des Kraftmaschinenbaues eifrig verfolgt. Wir sehen, wie sich der Bau des Dieselmotors, der einzigen Großkraft-Verbrennungsmaschine, die den Brennstoff unmittelbar in Nutzarbeit umsetzt, immer weitere Gebiete erobert, während man die Kosten des für seinen Betrieb notwendigen Brennstoffes durch Verwendung von schweren Ölen und sogar von staubförmiger Kohle immer weiter zu vermindern sucht. Wir sehen aber auch, wie auf dem Gebiete der Dampfkraftmaschinen, namentlich der Dampfturbinen, die in einer und derselben Maschine vereinigten Leistungen immer weiter gesteigert werden, auf Höhen, wohin ihnen der Dieselmotor nicht mehr folgen kann. Dampfturbinen von 50 000—70 000 PS Leistung hat man für große Schnelldampfer und Linienschiffe sowie namentlich für Groß-Elektrizitätswerke schon wiederholt gebaut. Der Traum vieler Ingenieure ist es daher, solche Leistungen auch mit Verbrennungsmaschinen erzeugen zu können, und das ist nur von der Gasturbine zu erwarten.

Im Prinzip ist die Arbeitsweise einer Gasturbine außerordentlich einfach: Man leitet in eine Kammer brennbares Gas oder einen anderen Brennstoff gleichmäßig ein, setzt in dieser Kammer Luft in der erforderlichen Menge zu, entzündet dann das Gemisch und läßt die mit hoher Geschwindigkeit aus einer entsprechend geformten Düsenöffnung der Kammer tretenden heißen Gase durch die Schaufeln eines Turbinenrades derart strömen, daß sie an diese Schaufeln ihre Energie abgeben.

Einen solchen Vorgang kann man sich ohne weiteres auch kontinuierlich durchgeführt vorstellen; man erkennt aber sofort leicht den Hauptfehler dieser Kraftmaschine, nämlich die sehr hohe Temperatur der Gase. Da unsere heutigen Maschinenbaustoffe nicht über 400° C vertragen, muß man die aus der Brennkammer strömenden Gase kühlen, bevor sie in das Turbinenlaufrad gelangen. Daß dabei gerade der wertvollste Teil der arbeitsfähigen Wärmeenergie verlorengeht, lehrt eine ganz einfache Rechnung: Wir nehmen an, wir hätten ein Gemisch von Gas und Luft, das einen Heizwert von 400 Calorien für 1 kg hätte, und verdichteten dieses auf einen Überdruck von 5 Atmosphären. Wird dieses Gemisch dann entzündet, so könnte man 40% des in den heißen Brenngasen vorhandenen Arbeitsvermögens nutzbar machen, wenn man die Gase nicht erst kühlen müßte, dagegen nur etwa 25%, wenn man, wie z. B. ARMENGAUD und LEMALE bereits 1908/09 vorgeschlagen und erprobt haben, die Gase durch Einspritzen von Wasser auf etwa 500° C abkühlt.

Aber auch diese 25% der Gasenergie kann man in Wirklichkeit in der Gasturbine nicht gewinnen, weil ein weiterer großer Teil davon bei der Kraftumsetzung in den Turbinenschaufeln auf rein mechanischem Wege verlorengeht und ein anderer Teil verbraucht wird, um das brennbare Gemisch zu verdichten, so daß, allerdings auch nur auf dem Papier, im ganzen nur etwa 5% von der Gasenergie als Nutzarbeit übrigbleiben.

Den ersten wirklich bedeutungsvollen Schritt vorwärts in dieser Frage brachte vor etwa 20 Jahren HOLZWARTH dadurch, daß er, anstatt das Gas-Luftgemisch vorher zu verdichten, die erforderliche Drucksteigerung durch Explosionswirkung hervorbrachte und außerdem darauf verzichtete, die heißen Brenngase unmittelbar zu kühlen. Anstatt der früheren sog. Gleichdruckverbrennung führte also HOLZWARTH die sog. Explosionsverbrennung, anstatt der unmittelbaren Kühlung der Gase durch Einspritzen von Wasser führte er die mittelbare Kühlung der Schaufeln ein, wobei er die zum Kühlen der Schaufeln benützte Luft gleich als Mischluft in der Explosionskammer verwendete, so daß die von der Luft mitgeführte Wärme wiedergewonnen wurde.

HOLZWARTH hat auch erreicht, daß die von ihm vorgeschlagene Gasturbine gebaut wurde und in Betrieb kam. Seine erste Gasturbine, die für Rechnung der Firma Thyssen & Co. bei der Firma Gebr. Körting A.-G. hergestellt wurde und heute im Deutschen Museum ausgestellt ist, war die erste betriebsfähige Kraftmaschine dieser Art, und Prof. SCHÜLE hat durch genaue Messungen festgestellt, daß 25% der mit dem Brennstoff zugeführten Energie am Umfang des Turbinenrades verfügbar waren. Allerdings hatte auch diese Gasturbine noch große Mängel, da der Wirkungsgrad im praktischen Betrieb nicht mehr als 18% betragen hat. Ob man auf diesem Wege viel weiter kommen wird, und ob es namentlich möglich sein wird, sehr große Kraftmaschinen in dieser Weise arbeiten zu lassen, kann man allerdings noch nicht beurteilen, da die Versuche vorläufig nicht weiter gediehen sind.

Auf einem ganz anderen Wege, als auf dem der bisher beschriebenen „trockenen“ Gasturbinen sucht Prof. STAUBER seit einigen Jahren das gleiche Problem zu meistern. Sein Arbeitsverfahren für die sog. „nassen“ Gasturbinen baut sich auf dem Grundgedanken auf, durch die heißen, sich entspannenden Gase eine Wassermasse zu beschleunigen und dieser Wassermasse die ihr mitgeteilte Energie mit Hilfe von Turbinenschaufeln wieder zu entziehen. Einen ähnlichen Gedanken hat vor einigen Jahren der Engländer HUMPHREY in einer ohne Kolben und ohne Triebwerk arbeitenden Gaspumpe verwirklicht.

Diese Pumpe besteht in ihrer einfachsten Form aus einem nach unten offenen Zylinder, an den sich eine lange Wasserleitung anschließt. Das Wasser steigt aus der Wasserleitung so hoch in den Zylinder empor, daß es das darin befindliche Gemisch von brennbarem Gas und Luft verdichtet. Entzündet man nun dieses Gemisch, so treiben die expandierenden heißen Gase die ganze Wassermasse der Rohrleitung vor sich her und beschleunigen diese Masse derart, daß sie sich auch dann noch weiterbewegt, wenn sich die Gase bis zu einem sehr niedrigen Druck entspannt haben, so daß frische Ladung in den Zylinder angesaugt wird. Denkt man sich die Wasserleitung am entfernten Ende wieder aufsteigend, so kommt das Wasser nach einer bestimmten Zeit zur Ruhe und kehrt dann wieder zum Zylinder zurück, wobei es, wenn es aufsteigt, die Ladung im

Zylinder verdichtet und so für den neuen Arbeitskreislauf vorbereitet.

Die Nutzarbeit, die eine solche Kraftmaschine leisten kann, kommt dadurch zustande, daß man die Rohrleitung am entfernten Ende in einen hochgelegenen Behälter ausgießen läßt und das geförderte Wasser während des Expansionshubes durch unten angesaugtes Wasser wieder ergänzt. Wie Versuche von Prof. EUGEN MEYER ergeben haben, ist diese Nutzarbeit verhältnismäßig hoch, da die Expansionskraft der Gase sehr weitgehend nutzbar gemacht werden kann und, was besonders überrascht hat, sehr wenig von der Gaswärme durch Abkühlung an den Zylinder oder an das Wasser verlorengeht. Man hat nicht weniger als 23% des Arbeitswertes der Gaswärme in der Hubarbeit der Pumpe nachgewiesen.

Die Gasturbine von STAUBER geht nun darauf aus, die Energie des so beschleunigten Wassers in Turbinenrädern auszunützen, weil nur auf diesem Wege die Möglichkeit vorhanden ist, große Leistungen in einer einzigen Maschine dieser Art zu vereinigen. Sein Turbinenrad wird auf beiden Seiten von Zellen umgeben, zwischen denen das Wasser unter dem Einfluß von Gasexplosionen, die in den Zellen stattfinden, hin und her pendelt und hierbei den Überschuß an Energie, die es aufgenommen hat, an das Turbinenrad abgibt.

Freilich sind die Schwierigkeiten, die sich der praktischen Ausführung einer solchen Maschine entgegenstellen, noch außerordentlich groß. Bei der großen Geschwindigkeit, mit der hier im Gegensatz zu der sehr langsam spielenden Gaspumpe die Explosionen aufeinander folgen müssen, läßt sich nicht so leicht verhindern, daß das Wasser unter der Wirkung der Explosion aufspritzt und die Kraft der Gase nur unvollkommen auf das Wasser übergeht. Nicht gering war auch die Schwierigkeit, Zündkerzen zu finden, die Zündfunken ergeben, auch wenn sie mit Wasser bespritzt werden, sowie einen Stromunterbrecher zu entwerfen, der 200 Unterbrechungen in der Sekunde liefern kann.

Eine große Zahl der neuen Aufgaben, die die Durchführung dieses Gedankens gestellt hat, kann heute auf Grund der Erfahrungen mit den bisher gebauten Versuchsturbinen als gelöst angesehen werden. Diese Versuchsturbinen haben zunächst mit Druckluft und dann, auch mit brennbarem Gas als Betriebsmittel gearbeitet und jedenfalls bewiesen, daß der Gedanke von STAUBER ausführbar ist. Aber auch hier kann man noch gar nicht sagen, ob und wann diese Arbeiten so weit gefördert sein werden, daß man an die Anwendung der Gasturbine in der Praxis denken kann.

Bemerkenswert ist immerhin, daß bis jetzt alle wirklich fortschrittlichen Arbeiten im Gebiete der Gasturbine in Deutschland geleistet worden sind. H.

Fortschritte im Betrieb mit Hochdruckdampf. Es ist ganz bezeichnend für die neuzeitliche Entwicklung der Kraftversorgung im allgemeinen, daß das praktische Urteil über die Brauchbarkeit von neuen Vorschlägen auf diesem Gebiete fast nur von den Elektrizitätswerken gefällt wird. Die Erklärung dafür muß man vor allem darin suchen, daß sich die Krafterzeugung bei uns wie im Ausland immer mehr in die großen Elektrizitätswerke zusammendrängt und der Anteil an der Versorgung der allgemeinen Wirtschaft mit Betriebskraft der auf andere Kraftanlagen entfällt, verhältnismäßig immer kleiner wird.

Im Grunde genommen kann man diesen Gang der Entwicklung auch nur als gesund bezeichnen. Elektrizitätswerke sind nun einmal zu dem ausgesprochenen Zweck da, Betriebskraft zu verkaufen. Was ist also natürlicher, als daß sie es sich besonders angelegen sein

lassen, die Krafterzeugung so zu vervollkommen, daß sie die Einheit der Kraft am billigsten zu stehen kommt. Im Gegensatz hierzu können sich Fabrik- und andere Betriebe, die Kraft verarbeiten, um andere Handelsgüter zu erzeugen, mit der Verbilligung ihrer Krafterzeugungsanlage nur selten so gründlich befassen, daß sie auf den gleichen niedrigen Erzeugungspreis wie die Elektrizitätswerke kommen; hier ist die Kraftanlage immer ein Nebenbetrieb, um den man sich nur gerade soviel kümmert, wie unbedingt notwendig ist.

Auch für den Fortschritt in der Verwendung von Hochdruckdampf, über deren Vorteile man sich schon seit den letzten Lebensjahren des berühmten Vorkämpfers auf diesem Gebiete, WILHELM SCHMIDT, in der Technik einig war, sind in erster Reihe die Anwendungen maßgebend, die dieses Verfahren in den neueren Elektrizitätswerken gefunden hat. Zwar kommen die wirtschaftlichen Vorteile des Hochdruck-Dampfbetriebes vor allem in Anlagen zur Geltung, die für die Zwecke der Fabrikation, für Koch- oder Heizzwecke, Dampf von einigen Atmosphären brauchen, so daß die Betriebsmaschinen, denen man diesen Dampf als Abdampf entnimmt, mit verhältnismäßig hohem Gegenstand arbeiten müssen. Allein die wenigen chemischen oder Textilbetriebe, die sich die Vorteile des Hochdruckdampfes in dieser Weise nutzbar gemacht haben, spielen im Rahmen der gesamten Dampfbetriebe, die Kraft erzeugen, eine so untergeordnete Rolle, daß sie bei der Beurteilung des Standes der Frage fast gar nicht in Betracht kommen.

In den großen neuen Elektrizitätswerken, namentlich den amerikanischen, hat man allerdings die Vorteile der Steigerung von Druck und Temperatur des Arbeitsdampfes in den letzten Jahren schnell erfaßt und in die Praxis umgesetzt. Die American Gas and Electric Company hat seit mehr als einem Jahr die Kraftwerke Philo and Twin Branch in erfolgreichem Betrieb, die mit 38,5 Atm. Kesseldruck arbeiten und Rekordzahlen im Wärmeverbrauch für die abgegebene Kilowattstunde erzielt haben. In einem anderen Werk Crawford Avenue in Chicago arbeiten die Dampfkesse mit 42 Atm. Überdruck und dieser Dampf wird in eine Parsons-Turbodynamo von 50 000 Kilowatt Leistung eingeleitet, die sich gut bewährt haben soll. Ganz neuerdings ist auch in Langenbrugge in Belgien ein Werk der Centrales Electriques des Flandres in Betrieb gekommen, das drei Dampfessel für 50,75 Atm. Überdruck und Brown-Boveri-Hochdruck-Dampfturbinen enthält.

Mit noch höheren Dampfdrücken sind vorläufig noch Versuche im Gange. Abgesehen von den Anlagen mit Atmos-Kesseln in Schweden, von den Versuchsanlagen nach Prof. LÖFFLER in Wien und nach BENSON bei Siemens, die für Dampfdrücke von 100 Atm. und noch mehr bestimmt sind und vorläufig sehr aussichtsreich beurteilt werden, ist insbesondere noch das Weymouth-Kraftwerk der Edison Illuminating Company zu erwähnen, das Dampfessel nach der Bauart Babcock & Wilcox für 84 Atm. Überdruck erhalten soll. Diese Dampfessel, die 100 mm dicke nahtlos geschmiedete Dampftrömmeln haben, sollen nach den neuesten Berichten auch bei dem hohen Betriebsdruck einwandfrei gearbeitet haben, doch konnte das Werk noch nicht mit diesem hohen Druck in Betrieb gesetzt werden, weil die zugehörige Hochdruckturbine noch nicht geliefert ist. Jedenfalls hat sich aber die Bauart dieser Kessel als so einwandfrei erwiesen, daß die Babcock & Wilcox-Werke einen Kessel dieses Systems für die enorme Dampfleistung von 82 000 kg in der Stunde für das Elektrizitätswerk Amsterdam in Auf-

trag genommen haben. Dieser Kessel ist allerdings „nur“ für 45,5 Atm. Betriebsdruck bestimmt, erhält aber eine geschmiedete Obertrommel von 10 200 mm Länge und 1200 mm Durchmesser.

Alles in allem geht aus den vorstehenden Angaben aber hervor, daß selbst in dem so fortschrittlichen Amerika wirklich verlässliche Erfahrungen über die Bewährung des Hochdruck-Dampfbetriebes in der Praxis immer noch spärlich sind. Man wird es daher verstehen, daß die Leiter unserer großen Elektrizitätswerke namentlich bei solchen Neuanlagen, die, wie das im Bau befindliche Großkraftwerk Rummelsburg der Stadt Berlin, dringendsten Bedarf an elektrischem Strom decken sollen und zunächst nur über unzureichende Reserven an Dampfkesseln und Kraftmaschinen verfügen, nur mit großer Vorsicht an die Drucksteigerung der Dampfkessel herangehen, weil sie die in erster Reihe stehende Rücksicht auf unbedingte Betriebssicherheit der Anlage über dem an sich gewiß wünschenswerten Versuch nicht vernachlässigen können. Hier kommt noch hinzu, daß der Umfang der Neuanlagen durch die zur Verfügung stehenden Mittel auf das äußerste beschränkt ist und Mittel für Versuche im Maßstab der Praxis nicht aufzutreiben sind.

Ein sehr deutliches Bild dieser Einstellung unserer Kraftwerksleiter gegenüber dem Hochdruck-Dampfbetrieb lieferte eine Aussprache, die vor einiger Zeit die Vereinigung der Elektrizitätswerke veranstaltete. Die Mehrzahl der Beteiligten betonte, daß man vor dem Beschluß, eine neue Anlage zu errichten, vor allem die mögliche Benutzungsdauer prüfen müsse. Wenn eine solche Anlage nicht mindestens 2000 Stunden im Jahr im Betrieb erhalten werden kann, so kann sie sich überhaupt nicht rentieren. Was den Betriebsdruck anbelangt, so hält man jetzt 35 bis 40 Atm. für die geeignetste Höhe. Wesentlich unter diesem Druck zu bleiben, sei unwirtschaftlich, weil die Ersparnis im Wärmeverbrauch geringer werde, während die Anlagekosten nicht im gleichen Maß abnehmen. Über diese Grenze hinausgehen, hält man andererseits noch nicht für geraten, weil man namentlich die Schwierigkeiten mit den Materialien fürchtet.

Bei den angegebenen Drücken könne man nämlich noch mit gewöhnlichem Flußstahl auskommen und braucht keinen Nickelstahl zu verwenden, der vorläufig noch zu teuer sei. Allerdings darf man auch schon bei diesen Drücken nicht mehr daran denken, genietete Kesseltrommeln zu verwenden, sondern muß zu nahtlos gewalzten oder geschweißten Trommeln übergehen, deren Herstellung schon gute Fortschritte gemacht hat. Schwierigkeiten in bezug auf das Material erwartet man auch bei den Dampfturbinen, weil in den unteren Expansionsstufen der Dampf sehr stark wasserhaltig wird und die Schaufeln angreifen kann. Wollte man aber die Turbinenschaufeln aus roststabilem Stahl herstellen, so würden die Turbinen sehr teuer werden. Man hofft aber, dieser Schwierigkeit dadurch zu begegnen, daß man den Arbeitsdampf der Turbine auf seinem Wege einmal oder noch öfter durch Zwischenüberhitzer leitet, die das Wasser wieder verdampfen.

Auch mit der Durchbildung der Armaturen in Dampfanlagen mit so hohen Betriebsdrücken ist man mit der Zeit gut vorwärts gekommen. Bei den Dampfleitungen sind Schwierigkeiten kaum zu befürchten, wenn man die neuere Art der Flanschenabdichtung mittels aufgeschliffener Metallflächen anwendet und auf die sonst üblichen weichen Packungen ganz verzichtet. Wasserstandanzeiger mit dem früher üblichen Wasserstandsglas kommen für Hochdruckdampfkessel überhaupt nicht in Frage. Vielmehr benutzt man Ein-

richtungen, die den Wasserstand auf mittelbarem Wege erkennen lassen. Die meisten Schwierigkeiten bereiten noch die Sicherheitsventile, weil man kein Metall finden kann, das der zerrissenden Wirkung des mit so hoher Geschwindigkeit ausströmenden Dampfes auf genügend lange Zeit widersteht. Man hilft sich vorläufig in der Weise, daß man zwei derartige Ventile hintereinander schaltet und das eine Ventil, das nur als Hilfsventil dient, so einstellt, daß es bereits bei einem etwas niedrigeren als dem höchsten zulässigen Druck abbläst. Wird dieses Ventil angegriffen, so kann man es auch während des Betriebes in Ordnung bringen, weil das andere, das Hauptsicherheitsventil, geschlossen ist.

Über die Aussichten des Hochdruckdampfbetriebes kann man, wenn man vom Standpunkt der Praxis urteilen will, heute noch verhältnismäßig wenig Sicheres sagen, weil der Erfolg zu einem großen Teil noch von der Lösung der Materialfrage abhängt. Es ist auch noch gar nicht gesagt, daß die günstigste Wärmeausnutzung mittels Dampfkraft auf dem Wege der Drucksteigerung liegen muß und daß man nicht mit vielleicht geringeren Schwierigkeiten zu besseren Ergebnissen gelangt, wenn man bei mäßiger Drucksteigerung nur die Temperatur zu erhöhen versucht. In dieser Richtung bewegen sich Versuche, dem üblichen Kreisprozeß des Wasserdampfes den Kreisprozeß eines anderen Dampfes aufzusetzen, die in der Form der Wasserdampf-Quecksilberdampf-Anlage des Amerikaners EMMETT bereits praktisch und mit gutem Ergebnis ausgeführt worden sind.

H.
Das Schleifengalvanometer der Firma Carl Zeiß, Jena. Das Schleifengalvanometer besitzt die Strom- und Spannungsempfindlichkeit von Spiegelgalvanometern d'ARSONVALScher Konstruktion mit normaler oder mittlerer Empfindlichkeit. Da der Gebrauch des Schleifengalvanometers ebenso bequem und sicher ist wie der eines Zeigergalvanometers geringer Empfindlichkeit, so sind mit dem Schleifengalvanometer eine große Anzahl von Messungen rasch und gründlich ausführbar, die bis heute nur mit großer Mühe und viel Zeitaufwand geleistet werden konnten. In erster Linie physikalische Messungen, thermoelektrische oder bolometrische Untersuchungen im Spektrum. Jedoch gibt es soviel Fälle von elektrischen Strom- und Energiemessungen, die gerade im Meßbereich des Schleifengalvanometers liegen, daß man sagen kann, das Schleifengalvanometer fülle eine Lücke aus, die bisher innerhalb der Reihe der Galvanometer durch die Saitengalvanometer nur unvollkommen ausgefüllt war.

Das Konstruktionsprinzip des Schleifengalvanometers lehnt sich eng an das des Saitengalvanometers an. Während dieses zwar unter Umständen höhere Empfindlichkeiten erreicht und für rasche oszillatorische Messungen besonders gut geeignet ist, beruht der Vorteil der Schleifengalvanometer auf einer weit höheren Betriebssicherheit und Zuverlässigkeit. Diese wird durch den stabilen Stromleiter erreicht, der wie der Name des Galvanometers sagt, aus einer Metallschleife besteht. Die Form der Schleife und ihre Unterbringung zeigt Fig. 1. Das Metallbändchen, aus dem die Schleife hergestellt wird, hat eine Länge von 30,0 mm, eine Breite von 0,5 mm, eine Dicke von 0,00075 mm, ein Gewicht von 3×10^{-6} g.

Durch ein geeignetes Verfahren kann die Schleife in eine halbstarre Form gebracht werden. Die langen Schleifenbänder hängen in Magnetfeldern von entgegengesetzter Kraftlinienrichtung, so daß sich die Wirkungen der beiden Schleifenhälften addieren (vgl. Fig. 2).

Der untere Teil der Schleife ist so ausgebildet, daß eine gute Ablesung der Ausschläge ermöglicht wird, und daß keine Nebenwirkungen auftreten, die die Proportionalität der Ausschläge stören.

Es liegt nahe, die Schleife bei kleinen Ausschlägen als Pendel aufzufassen. Wäre dem so, so könnten die Ausschläge jedenfalls nicht proportional der Stromstärke sein. Da die Schleife außerdem eine nahezu starre Form hat, ist eine Pendelwirkung nicht gut denkbar. Diese tritt nur ein, wenn man das Metallbändchen

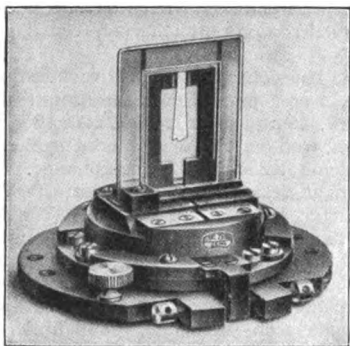


Fig. 1. Galvanometerschleife im Glasgehäuse mit den Einstell- und Befestigungsplatten.

aufhängt, ohne es in den halbstarren Zustand zu versetzen. In diesem Falle werden zwar die Ausschläge etwas größer, aber sehr unregelmäßig und wachsen etwa mit dem Quadrate der Stromstärke linear an. Man muß annehmen, daß die starre Schleife ähnlich wie eine einseitig eingespannte Biegungsfeder wirkt. (Ausführlicher Elektrotechn. Zeitschr. 1925, H. 17, S. 623.) Die halbstarre Form der Schleife bedingt, daß man die Schleife auch in stehender Lage zum Messen unbedenklich benutzen kann, vorausgesetzt, daß man sich auf geringe Ausschläge beschränkt.

Die Empfindlichkeit der Schleife in hängender Lage beträgt:

$$3 \times 10^{-7} \text{ Amp.}$$

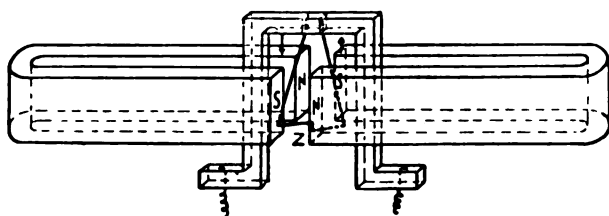


Fig. 2. Schematische Darstellung der Anordnung der Magnete und der Schleife in hängender, stabiler Lage.

Da die Ausschläge mit einem Mikroskop von 80facher Vergrößerung abgelesen werden und ein Teilintervall des Okularmikrometers 1 mm entspricht, so erleidet die Schleife eine Biegung von 0,0125 mm bei einem Ausschlag von 1 Teilintervall, gemessen in der Mitte des Ablesezigers, der vom Aufhängepunkt etwa 13,5 mm Abstand hat.

Geht man zur stehenden Lage über, so wächst die Empfindlichkeit etwa auf das 5fache, ein Betrag, der bei den einzelnen Schleifen im allgemeinen bis auf 20% eingehalten werden kann.

Fig. 3 zeigt das Schleifengalvanometer in der Gebrauchsstellung für die geringste Empfindlichkeit. Hierbei ist eine besondere Beleuchtungseinrichtung nicht erforderlich.

Das Schleifengalvanometer steht auf einem Stativ für den Feldgebrauch z. B. bei Isolationsprüfungen, Kabelprüfungen, Strahlungsmessungen im Freien (Mond, Sterne, Eisberge, Schiffe).

Will man die Schleifenausschläge auf eine Mattscheibe oder auf eine Wand projizieren, so muß man eine Beleuchtungseinrichtung anbringen, die aus einer Lichtquelle und 2 Linsen besteht, von denen die eine die Lichtquelle dahin abbildet, wo die zweite Linse steht, während diese die erhellte Linsenöffnung der ersten Linse in die Schwingungsebene der Schleife abbildet. Dadurch erzielt man eine gleichmäßige Feldbeleuchtung.

Bei schwacher Empfindlichkeit ist die Beobachtung mit Mattscheibe bedeutend leichter und weniger anstrengend, da man mit beiden Augen abliest. Außerdem hat man dabei noch den großen Vorteil, daß gleichzeitig 2 bis 3 Beobachter ablesen können. Als

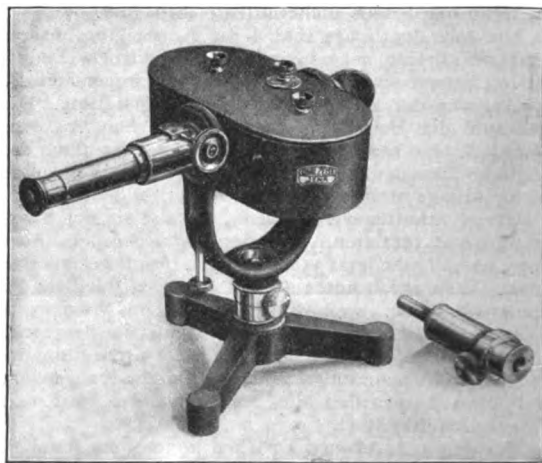


Fig. 3. Das Schleifengalvanometer mit 80facher Vergrößerung für den allgemeinen Laboratoriums- und für den Feldgebrauch. Empfindlichkeit ca. 3×10^{-7} bis 6×10^{-8} .

Lichtquelle genügt hierbei eine Glühlampe von etwa 25 Watt.

Um die Schleifenausschläge bei mittlerer Empfindlichkeit einer größeren Anzahl von Beobachtern zeigen zu können, ist weiter noch eine Projektionseinrichtung mit Bogenlampe geschaffen worden, die es ermöglicht, die Ausschläge der Schleife auf eine entfernte Projektionswand oder eine Skala zu projizieren. Hierdurch empfiehlt sich das Galvanometer besonders für Lehrzwecke, Vorträge und Vortragsreisen, da es vollständig transportsticher verpackt werden kann.

Durch Anwendung einer 640fachen Mikroskopvergrößerung und einer besonderen Beleuchtungsvorrichtung ist es schließlich gelungen, die Empfindlichkeit in stabiler Lage (hängende Schleife) auf $3,7 \times 10^{-8}$ Amp. und in labiler Lage (stehende Schleife) auf $7,5 \times 10^{-9}$ Amp. zu steigern. Bei dieser hohen Empfindlichkeit und starken Mikroskopvergrößerung wird das Schleifenbild, streng genommen das Bild einer Schleifenkante zum Ablesen nicht scharf genug. Durch einen Übergang von Hellfeld- zur Dunkelfeldbeleuch-

tung erreicht man zur Ablesung besser geeignete Interferenzstreifen, die auch gleichzeitig ein sehr angenehmes Beobachten bei hoher Empfindlichkeit gewährleisten.

Der Widerstand des Stromleiters beträgt 6—10 Ohm. Das Schleifengalvanometer hat daher eine sehr hohe Spannungsempfindlichkeit. Das erkennt man sehr leicht aus einem einfachen Versuch. Verbindet man nämlich die Polklemmen mit einem längeren Leitungsdraht, eine Länge von 1 m genügt schon, so zeigt das Galvanometer schon bei ganz schwachen Bewegungen des Leitungsdrahtes deutliche Ausschläge, die dadurch entstehen, daß durch die Bewegungen des Leitungsdrahtes im schwachen magnetischen Feld der Erde in dem Draht ein schwacher Strom erzeugt wird, der die kleinen Ausschläge in dem hoch spannungsempfindlichen Galvanometer hervorruft. Bei Verwendung von langen Leitungsdrähten muß man daher, um solche Störungen beim Messen auszuschalten, die Drähte gut verdrillen.

W. O. SCHUMANN sagt in der Elektrotechn. Zeitschr. (1924, Heft 20) zusammenfassend über ein Schleifengalvanometer, das etwa ein halbes Jahr im Techn.-

Phys.-Institut der Universität Jena für Thermokreuzmessungen im Betrieb war:

„Die optische Einstellung des Instruments erfolgt rasch und mühelos. Wegen der Bewegung der Schleife in ihrer Ebene herrscht gute Bildschärfe bis zum Rande des Gesichtsfeldes im Mikroskop. Die Nullpunktschwankung der hängenden Schleife ist bei 50 Skalenteilen Ausschlag etwa $\pm 0,2$ Skalenteile. In stehender Lage, nahezu im labilen Gleichgewicht, sind bei wechselnden Ausschlägen Nullpunktsschwankungen von ca. $\pm 1,0$ Skalenteil vorhanden. Sobald jedoch die Schleife nach einer Seite ausgeschlagen hat, ist die Nullpunktlage ebenfalls bis auf $\pm 0,2$ Skalenteile konstant. Der Meßbereich in dieser Lage und 80-facher Vergrößerung ist etwa 20 Skalenteile.

Das beschriebene Instrument dürfte für alle Messungen, wo es auf Raschheit ankommt, wo hohe Spannungsempfindlichkeit verlangt wird (thermoelektrische Messungen), auch wo es auf ein handfestes, auch von Ungeübten leicht und sicher zu handhabendes Instrument ankommt, ganz besonders vorteilhaft sein.“

A. SONNEFELD.

Astronomische Mitteilungen.

Die scheinbaren Schwankungen in der Erdrotation. In den Astron. Nachrichten 225, 109¹⁾ weist INNES überzeugend nach, daß die von uns beobachtete Rotation der Erde nicht konstant ist, sondern Schwankungen unterliegt. Meiner Ansicht nach muß man dieser Tatsache nicht nur eine große astronomische, sondern eine mindestens ebenso große geophysikalische Bedeutung beilegen.

Das INNESSche Resultat können wir in folgender Form ausdrücken: Eine hypothetische Erde habe die Rotationsgeschwindigkeit, wie wir sie aus astronomischen Beobachtungen seit den Anfängen unserer Kultur bis zur Gegenwart ableiten können. Es ist damit ein System von Längengraden gegeben, das mit völlig gleichmäßiger Geschwindigkeit rotiert. Die Längengrade und ebenso die Weltzeit seien hierin von einem hypothetischen Greenwicher Meridiane aus gezählt. Führt man Längenbestimmungen aus durch Beobachtung astronomischer Ereignisse, deren Eintrittsmoment nach Weltzeit man genau vorausberechnen kann, so findet man, daß die geographische Länge eines und desselben Ortes nicht konstant ist. Beobachte ich z. B., daß ein Ereignis, welches nach der hypothetischen Weltzeit um 5^h 10^m 5^s,4 stattfindet, an meinem Beobachtungsorte um 5^h 40^m 10^s,0 nach meiner Ortszeit eintritt, so sage ich, mein Ort liegt um 30^m 4^s,6 östlich von dem hypothetischen Greenwicher Meridiane. Mache ich nach 10 Jahren an derselben Stelle eine ähnliche Beobachtung und finde ich nun als Differenz zwischen der berechneten Weltzeit und meiner beobachteten Ortszeit einen Unterschied von 29^m 51^s,2, so heißt das, mein Ort hat sich gegenüber dem hypothe-

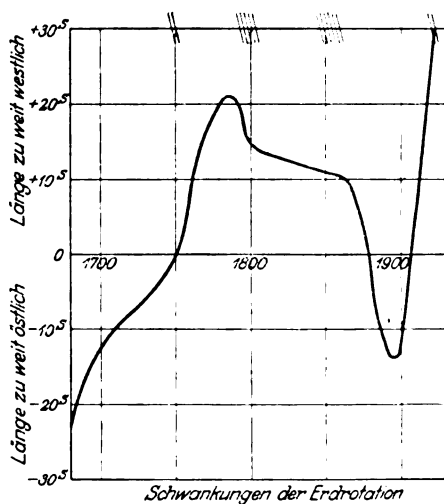
tischen Systeme um 13^h,4 nach Westen bewegt. Aus den INNESSchen Beobachtungen geht nun hervor, daß die wirkliche Erdoberfläche solche Schwankungen um eine Mittellage einmal nach Osten, einmal nach Westen ausführt.

Wie haben wir diese Erscheinung zu deuten. Ein Schwanken der Erde als ganze kommt nicht in Frage. Die Geophysiker nehmen an, daß die Erde aus einem Kerne besteht, der umgeben ist von einem etwa 100 km dicken Steinmantel, auf dem wir leben. Zwischen dem sehr rigen Kerne und dem Mantel ist eine zähflüssige Schicht. Würden keine äußeren Kräfte an die Erde angreifen, so würde die Rotationsgeschwindigkeit von Kern und Mantel gleich sein. In Wirklichkeit greifen Sonne und Mond (es seien nur diese Wirkungen erwähnt) durch die Flutreibung an die Erde an und üben eine Bremsung aus. Diese bremsende Kraft greift im wesentlichen am Steinmantel an, dieser wird daher in seiner Rotation verlangsamt, er bleibt daher hinter dem Kerne zurück. (Die säkulare Wirkung der Gezeitenreibung, die die Gesamrotation der Erde dauernd verlangsamt und die Entfernung des Mondes von der Erde vergrößert, bis in einem Endzustande Erdrotation und Mondumlauf gleich geworden sind, bleiben hier unberücksichtigt.) Im Vorhandensein der beobachteten Zeitschwankungen sehe ich einen Beweis für das Vorhandensein einer Westdrift des Steinmantels über den Kern. Die Rotationsgeschwindigkeit der Erde, wie wir sie beobachten, läßt sich etwa ausdrücken durch $\varrho = \varrho_K - \Delta\varrho_{(T,R)}$, worin ϱ_K die Rotationsgeschwindigkeit des Kernes (dessen Trägheitsmoment der Einfachheit wegen gegenüber dem des Mantels so groß sein soll, daß wir die Rotationsgeschwindigkeit konstant annehmen können) und $\Delta\varrho$ eine Funktion ist der Tidenreibung T und der Reibung R zwischen Kern und Mantel. Sind T und R konstant, so ist es auch ϱ , wir haben dann in ihm das Maß für die hypothetische Weltzeit. T können wir unbedenklich als konstant annehmen, R braucht dies jedoch nicht zu sein. Schwankt R , so schwankt damit auch die Drift des Mantels über den Kern, wir müssen dann aus den astronomischen Beobachtungen gerade das feststellen, was INNES aus ihnen abgeleitet hat.

¹⁾ Vgl. Naturwissenschaften 1925, S. 860. Das verwendete Material bedarf zwar noch einer eingehenden Diskussion, die Wahrscheinlichkeit aber, daß durch diese die Bahnen aller benutzten, von einander ganz unabhängigen Objekte (Mond, Erde, Merkur, Venus, Jupitermonde 1 und 2) gerade so geändert würden, daß die jetzt auf den ersten Blick (c. f. auch GLAUERT, MONTHLY Not. 75) ersichtliche Korrelation zwischen den Differenzen Beob.-Rech. der verschiedenen Objekte verschwindet, ist äußerst gering.

Daß R Schwankungen unterliegt, ist durchaus nicht unwahrscheinlich. Über die Mächtigkeit der Schicht zwischen Mantel und Kern wissen wir nichts, sie ist vielleicht sehr gering, da sie zum Teil ganz gelegnet wird. Die Dicke des Mantels ist sicher verschieden, so reicht z. B. nach seismischen Beobachtungen die asiatische Scholle tiefer in das Innere als die amerikanische, auch die Oberfläche des Kernes ist keine glatte Kugeloberfläche, sie liegt an einzelnen Stellen unserer Oberfläche näher als an anderen. Bei der Drift des Mantels über den Kern (mit der Zeit wird es wohl auch gelingen, die Größe dieser Drift aus den Unebenheiten des Kernes zu bestimmen) werden die tiefreichenden Stellen des Mantels einmal über hochgelegene Teile des Kernes fortziehen, einmal über tiefergelegene. Wir brauchen dabei nicht einmal an direkte Berührungen zu denken, schon das Fortpressen der zähen Zwischenschicht wirkt im ersten Falle stärker bremsend. Bei stärkerer Bremsung der Drift werden wir eine scheinbare Versetzung nach Ost, bei geringerer eine solche nach West gegenüber der Normaldrift beobachten.

Nun werden beim Einsetzen und ebenso beim Nachlassen stärkerer Bremsungen an den betroffenen Stellen



Spannungen im Mantel auftreten, die im Innern desselben zu langsamen Deformationen, an der Außenhaut aber zu Erdbeben führen müssen. Es ist also zu erwarten, daß zu den Zeiten, in denen die Versetzung ihr Vorzeichen umkehrt, häufigere Erdbeben auf der Erde registriert werden. Aus einem Verzeichnis aller Notizen über Erdbeben in der chinesischen Literatur habe ich die Zahl dieser Notizen für je 10 Jahre zusammengezählt und nehme an, daß diese Zahlen ungefähr ein Bild geben von der Größe und Häufigkeit von Beben in den Jahrzehnten. Diese Zahlen zeigen zu bestimmten Zeiten ein Anwachsen. In der Figur habe ich diese Zeiten durch Strichelung angedeutet. Die Kurve der Figur gibt an, um wieviel der Erdmantel zu den als Abszissen eingetragenen Zeiten versetzt war, + bedeutet westlich; - östlich. 1900 z. B. befanden wir uns 12° (= 5520 m am Äquator) östlich, 1920 etwa 25° (= 11 500 m) westlich der durch die Nulllinie bezeichne-

ten Normalage. Die Punkte, in denen die Kurve ihre Richtung ändert, fallen genähert zusammen mit den Erdbebenhäufungen in China. Dabei können wir annehmen, daß ein Wendepunkt kurz vor 1680 liegt, ein anderer fällt vielleicht in unsere augenblickliche Zeit. Dies würde stimmen mit den starken Erdbeben der letzten Jahre. Viel Beweiskraft ist diesem vielleicht rein zufälligen Zusammentreffen allerdings nicht beizulegen.

Unwillkürlich erinnert man sich bei diesen Überlegungen der WEGENERSchen Drifttheorie Amerikas. Reicht die asiatische Scholle tiefer als die amerikanische, so greifen die Bremsungen häufiger an ersterer an. Daß die in den letzten Jahren angestellten Längenbeobachtungen zwischen Amerika und Europa kein positives Resultat ergeben haben, beweist noch nichts gegen WEGENER. Bei einer starken Westdrift des ganzen Mantels, wie wir sie in den letzten 25 Jahren haben, mögen die Spannungen nicht groß genug gewesen sein, um den WEGENER-Effekt hervorzurufen. Erst die Umkehr, in der wir uns wahrscheinlich zur Zeit befinden, wird eine Entscheidung hierüber bringen können, wenn diese Umkehr durch eine Bremsung an der asiatischen Scholle bewirkt wird.

Wenn meine Annahmen richtig sein sollten, so würde sich aus ihnen noch manches andere folgern lassen. Greift z. B. die Reibung nicht symmetrisch zur Rotationsachse oder nicht in der Äquatorebene an, so verlagert sich die Driftachse zur Rotationsachse des Kernes. Kleine Polschwankungen sind hierbei weniger interessant als vielmehr die großen möglichen Breitenänderungen. Ein „Festfahren“, d. h. sehr starkes Bremsen des Mantels am Kerne an einer Stelle höherer Breite könnte z. B. für längere Zeit die Driftachse weit gegen die Rotationsachse verlagern. Es würden polnahe Gegenden in südlichere Breiten geführt und umgekehrt. Das Auftreten von Eiszeitspuren in jetzt weit vom Pole entfernten Gegenden fände so eine einfache Erklärung. Verlegt man den Sitz des Erdmagnetismus zum Teil in den Mantel, so ist auch die Verlagerung der Magnetpole, vielleicht sogar die Verschiebung der magnetischen Achse aus dem Erdmittelpunkte erklärlich. Auf einem größten Kreise, der zwischen den Rotationspolen und den Magnetpolen der Erde hindurchgeht, hat man die Gegend zu suchen, in der die Drift seiner Zeit besonders stark gebremst wurde und wo der Driftpol lag. Starke Eisablagerungen an einem Pole werden dort Senkungen des Mantels, damit ein stärkeres Bremsen in dieser Gegend und, wenn dies nicht achsensymmetrisch geschieht, ein Abrollen von dem Pole, also eine Polverlagerung hervorrufen. Starke Bremsungen müssen zumal in früheren Zeiten, als die Mondtiden und entsprechend die Flutreibung noch größer waren, Formänderungen des Mantels zur Folge gehabt haben, sie werden Zerstörungen, Zerrungen und Stauchungen, Hebungen und Senkungen im Mantel hervorgerufen haben, und zwar werden sich für jeden Teil der Erdoberfläche ähnliche Erscheinungen mit der Driftperiode öfter wiederholt haben können.

Ein Urteil in diesen Dingen maße ich mir nicht an, ich habe nur darauf hinweisen wollen, daß die INNESschen astronomischen Feststellungen für die Geophysiker und die Geologen von großer Bedeutung sein können.

B. MEYERMANN.

Physikalische Gesetzlichkeit

im Lichte neuerer Forschung¹⁾.

Von MAX PLANCK, Berlin.

In der Zeit ernster Not und tiefer Demütigung, welche unser hartgeprüftes Vaterland gegenwärtig zu erdulden hat, muß jeder Deutsche es als Ehrenpflicht empfinden, sich freudig zu seinem Volke zu bekennen und in dem ihm gewiesenen Wirkungskreise nach seinen besten Kräften an dem Wiederaufbau des Zerstörten mitzuarbeiten. Auch auf dem Gebiete der Kulturgüter haben wir schwere Einbußen erlitten, und es gilt die Anstrengungen zu verdoppeln, damit Deutschland allmählich seinen früher mit Ehren und mit wachsendem Erfolge behaupteten Platz unter den Völkern zurückgewinnt. Wenn wir gewahren, daß es gegenwärtig immer noch große, sich als international bezeichnende wissenschaftliche Organisationen gibt, welche in ihren Satzungen die Beteiligung deutscher Gelehrter ausdrücklich ablehnen, so muß es diesen ein verstärkter Ansporn sein, durch den Umfang und durch die Gediegenheit ihrer Arbeit den Nachweis zu liefern, daß die deutsche Wissenschaft noch lebendig ist und nicht ohne Schaden für den allgemeinen wissenschaftlichen Fortschritt ignoriert werden darf. Und wenn der einzelne auch nur einen kleinen bescheidenen Teil zu dem Gesamtwerk zu liefern vermag, so trifft ihn doch das volle seinen Kräften entsprechende Maß der Verantwortung für den Wert dessen, was er zu dem großen Schatz der internationalen Wissenschaft beisteuert.

Um von solcher Gesinnung Zeugnis abzulegen, habe ich der ehrenvollen Einladung gerne Folge geleistet, hier in Düsseldorf, an dieser echt deutschen Kulturstätte, welche die schweren Folgeerscheinungen des Krieges auch an sich selber in vollem Maße erleben mußte, über ein meinem speziellen wissenschaftlichen Gebiet entnommenes Thema zu berichten, und bitte Sie heute, einige Betrachtungen über physikalische Gesetzlichkeit im Lichte neuerer Forschung vor Ihnen entwickeln zu dürfen.

I.

Was verstehen wir unter physikalischer Gesetzlichkeit? Ein physikalisches Gesetz ist ein jeder Satz, welcher einen festen, unverbrüchlich gültigen Zusammenhang zwischen meßbaren physikalischen Größen ausspricht, einen Zusammenhang, welcher es gestattet, eine dieser Größen zu berechnen, wenn die übrigen durch Messung bekannt sind. Eine möglichst vollständige Erkenntnis der physikalischen Gesetzlichkeit ist das

höchste, heiß ersehnte Ziel eines jeden Physikers, mag er sie nun lediglich vom Nützlichkeitsstandpunkt aus bewerten, indem er ihren eigentlichen Wert darin erblickt, daß uns durch sie die Ausführung kostspieliger Messungen erspart wird, oder mag er, weitergehend, in ihr die Befriedigung eines tiefen inneren Wissensdranges und die feste Basis für seine Naturanschauung suchen.

Wie gelangen wir nun zur Feststellung der einzelnen physikalischen Gesetze, und wie sehen dieselben aus? Zuvörderst dürfen wir es durchaus nicht als von vornherein selbstverständlich betrachten, daß eine physikalische Gesetzlichkeit überhaupt existiert, oder daß sie, wenn sie auch bisher existiert hat, auch in Zukunft stets in gleicher Weise existieren wird. Es wäre durchaus denkbar, und wir könnten nicht das mindeste dagegen machen, wenn die Natur uns eines schönen Tages durch den Eintritt eines völlig unerwarteten Ereignisses ein Schnippchen schlüge, und wenn es uns trotz aller Anstrengung niemals gelingen sollte, in den entstandenen Wirrwarr irgend eine gesetzliche Ordnung hineinzubringen. Dann bliebe der Wissenschaft nichts anderes übrig, als ihren Bankrott zu erklären. Aus diesem Grunde ist sie genötigt, die Existenz einer allgemeinen Naturgesetzlichkeit als Vorbedingung, als Postulat an die Spitze ihrer ganzen Entwicklung zu stellen oder, um mit IMMANUEL KANT zu reden, den Kausalbegriff mit zu den von vornherein gegebenen Kategorien zu rechnen, ohne die Erkenntnis überhaupt nicht gewonnen werden kann.

Daraus folgt weiter mit Notwendigkeit, daß das Wesen der physikalischen Gesetzlichkeit und der Inhalt der physikalischen Gesetze sich nicht durch reines Nachdenken erschließen läßt, sondern, daß es hierfür keinen anderen Weg gibt als den, sich vor allem an die Natur zu wenden, in ihr möglichst zahlreiche und vielseitige Erfahrungen zu sammeln, dieselben miteinander in Vergleich zu bringen und zu möglichst einfachen und weittragenden Sätzen zu verallgemeinern, mit einem Wort: die Methode der Induktion.

Da der Inhalt einer Erfahrung um so reicher ist, je genauer die Messungen sind, die ihr zugrunde liegen, so versteht sich von selbst, daß der Fortschritt aller physikalischen Erkenntnis auf das engste verknüpft ist mit der Verfeinerung der physikalischen Instrumente und mit der Technik des Messens. Davon liefert gerade die neueste Geschichte der Physik schlagende Belege. Aber mit dem Messen allein ist es nicht getan. Jede Messung ist ein einzelnes, zunächst für sich ste-

¹⁾ Vortrag gehalten am 14. Februar 1926 in den Akademischen Kursen von Düsseldorf.

hendes Ereignis und als solches an ganz spezielle Umstände, vor allem an einen bestimmten Ort und eine bestimmte Zeit, sowie an ein bestimmtes Meßinstrument und einen bestimmten Beobachter gebunden, und wenn auch die erstrebte Verallgemeinerung in vielen Fällen auf der Hand liegt und sich sozusagen von selbst anbietet, so gibt es doch auch andere Fälle, wo es außerordentlich schwierig ist, für verschiedenartige vorliegende Messungen das gemeinsame Gesetz zu finden, — sei es, daß sich dafür überhaupt keine Möglichkeit zu eröffnen scheint, oder auch, was auch sehr unbefriedigend wirken kann, daß zu vielerlei Möglichkeiten der Verallgemeinerung vorliegen.

In solchen Fällen gibt es kein anderes Mittel, um vorwärts zu kommen, als einmal probeweise eine gewisse Annahme einzuführen, eine sog. Arbeitshypothese, und zuzusehen, wie weit man mit ihr kommt. Für die Brauchbarkeit einer solchen Hypothese ist es immer ein besonders gutes Zeichen, wenn sie sich auch auf Gebieten bewährt, auf die sie nicht von vornherein zugeschnitten war. Denn dann darf man schließen, daß der gesetzliche Zusammenhang, den sie ausspricht, eine tiefer gehende Bedeutung besitzt und eine wesentlich neue Erkenntnis eröffnet.

Wenn somit eine zweckmäßige Arbeitshypothese als ein unentbehrliches Hilfsmittel jeder induktiven Forschung erscheint, so drängt sich die gewichtige Frage auf, wie man es denn anfängt, um eine möglichst brauchbare Hypothese ausfindig zu machen. Darüber gibt es aber keine allgemeine Vorschrift. Denn hier genügt keineswegs allein das logische Denken, auch dann nicht, wenn die reichsten und vielseitigsten Erfahrungen vorliegen. Hier hilft vielmehr allein ein unvermitteltes Zufassen, ein glücklicher Einfall, oft ein anfangs sehr kühn erscheinender Gedankensprung, wie ihn nur eine lebendige und selbständige, durch eine genaue Kenntnis der vorhandenen Tatsachen in die richtige Bahn gelenkte Phantasie und eine starke schöpferische Gestaltungskraft auszuführen vermag.

In den meisten Fällen handelt es sich dabei um die Einführung gewisser Gedankenbilder, Analogien, welche auf bekannte gesetzliche Zusammenhänge in einem anderen Gebiete hinlenken und dadurch einen weiteren Schritt nahelegen in der Richtung zu der Vereinheitlichung des physikalischen Weltbildes.

Aber gerade an einem solchen Punkte vielversprechenden Erfolges lauert häufig auch eine ernste Gefahr. Denn wenn der gewagte Schritt wirklich geglückt ist, wenn die eingeführte Hypothese ihre Leistungsfähigkeit bewiesen hat, handelt es sich weiter darum, sie weiter auszubilden, ihren eigentlichen Kern herauszuschälen und durch eine sachgemäße Formulierung ihren berechtigten Inhalt klarzustellen, indem man sie von allen unwesentlichen Zutaten reinlich säubert. Das ist nun aber keine so einfache Sache, als es vielleicht zunächst den Anschein haben könnte. Denn die

in glücklichem Gedankenflug errichtete Brücke, welche den Zugang zu einer neuen Erkenntnis vermittelt hat, erweist sich bei näherer Besichtigung sehr häufig als nur provisorischer Art und muß dann nachträglich durch eine haltbarere, auch für das schwere Geschütz kritischer Logik tragfähige, ersetzt werden. Wir müssen eben bedenken, daß eine jede Hypothese ein Produkt der tastenden Phantasie ist, und daß die Phantasie mit der Anschauung arbeitet. Die Anschauung ist aber in der Physik, so wenig man sie bei der Hypothesenbildung entbehren kann, für die Ausarbeitung einer rationalen Theorie, namentlich bei einer logischen Beweisführung, ein Hilfsmittel von äußerst zweifelhafter Natur; denn das wohlbegreifliche Vertrauen auf gewisse anschauliche Vorstellungen und Gedankengänge, die sich in bestimmter Richtung als fruchtbar erwiesen haben, führt leicht zur Überschätzung ihrer Bedeutung und zu unhaltbaren Verallgemeinerungen. Nimmt man hinzu, daß gerade der Schöpfer einer neuen leistungsfähigen Theorie in der Regel wenig geneigt ist, sei es aus Bequemlichkeit oder auch aus einem gewissen Pietätsgefühl, an den speziellen Ideenverbindungen, die ihn zum Erfolg geführt haben, wesentliche Änderungen vorzunehmen, und daß er häufig seine ganze wohlverworbene Autorität einsetzt, um seinen ursprünglich eingenommenen Standpunkt aufrecht halten zu können, so ist es wohl verständlich, daß die gesunde Weiterentwicklung der Theorie oft erheblichen Schwierigkeiten begegnet. Beispiele für diese Verhältnisse treffen wir auf Schritt und Tritt in der Geschichte der physikalischen Wissenschaft an, bis hinein in die Gegenwart. Lassen Sie mich einige der wichtigsten hier zur Sprache bringen.

Die frühesten Erkenntnisse physikalischer Gesetzlichkeit liegen naturgemäß auf dem Gebiete, in dem die ersten genauen Messungen möglich waren: dem von Raum und Zeit, also auf dem Gebiet der Mechanik. Auch läßt sich leicht verstehen, daß die Aufstellung gesetzmäßiger Zusammenhänge zuerst gerade bei denjenigen Bewegungen gelang, deren gesetzlicher Ablauf unabhängig von zufälligen äußeren Begleitumständen und Eingriffen erfolgt: den Bewegungen der Himmelskörper. Schon vor Jahrtausenden verstanden es bekanntlich die Kulturvölker des Orients, aus ihren Beobachtungen Formeln abzuleiten, welche es gestatten, die Bewegungen der Sonne und der Planeten auf Jahre hinaus mit großer Sicherheit zu berechnen. Mit jeder Steigerung der Meßgenauigkeit war eine Verbesserung der Formeln verbunden. Ihre Zusammenstellung und Vergleichung führte in der späteren Entwicklung zu den Theorien von PROLEMÄUS, COPERNICUS, KEPLER, von denen jede der vorhergehenden an Einfachheit und Genauigkeit überlegen war. Allen diesen Theorien ist gemeinsam eine Beantwortung der Frage nach dem gesetzlichen Zusammenhang zwischen der Position eines Himmelskörpers, etwa eines Planeten, und dem Zeitpunkt, in welchem diese Position ein-

genommen wird. Selbstverständlich ist die Art des gesetzlichen Zusammenhanges für jeden Planeten eine andere, wenn sich auch in den Planetenbewegungen viele gemeinsame Züge aufweisen lassen.

Den entscheidenden Schritt über diese Art der Fragestellung hinaus tat NEWTON, indem er die auf die verschiedenen Planeten bezüglichen Formeln in ein einziges, für alle Planeten und überhaupt für sämtliche Himmelskörper in gleicher Weise gültiges Bewegungsgesetz zusammenfaßte. Ein solcher Erfolg konnte ihm dadurch gelingen, daß er das Bewegungsgesetz unabhängig machte von dem speziellen Zeitpunkt, auf den es angewendet wird, daß er nämlich den Zeitpunkt durch das Zeitdifferential ersetzte. Die NEWTONSche Theorie der Planetenbewegung spricht einen bestimmten gesetzlichen Zusammenhang aus nicht zwischen der Position eines Planeten und der Zeit, sondern zwischen der Beschleunigung des Planeten und seiner Entfernung von der Sonne, und dieses Gesetz, eine gewisse vektorielle Differentialgleichung, lautet für alle Planeten genau gleich. Ist also die Lage und die Geschwindigkeit des Planeten in irgendeinem einzelnen Zeitpunkt bekannt, so berechnet sich daraus eindeutig seine Bewegung für alle Zeiten.

Daß die NEWTONSche Fassung der Bewegungsgesetze nicht nur eine neue Form der Naturbeschreibung, sondern einen wirklichen Fortschritt in der Erkenntnis der sachlichen Zusammenhänge bedeutet, erhellt aus den Resultaten, welche ihre weitere Durchführung geliefert hat. Sie übertrifft nämlich die KEPLERSche Formel nicht nur an Genauigkeit, indem sie z. B. die Störungen, welche die elliptische Bewegung der Erde um die Sonne durch ihre gelegentliche Annäherung an den Jupiter erleidet, in voller Übereinstimmung mit den Messungen wiedergibt, sondern sie erteilt auch Aufschluß über die Bewegungen anderer Himmelskörper, wie der Kometen, der Doppelsterne usw., welche von den KEPLERSchen Gesetzen gar nicht erfaßt werden. Was aber der NEWTONSchen Theorie zu ihrem unmittelbarsten, völlig durchschlagenden Erfolge verhalf, war der Umstand, daß ihre Anwendung auf irdische Bewegungen unmittelbar zu denselben numerischen Gesetzen des freien Falls und der Pendelschwingungen führte, welche GALILEI durch seine Messungen festgestellt hatte, und des weiteren auch zur Erklärung gewisser auffallender sonst ganz unverständlicher Phänomene, wie Ebbe und Flut, Drehung der Pendelebene, Präzession der Kreisbewegung und dergleichen.

Wie gelangte nun aber NEWTON zu seiner Differentialgleichung für die Bewegung eines Planeten? Das ist die Frage, die uns jetzt hauptsächlich interessiert. Er gelangte zu ihr nicht etwa dadurch, daß er die Beschleunigung eines Planeten unmittelbar mit seiner Entfernung von der Sonne in Beziehung brachte und nach einem bestimmten numerischen Zusammenhang zwischen

ihnen suchte, sondern dadurch, daß er sich zunächst in Gedanken eine Brücke baute, die von dem Begriff der Lage des Planeten hinüberführte zu dem Begriff der Beschleunigung, und diese Brücke heißt die *Kraft*. Er stellte sich nämlich vor, daß einerseits durch die Lage eines Planeten gegenüber der Sonne eine gegen die Sonne hin gerichtete Anziehungskraft bedingt wird, und daß andererseits diese selbe Anziehungskraft in der Bewegungsgröße des Planeten eine bestimmte Änderung verursacht. So entstand einerseits das Gravitationsgesetz, andererseits das Trägheitsgesetz. Der Begriff der Kraft selber entsprang ohne Zweifel, wie schon das Wort Kraft besagt, der Vorstellung der Muskelempfindung beim Heben eines Gewichtes oder beim Fortschleudern eines Balles, und diese Vorstellung wurde in weiterer Verallgemeinerung angewendet auf jede Art von Bewegungsänderung, auch wenn dieselbe so groß ist, daß menschliche Muskelkräfte nicht entfernt hinreichen, um sie zu bewirken.

Kein Wunder, daß NEWTON diesem Begriff der Kraft, welcher ihm zu so fundamentalen Erfolgen verholfen hatte, eine entscheidende Bedeutung beilegte, obwohl er, was wohl zu beachten ist, in dem eigentlichen Bewegungsgesetz garnicht vorkommt, und daß er in ihm die primäre Ursache einer jeden Bewegungsänderung suchte. So ist es gekommen, daß die NEWTONSche Kraft als der Haupt- und Grundbegriff der Mechanik, und nicht nur der Mechanik, sondern der ganzen Physik hingestellt wurde, und daß man sich mit der Zeit gewöhnte, bei allen physikalischen Vorgängen immer in erster Linie nach der Kraft zu fragen, welche sie verursacht.

In gewissem Gegensatz hierzu steht das Bild, welches uns die neuere Entwicklung der Physik darbietet. Man darf ruhig sagen, daß heute die NEWTONSche Kraft ihre grundlegende Bedeutung für die theoretische Physik verloren hat. In dem modernen Aufbau der Mechanik erscheint sie nur mehr als sekundäre Größe, man hat sie ersetzt durch einen anderen höheren und umfassenderen Begriff, den der Arbeit oder des Potentials, indem man die Kraft allgemein definiert als das Potentialgefälle oder als den negativen Potentialgradienten.

Aber — so könnte man versucht sein einzuwenden — wie ist es möglich, die Arbeit als das Primäre anzusehen, da doch, wenn Arbeit entstehen soll, immer zuerst eine Kraft da sein muß, welche die Arbeit leistet? Wer so spricht, der denkt nicht physikalisch, sondern physiologisch. Gewiß ist bei der Arbeit, die man bei der Erporhebung eines Gewichtes leistet, die Muskelkontraktion mit den sie begleitenden Empfindungen das Primäre und bildet die Ursache der eintretenden Bewegung. Aber dieser physiologische Vorgang ist begrifflich scharf zu trennen von der hier in Rede stehenden physikalischen Kraft der Anziehung, welche die Erde auf das Gewicht ausübt und welche ihrerseits allein bedingt wird durch das primär vorhandene Gravitationspotential.

Das Potential behauptet den Vorrang vor der Kraft nicht allein deshalb, weil die physikalische Gesetzlichkeit durch seine Einführung eine einfachere Form annimmt, sondern auch weil die Bedeutung des Potentialbegriffes viel weiter reicht als die des Kraftbegriffes, namentlich auch über das Gebiet der Mechanik hinaus bis in das Gebiet der chemischen Verwandtschaftslehre, wo von NEWTONScher Kraft überhaupt nicht mehr die Rede sein kann. Freilich muß zugegeben werden, daß der Begriff des Potentials nicht den einleuchtenden Vorteil der unmittelbaren Anschauung besitzt, welcher dem der Kraft vermöge seiner Beziehungen zum Muskelsinn innewohnt, und daß daher durch die Elimination des Kraftbegriffes auch die Anschaulichkeit der physikalischen Gesetze eine wesentliche Einbuße erleidet. Aber diese Entwicklung liegt in der Natur der Sache. Die physikalische Gesetzlichkeit richtet sich eben nicht nach den menschlichen Sinnesorganen und dem ihnen entsprechenden Anschauungsvermögen, sondern nach den Dingen selber.

Immerhin wird es nach meiner Meinung bei der Einführung in die Mechanik für den Unterricht stets notwendig bleiben, zunächst von der NEWTONSchen Kraft auszugehen, ebenso wie man in der Optik zunächst vom Farbensinn und in der Thermodynamik zunächst vom Wärmesinn ausgeht, obwohl diese Grundlage später durch eine präzisere ersetzt wird. Wir dürfen auch nicht vergessen, daß die Bedeutung aller physikalischen Begriffe und Sätze für uns in letzter Linie doch wieder auf ihren Beziehungen zu den menschlichen Sinnesorganen beruht. Das ist ja gerade charakteristisch für das eigentümliche Verfahren der physikalischen Forschung. Um überhaupt brauchbare physikalische Begriffe und Hypothesen bilden zu können, müssen wir zunächst auf unser den spezifischen Sinnesempfindungen unmittelbar angepaßtes Anschauungsvermögen zurückgreifen. Aus ihm allein schöpfen wir alle unsere Ideen. Wenn wir aber dann zu physikalischen Gesetzen gelangen wollen, müssen wir von den eingeführten Anschauungsbildern wieder möglichst abstrahieren und die aufgestellten Definitionen von allen Zutaten und Vorstellungen, die nicht in logisch notwendigem Zusammenhang mit den Messungen stehen, befreien. Sind dann die physikalischen Gesetze formuliert und haben sie uns auf mathematischem Wege zu bestimmten Folgerungen geführt, so müssen wir schließlich die erhaltenen Resultate, um sie für uns wertvoll zu machen, wieder zurückübersetzen in die Sprache unserer Sinnenwelt. Das ist in gewissem Sinne ein zirkelförmiger Weg. Er ist aber durchaus notwendig. Denn die Einfachheit und Allgemeinheit der physikalischen Gesetze offenbart sich stets erst nach der Abstraktion von allen anthropomorphen Beimengungen.

Derartiger Gedankenbrücken und anschaulicher Hilfsbegriffe, wie ich einen in der NEWTONSchen Kraft zu schildern versuchte, gibt es in der

theoretischen Physik eine große Anzahl. Ich will hier in diesem Zusammenhang nur noch den für die physikalische Chemie so fruchtbar gewordenen Begriff des osmotischen Druckes nennen, den VAN'T HOFF seinerzeit eingeführt hat, um die physikalischen Gesetze der Lösungen, namentlich die des Gefrierpunktes und der Dampfspannung, anschaulich formulieren zu können. Realisieren und messen läßt sich der osmotische Druck nur verhältnismäßig unvollkommen, weil dazu sehr komplizierte Vorrichtungen, sog. semipermeable Wände, notwendig sind. Um so mehr muß man den intuitiven Scharfblick bewundern, welcher den großen Forscher auf Grund eines recht dürftigen Beobachtungsmaterials zu der Formulierung der nach ihm benannten Gesetze geleitet hat. In der heutigen Fassung dieser Gesetze bedarf man des osmotischen Druckes so wenig, wie für die der Bewegungsgesetze der NEWTONSchen Kraft.

Es gibt aber auch noch ganz andere Arten von Gedankenbrücken hoher Anschaulichkeit, welche sich für die Bildung fruchtbarer Arbeitshypothesen als sehr wertvoll, aber doch im weiteren Verlauf der Entwicklung dem Fortschritt als direkt hinderlich erwiesen haben. Eine derselben verdient es noch ganz besonders, hier hervorgehoben zu werden. Wie man sich gewöhnt hatte, hinter allen Veränderungen in der Natur eine ursächlich wirkende Kraft zu vermuten, so war man entsprechend leicht geneigt, eine jede unveränderliche, konstante Größe sich als eine *Substanz* vorzustellen. Der Substanzbegriff hat von jeher in der Physik eine bedeutende, aber, wie eine nähere Betrachtung ergibt, nicht immer unbedingt förderliche Rolle gespielt. Zunächst ist ja leicht einzusehen, daß sich jeder sog. Erhaltungssatz substantiell deuten läßt, und diese Vorstellung ist gewiß vorzüglich geeignet, den Inhalt des Satzes zu veranschaulichen und dadurch seine Benutzung zu erleichtern. Können wir uns doch kaum ein anschaulicheres Bild machen von einer Größe, welche durch alle ihre Veränderungen hindurch stets ihre Quantität behält, als indem wir an einen bewegten materiellen Körper denken. Damit hängt gewiß auch das Bestreben zusammen, überhaupt alle Vorgänge in der Natur auf Bewegungen von Substanzmengen, also auf Mechanik, zurückzuführen. So wurde die Erzeugung und Ausbreitung des Lichtes anschaulich gemacht durch die Wellenbewegung eines substantiellen Lichtäthers, und in der Tat gelang es auf diesem Wege, die wichtigsten Gesetze der Optik in Übereinstimmung mit der Erfahrung abzuleiten, bis dann einmal doch der Zeitpunkt kam, wo die substantiell-mechanische Theorie ihren Dienst versagte und sich in unfruchtbare Spekulationen verlor.

Auch auf dem Gebiet der Wärme hat der Substanzbegriff eine Zeitlang Treffliches geleistet. Die sorgfältige Ausbildung, welche die Calorimetrie in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts erfuhr, erfolgte wesentlich unter dem Gesichtspunkt

der Annahme eines Hinüberströmens der unveränderlich bleibenden Wärmesubstanz aus dem wärmeren in den kälteren Körper. Als dann der Nachweis geführt wurde, daß die Quantität der Wärme auch vermehrt werden kann, z. B. durch Reibungsvorgänge, stellte sich die Substanztheorie zur Wehr und suchte ihr Heil in Zusatzhypothesen, was ihr zwar eine geraume Zeit hindurch, aber schließlich doch nicht auf die Dauer gelingen konnte.

In der Elektrizitätslehre zeigen sich schon bei oberflächlicher Betrachtung die bedenklichen Folgen, welche eine Überspannung substantieller Vorstellungen mit sich bringen kann. Zwar wird auch hier der Satz von der Unveränderlichkeit der Elektrizitätsmenge und daran anschließend der Begriff der elektrischen Strömung und das Gesetz der Wechselwirkungen geladener und stromdurchflossener Leiter vorzüglich veranschaulicht durch die Vorstellung einer feinen, leicht beweglichen, mit gewissen Kraftäußerungen begabten elektrischen Substanz. Aber hier versagt die Analogie schon bei der Berücksichtigung des Umstandes, daß man dann zwei entgegengesetzte, eine positive und eine negative Substanz, annehmen muß, welche sich bei der Vereinigung gegenseitig vollkommen neutralisieren, — ein Vorgang, der bei gewöhnlichen Substanzen jedenfalls undenkbar ist, ebenso wie die Erzeugung zweier entgegengesetzter Substanzen aus dem Nichts.

So sehen wir, wie die Vorstellungsbilder und die ihnen entspringenden Anschauungen zwar für die physikalische Forschung unentbehrlich sind und schon ungezählte Male den Schlüssel zur Eröffnung neuer Bahnen der Erkenntnis geliefert haben, aber doch mit großer Vorsicht behandelt werden müssen, selbst wenn sie sich eine Zeitlang bewährt haben. Der einzige sichere Führer auf dem Weg der weiteren Entwicklung bleibt stets die Messung und was aus den an sie unmittelbar anschließenden Begriffen auf logischem Wege gefolgert werden kann. Alle anderweitigen Schlüsse, und gerade solche, welche sich durch eine gewisse unmittelbare sog. Evidenz auszeichnen, sind immer mit einem gewissen Mißtrauen zu betrachten. Denn über die Bündigkeit eines Beweises, der von wohldefinierten Begriffen handelt, entscheidet nicht die Anschauung, sondern der Verstand.

II.

Wir haben bisher unser Augenmerk hauptsächlich der Frage zugewendet, auf welchem Wege man zur Erkenntnis physikalischer Gesetze gelangt; jetzt wollen wir einmal weiter dazu übergehen, den Inhalt und das eigentliche Wesen der physikalischen Gesetzmäßigkeit etwas näher ins Auge zu fassen.

Ein physikalisches Gesetz findet seinen Ausdruck gewöhnlich in einer mathematischen Formel, welche es gestattet, für irgendein vorliegendes, bestimmten gegebenen Bedingungen unterworfenen physikalisches Gebilde den zeitlichen Ablauf der

darin stattfindenden Vorgänge zu berechnen. Von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet lassen sich alle physikalischen Gesetze ihrem Inhalt nach ohne weiteres in zwei große Gruppen teilen.

Die Gesetze der ersten Gruppe sind dadurch gekennzeichnet, daß sie ihre Gültigkeit unverändert behalten, wenn man in ihnen das Vorzeichen der Zeit umkehrt, oder anders ausgedrückt: wenn jeder Vorgang, der ihre Forderungen erfüllt, auch rückwärts verlaufen kann, ohne mit ihnen in Widerspruch zu kommen. Beispiele hierfür sind die Gesetze der Mechanik und die Gesetze der Elektrodynamik, wofern von thermischen und chemischen Wirkungen abgesehen wird. Jeder rein mechanische oder elektrodynamische Vorgang kann auch in umgekehrter Richtung verlaufen. Ein reibungslos fallender Körper wird nach dem nämlichen Gesetze beschleunigt, wie ein reibungslos emporfliegender Körper verzögert wird, ein Pendel schwingt unter denselben Bedingungen nach links wie nach rechts, eine Welle kann sich ebenso nach der einen Seite wie nach der anderen fortpflanzen, ebenso nach außen wie nach innen, ein Planet kann sich ebenso in dem einen Sinne, wie in dem anderen Sinne um die Sonne bewegen. Ob und wie die Umkehrung der Bewegung wirklich realisiert werden kann, ist eine ganz andere Frage, auf die wir hier nicht einzugehen brauchen. Hier handelt es sich nur um das Gesetz selber, nicht um die besonderen Daten, auf welche es Anwendung findet.

Die Gesetze der zweiten Gruppe werden dadurch charakterisiert, daß in ihnen das Vorzeichen der Zeit eine wesentliche Rolle spielt. Daher sind die ihnen gehorchenden Vorgänge einseitig gerichtet, irreversibel. Zu diesen Vorgängen gehören alle diejenigen, bei welchen die Wärme und die chemische Verwandtschaft eine Rolle spielt. Bei der Reibung wird die relative Geschwindigkeit stets vermindert, niemals erhöht, bei der Wärmeleitung wird der kältere Körper stets erwärmt, der wärmere stets abgekühlt, bei der Diffusion schreitet die Vermischung der beiden sich mischenden Substanzen immer im Sinne fortschreitender Vermengung, niemals in dem einer Entmischung fort. Daher führen die irreversibeln Vorgänge stets zu einem bestimmten Endziel: die Reibung zum relativen Ruhezustand, die Wärmeleitung zum Ausgleich der Temperaturen, die Diffusion zur vollkommenen Gleichmäßigkeit der Mischung, während dagegen die reversibeln Vorgänge, sofern keine Eingriffe von außen erfolgen, keinen Anfang und kein Ende kennen, sondern in einem ewigen Hin und Her bestehen.

Wie gelingt es nun, diese beiden ganz entgegengesetzten Arten von Gesetzen unter einen Hut zu bringen, wie es doch im Interesse der Vereinheitlichung des physikalischen Weltbildes unbedingt gefordert werden muß? Vor einem Menschenalter gab es eine stark in den Vordergrund tretende Richtung in der theoretischen Physik, die sog. Energetik, welche darauf hinarbeitete, den Gegen-

satz dadurch aufzuheben, daß sie beispielsweise den Übergang der Wärme von höherer zu tieferer Temperatur in vollständige Analogie stellte zu dem Herabsinken eines Gewichtes oder eines Pendels aus einer höheren in eine tiefere Lage. Dabei blieb aber der wesentliche Punkt unberücksichtigt, daß ein Gewicht auch emporfliegen kann, und daß ein Pendel, wenn es seinen tiefsten Punkt erreicht hat, auch seine größte Geschwindigkeit besitzt und infolge seiner Trägheit die Gleichgewichtslage nach der entgegengesetzten Seite hin überschreitet, während im Gegensatz dazu die Wärmeströmung von einem wärmeren zu einem kälteren Körper um so mehr nachläßt, je geringer die Temperaturdifferenz wird, und von einem Überschreiten des Zustandes der Temperaturgleichheit vermöge einer Art von Trägheit keine Rede ist.

Wie man es auch wenden möge, der Gegensatz zwischen reversibeln und irreversibeln Prozessen bleibt bestehen, und es kann sich nur darum handeln, einen völlig neuen Gesichtspunkt ausfindig zu machen, von dem aus ein gewisser Zusammenhang der verschiedenartigen Gesetze miteinander erkennbar wird, womöglich in der Weise, daß die Gesetze der einen Gruppe irgendwie auf die der anderen zurückgeführt werden. Welche von den beiden soll man aber als die einfachere, elementarere ansehen, die der reversibeln oder die der irreversibeln Prozesse?

Darüber gibt schon eine äußerliche formale Betrachtung einigen Aufschluß. Eine jede physikalische Formel enthält außer veränderlichen Größen, welche in jedem Einzelfalle der besonderen Messung unterliegen, gewisse konstante Größen, welche ein für alle Mal bestimmt zu denken sind und welche dem in der Formel ausgedrückten funktionellen Zusammenhang zwischen den veränderlichen Größen das charakteristische Gepräge geben. Wenn man diese Konstanten näher ins Auge faßt, so findet man leicht, daß dieselben bei den reversibeln Vorgängen wirklich stets die nämlichen sind, da sie unter den verschiedensten äußeren Bedingungen immer wiederkehren, wie z. B. die Masse, die Gravitationskonstante, die elektrische Ladung, die Lichtgeschwindigkeit, während dagegen die Konstanten der irreversibeln Vorgänge, wie das Wärmeleitungsvermögen, der Reibungskoeffizient, die Diffusionskonstante, sich mehr oder weniger von den äußeren Umständen, z. B. von der Temperatur, vom Druck usw. abhängig zeigen.

Dieses tatsächliche Verhalten führt naturgemäß dazu, die Konstanten der ersten Gruppe als die einfacheren und die an sie anknüpfenden Gesetze als die elementaren, nicht weiter auflösbaren anzusehen, dagegen den Konstanten der zweiten Gruppe und den ihnen entsprechenden Gesetzen einen verwickelteren Charakter zuzuschreiben. Um diese Vermutung auf ihre Berechtigung hin zu prüfen, muß man die Betrachtungsweise um einen Grad verfeinern, man muß die Vorgänge sozusagen schärfer unter die Lupe nehmen. Sind

die irreversibeln Vorgänge wirklich von zusammengesetzter Art, so können die sie beherrschenden Gesetze nur sozusagen im Groben gelten, sie müssen statistischen Charakter besitzen, da sie nur für eine makroskopische summarische Betrachtung, also für die Mittelwerte aus einer großen Anzahl von verschiedenen Einzelvorgängen Bedeutung haben. Je mehr man die Zahl der zur Mittelwertbildung herangezogenen Einzelvorgänge einschränkt, umso deutlicher müssen sich zufällige Abweichungen von den makroskopischen Gesetzen bemerklich machen. Mit anderen Worten: wenn die geschilderte Anschauung wirklich zutrifft, so müssen die Gesetze der irreversibeln Vorgänge, die der Reibung, der Wärmeleitung, der Diffusion, mikroskopisch betrachtet, sämtlich ungenau sein, sie müssen in Einzelfällen Ausnahmen zulassen, Ausnahmen, die um so stärker hervortreten, je mehr man die Betrachtung verfeinert.

Gerade diese Schlußfolgerung ist es nun, die mit einer im Lauf der Zeit sich stets steigernden Sicherheit nach allen Richtungen durch die Erfahrung bestätigt wurde, was natürlich nur mit Hilfe einer außerordentlichen Verbesserung der Messungsmethoden gelingen konnte. Die große Annäherung, mit welcher die Gesetze der irreversibeln Vorgänge gelten, rührt lediglich her von der ungeheuren Anzahl der Einzelvorgänge, aus denen sie sich gewöhnlich zusammensetzen. Nehmen wir z. B. eine Flüssigkeit von überall gleichmäßiger Temperatur, so folgt aus dem makroskopischen Gesetz der Wärmeleitung, daß keinerlei Strömung von Wärme innerhalb der Flüssigkeit stattfindet. Dem ist aber, genau genommen, durchaus nicht so. Denn die Wärme wird bedingt durch die feinen schnellen Bewegungen der Flüssigkeitsmoleküle, und die Wärmeleitung infolgedessen durch den Austausch dieser Geschwindigkeiten beim Zusammenstoß. Gleichmäßigkeit der Temperatur bedeutet also nicht Gleichheit aller Geschwindigkeiten, sondern nur Gleichheit des Mittelwertes der Geschwindigkeiten für jedes Flüssigkeitsquantum, das eine sehr große Zahl von Molekülen umfaßt. Nehmen wir aber ein Quantum, das nur verhältnismäßig wenige Moleküle enthält, so wird der Mittelwert ihrer Geschwindigkeiten im Laufe der Zeit Schwankungen aufweisen, um so stärkere, je kleiner das Quantum gewählt ist. Diesen Satz können wir heute als eine experimentell vollkommen gesicherte Tatsache ansehen. Eine der augenfälligsten Illustrationen derselben bildet die sog. Brownsche Molekularbewegung, welche man durch das Mikroskop an kleinen in einer Flüssigkeit suspendierten Staubteilchen beobachten kann, die durch die Stöße der an sie prallenden unsichtbaren Flüssigkeitsmoleküle hin und her getrieben werden, um so lebhafter, je höher die Temperatur gewählt ist. Wenn wir nun weiter die Annahme machen, welcher grundsätzlich nichts im Wege steht, daß ein jeder einzelne Stoß ein reversibler Vorgang ist, für den die elementare strenge dynamische Ge-

setzlichkeit gilt, so können wir sagen, daß durch die eingeführte mikroskopische Betrachtungsweise die Gesetze der irreversiblen Vorgänge, oder daß die statistische grobe und angenäherte Gesetzmäßigkeit auf die dynamische, feine und absolute Gesetzmäßigkeit zurückgeführt worden ist.

Die großen Erfolge, welche durch die Einführung der statistischen Gesetzmäßigkeit auf zahlreichen Gebieten der physikalischen Forschung in der jüngsten Zeit erzielt worden sind, haben eine merkwürdige Wandlung in den Anschauungen der Physiker zeitweilig. Anstatt, wie früher, in der Energetik, das Auftreten irreversibler Prozesse zu leugnen oder wenigstens als zweifelhaft hinzustellen, wird jetzt vielfach der Versuch gemacht, die statistische Gesetzmäßigkeit in den Vordergrund zu rücken, alle bisher als dynamisch betrachteten Gesetze, sogar die Gravitation, auf statistische zurückzuführen, mit anderen Worten: eine absolute Gesetzmäßigkeit in der Natur ganz auszuschließen. In der Tat muß folgendes einleuchten: was wir in der Natur prüfen und messen können, läßt sich niemals durch ganz bestimmte Zahlen ausdrücken, sondern enthält immer eine gewisse, durch die unvermeidlichen Fehlerquellen der Messungen bedingte Unbestimmtheit. Daraus folgt, daß es uns niemals wird gelingen können, durch Messungen zu entscheiden, ob ein Gesetz in der Natur absolut genau gilt oder nicht. Und vom Standpunkt der allgemeinen Erkenntnistheorie aus kommen wir mit der Prüfung dieser Frage auch zu keinem anderen Ergebnis. Wenn wir, wie es uns gleich im Anfang entgegentrat, nicht einmal imstande sind, den Nachweis zu führen, daß in der Natur überhaupt eine Gesetzmäßigkeit besteht, so wird es uns um so weniger gelingen, von vornherein zu beweisen, daß diese Gesetzmäßigkeit eine absolute ist.

Man muß also vom logischen Standpunkt aus der Hypothese, daß es in der Natur nur statistische Gesetzmäßigkeit gibt, von vornherein volle Berechtigung zugestehen. Eine andere Frage ist, ob diese Annahme sich für die Forschung empfiehlt, und diese Frage möchte ich mit Entschiedenheit verneinen. Zunächst ist zu bedenken, daß nur die streng dynamische Gesetzmäßigkeit den Anforderungen unseres Erkenntnistriebes voll genügt, während dagegen jedes statistische Gesetz im Grunde unbefriedigend ist, einfach deshalb, weil es nicht genau gilt, sondern in Einzelfällen Ausnahmen zuläßt, und man stets vor der Frage steht, welches denn die Fälle sind, in welchen solche Ausnahmen eintreten.

Gerade derartige Fragen bilden nun aber den stärksten Antrieb zur Erweiterung und Verfeinerung der Forschungsmethoden. Wenn man die statistische Gesetzmäßigkeit als die letzte, tiefste annimmt, so liegt prinzipiell gar kein Grund vor, bei irgendeinem vorliegenden statistischen Gesetz nach den Ursachen der Schwankungserscheinungen zu fragen, während doch in Wirklichkeit gerade das Bestreben, hinter jeder statistischen Gesetzmäßigkeit

lichkeit eine dynamische, streng kausale zu suchen, uns die allerwichtigsten Fortschritte in der Erforschung der atomistischen Vorgänge gebracht hat.

Liegt aber andererseits ein Gesetz vor, welches sich bisher innerhalb der Messungsfehler stets als genau gültig erwiesen hat, so ist gewiß zuzugeben, daß man durch Messungen niemals endgültig wird feststellen können, ob es nicht vielleicht doch statistischer Natur ist. Aber es macht doch einen wesentlichen Unterschied, ob man durch theoretische Überlegungen veranlaßt wird, es als statistisch oder als dynamisch anzusehen. Denn im ersten Falle wird man unablässig durch stetige Verfeinerung der Messungsmethoden nach den Grenzen seiner Gültigkeit suchen, im zweiten wird man aber derartige Bemühungen für fruchtlos halten und sich dadurch manche unnütze Arbeit ersparen. Es sind in der Physik schon allzuvieler Anstrengungen auf Lösung von Scheinproblemen verwendet worden, als daß man solche Überlegungen für bedeutungslos halten dürfte.

Daher liegt es nach meiner Meinung durchaus im Interesse einer gesunden Fortentwicklung, nicht nur das Bestehen einer Gesetzmäßigkeit überhaupt, sondern auch den streng kausalen Charakter dieser Gesetzmäßigkeit mit zu den Postulaten der physikalischen Wissenschaft zu rechnen, wie das im Grunde bisher stets geschehen ist, und das Ziel der Forschung nicht eher als erreicht zu betrachten, als bis eine jede Beobachtung statistischer Gesetzmäßigkeit in eine oder mehrere dynamische aufgelöst ist. Dadurch soll die hohe praktische Bedeutung der Beschäftigung mit der statistischen Gesetzmäßigkeit durchaus nicht herabgesetzt werden. Wie die Meteorologie, die Geographie, die Sozialwissenschaft, so hat auch die Physik vielfach mit statistischen Gesetzen zu arbeiten. Aber ebenso wie niemand daran zweifelt, daß die sog. zufälligen Schwankungen in den klimatologischen Kurven, in der Bevölkerungsstatistik, in den Mortalitätstabellen in jedem einzelnen Fall streng kausal bedingt sind, so wird für den Physiker die Frage stets einen wohlberechtigten Sinn haben, warum von zwei benachbarten Uranatomen das eine um viele Millionen Jahre früher explodiert als das andere.

Die Voraussetzung einer strengen Kausalität wird auch die Wissenschaft vom geistigen Leben niemals entbehren können. Von Gegnern dieser Ansicht ist häufig die Tatsache der Willensfreiheit des Menschen ins Treffen geführt worden. Daß hier durchaus kein Widerspruch vorliegt, daß vielmehr die Willensfreiheit des Menschen vollkommen verträglich ist mit dem universellen Walten eines strengen Kausalgesetzes, habe ich bereits früher einmal ausführlich zu begründen Gelegenheit gehabt. Da meine Ausführungen hierüber stellenweise arg mißverstanden worden sind, und da der Gegenstand doch gewiß bedeutendes Interesse besitzt, so bitte ich um die Erlaubnis, auch noch auf diesen Punkt hier mit einem kurzen Wort eingehen zu dürfen.

Das Kausalgesetz verlangt, daß sowohl die Handlungen als auch die seelischen Vorgänge, insbesondere auch die Willensmotive eines jeden Menschen, in irgendeinem Augenblick vollständig bestimmt sind durch den Zustand seiner gesamten Innenwelt im vorhergehenden Augenblick und die hinzutretenden Einflüsse der Umwelt. Wir haben keinerlei Grund, an der Richtigkeit dieses Satzes irgendwie zu zweifeln. Denn bei der Frage der Willensfreiheit handelt es sich gar nicht darum, ob es einen derartigen bestimmten Zusammenhang gibt, sondern es handelt sich darum, ob dieser Zusammenhang dem Betreffenden selber erkennbar ist. Einzig und allein dieser Punkt ist es, an welchem die Entscheidung darüber haftet, ob der Mensch sich frei fühlen kann oder nicht. Nur wenn jemand imstande wäre, allein auf Grund des Kausalgesetzes seine eigene Zukunft vorauszusehen, müßte man ihm das Bewußtsein der Willensfreiheit absprechen. Ein solcher Fall ist aber deshalb unmöglich, weil er einen logischen Widerspruch enthält. Denn jedes vollständige Erkennen setzt voraus, daß das zu erkennende Objekt durch innere Vorgänge im erkennenden Subjekt nicht verändert wird, und diese Voraussetzung ist hin-fällig, wenn Objekt und Subjekt identisch werden. Oder konkreter gesprochen: da die Erkenntnis irgendeines Willensmotives im eigenen Innern ein Erlebnis ist, aus welchem ein neues Willensmotiv entspringen kann, so vermehrt sich durch sie die Zahl der möglichen Willensmotive. Diese Feststellung bringt eine neue Erkenntnis, die abermals ein neues Willensmotiv zeitigen kann, und so geht die Kette der Schlußfolgerungen weiter, ohne daß man jemals zur Feststellung des für eine zukünftige eigene Handlung endgültig ausschlaggebenden Motivs gelangen kann, d. h. zu einer Erkenntnis, die nicht abermals ihrerseits ein neues Willensmotiv auslöst.

Wer den Sinn dieser Überlegung bezweifelt und nicht einzusehen vermag, warum ein hinreichend intelligenter Geist nicht imstande sein sollte, die kausalen Bedingungen seines gegenwärtigen Ich vollständig zu begreifen, der dürfte eigentlich auch nicht einsehen können, warum ein Riese, der so groß ist, daß er auf jedermann herabschaut, nicht auch imstande sein sollte, auf sich selber herabzuschauen. Nein, aus dem Kausalgesetz allein wird auch der klügste Mann niemals die entscheidenden Motive für seine eigenen bewußten Handlungen ableiten können; dazu bedarf er einer anderen Richtschnur, nämlich eines Sittengesetzes, für welches auch die höchste Intelligenz und die feinste Selbstanalyse keinen Ersatz zu bieten vermag.

III.

Doch zurück zur Physik, wo derartige Entwicklungen, wie die soeben besprochene, von vornherein ausgeschlossen sind. Es liegt mir daran, Ihnen hier noch die wichtigsten charakteristischen Merkmale zu schildern, welche das Bestreben, alle

physikalischen Vorgänge auf dem beschriebenen Wege in einen streng kausalen Zusammenhang zu bringen, dem gegenwärtigen physikalischen Weltbild eingepreßt hat. Schon ein flüchtiger Blick zeigt die enorme Veränderung des Bildes gegenüber dem Zustand zu Beginn dieses Jahrhunderts. Man darf wohl sagen, daß eine derartige stürmische Entwicklung seit den Tagen GALILEIS und NEWTONS nicht vorgekommen ist, und wir sind stolz darauf, daß diesmal die deutsche Wissenschaft einen sehr wesentlichen Anteil an ihr genommen hat. Den Anstoß gab naturgemäß die mit den Fortschritten der Technik auf das engste zusammenhängende außerordentliche Verfeinerung der Messungsmethoden, welche dann ihrerseits zur Feststellung von neuen Tatsachen und dadurch auch zur Revision und Erweiterung der Theorie führte. Besonders zwei neue Ideen sind es, die der heutigen Physik ihr charakteristisches Gepräge geben. Sie sind niedergelegt einerseits in der Relativitätstheorie, andererseits in der Quantenhypothese; jede in ihrer Art zugleich umwälzend und fruchttragend, aber doch einander gänzlich fremd und in gewissem Sinne sogar gegensätzlich. Von ihnen lassen Sie mich einiges berichten, soweit es die mir noch zur Verfügung stehende Zeit gestattet.

Die *Relativitätstheorie* war eine Zeitlang, man kann sagen, in aller Munde. Die Auseinandersetzungen für und gegen sie wirkten sich in die weitesten Kreise aus, bis hinein in die Tagespresse, wo von Berufenen und noch mehr von Unberufenen um sie gestritten wurde. Heute ist darin eine gewisse Beruhigung eingetreten, worüber wohl niemand eine aufrichtigere Befriedigung empfinden dürfte als der Urheber der Theorie selber. Das öffentliche Interesse scheint einigermaßen gesättigt und hat sich zur Zeit anderen Modethemen zugewendet. Mancher dürfte nun vielleicht geneigt sein, daraus den Schluß zu ziehen, daß die Relativitätstheorie ihre Rolle in der Wissenschaft jetzt ziemlich ausgespielt habe. Soweit ich beurteilen kann, ist gerade das Gegenteil der Fall. Die Relativitätstheorie ist heute zu einem so festen Bestandteil des physikalischen Weltbildes geworden, daß man von ihr, wie von allem Selbstverständlichen, kein besonderes Aufhebens mehr macht. Und in der Tat: so neuartig und revolutionierend die Idee der speziellen und der allgemeinen Relativität im ersten Augenblick ihres Auftretens auf die ganze physikalische Welt gewirkt hat: ihre Behauptungen und ihre Angriffe richteten sich im Grunde gar nicht gegen die großen anerkannten und bewährten Gesetze der Physik, sondern nur gegen gewisse, allerdings tief eingewurzelte, aber doch lediglich gewohnheitsmäßige Anschauungen, von der Art derer, die, wie ich schon oben zu schildern versuchte, für das erste Verständnis physikalischer Zusammenhänge sehr nützlich sind, die aber abgestoßen werden müssen, wenn es sich als notwendig herausstellt, die Zusammenhänge zu verallgemeinern und zu vertiefen.

Als ein besonders lehrreiches Beispiel will ich hier nur herausgreifen den Begriff der *Gleichzeitigkeit*. Nichts scheint dem unbefangenen Beobachter selbstverständlicher, als daß es einen bestimmten Sinn hat zu sagen, zwei Ereignisse, die an zwei voneinander entfernten Orten stattfinden, etwa das eine auf der Erde, das andere auf dem Mars, seien gleichzeitig. Denn es ist einem jeden unbenommen, in Gedanken beliebig große Entfernungen vollkommen zeitlos zu überfliegen und die beiden Ereignisse in der inneren Anschauung direkt nebeneinander zu stellen. Auch muß immer wieder betont werden, daß die Relativitätstheorie an dieser Wahrheit nichts geändert hat. Im Vertrauen auf sie kann ein jeder, wofern er nur über hinreichend genaue Messungsinstrumente verfügt, vollkommen zweifelsfrei feststellen, ob die Ereignisse gleichzeitig sind, und er wird, wenn er die Zeitmessung auf verschiedene Weise, mit verschiedenen Instrumenten, die sich gegenseitig kontrollieren, korrekt ausgeführt, immer auf das nämliche Resultat kommen. Insofern bleibt also alles beim alten.

Aber nach der Relativitätstheorie darf er es nicht als selbstverständlich voraussetzen, daß ein anderer relativ zu ihm bewegter Beobachter sich die beiden Ereignisse auch als gleichzeitig denken muß. Denn die Gedanken und die Anschauungen eines Menschen sind nicht immer die Gedanken und die Anschauungen eines anderen Menschen. Wenn nun die beiden Beobachter sich über den Inhalt ihrer Gedanken und Anschauungen auseinandersetzen, so wird ein jeder sich auf seine Messungen berufen, und da wird es sich herausstellen, daß die beiden bei der Deutung ihrer Messungen von ganz verschiedenen Voraussetzungen ausgegangen sind. Welche Voraussetzung aber die richtige ist, wird sich ebensowenig entscheiden lassen wie die Meinungsverschiedenheit darüber, welcher von den beiden Beobachtern sich in Ruhe und welcher sich in Bewegung befindet. Auf diesen Punkt kommt es aber wesentlich an; denn der Gang einer Uhr wird, wie jedenfalls nicht verwunderlich ist, von der Geschwindigkeit beeinflußt, mit der die Uhr von der Stelle bewegt wird, und daraus folgt, daß die Uhren der beiden Beobachter verschieden gehen. Das Schlussergebnis ist also, daß ein jeder der beiden mit gleichem Recht von sich behaupten kann, daß er selber sich in Ruhe befindet und daß seine Zeitmessung die richtige ist, während doch der eine Beobachter zwei Ereignisse für gleichzeitig hält, die es nach dem anderen nicht sind. Derartige Gedankengänge sind gewiß eine harte Zumutung für unser Vorstellungsvermögen, aber das geforderte Opfer an Anschaulichkeit erweist sich als verschwindend geringfügig gegen die unschätzbaren Vorteile einer großartigen Verallgemeinerung und Vereinfachung des physikalischen Weltbildes.

Wer aber trotzdem von der Meinung nicht loskommen kann, daß die Relativitätstheorie schließlich doch an irgendeinem inneren Widerspruch

leidet, der möge bedenken, daß eine Theorie, deren vollständiger Inhalt sich in eine mathematische Formel fassen läßt, sich selber so wenig widersprechen kann, wie es zwei verschiedene Folgerungen tun können, die beide aus der nämlichen Formel fließen. Unsere Anschauungen müssen sich eben nach den Ergebnissen der Formel richten, nicht umgekehrt.

Die letzte Entscheidung über die Zulässigkeit und über die Bedeutung der Relativitätstheorie liegt freilich, wie selbstverständlich, bei der Erfahrung, und gerade der Umstand, daß überhaupt eine Prüfung an der Erfahrung möglich ist, muß als das wichtigste Zeugnis für die Fruchtbarkeit der Theorie angesehen werden. Bisher hat sich keinerlei Widerspruch mit der Erfahrung feststellen lassen, was ich hier gegenüber gewissen neuerdings auch in die breite Öffentlichkeit gelangten Nachrichten besonders betonen möchte. Aber auch derjenige, welcher aus irgendeinem Grunde das Auftreten eines Widerspruches mit der Erfahrung für möglich oder für wahrscheinlich hält, kann von seinem Standpunkt aus nichts Besseres tun, als an dem Ausbau der Relativitätstheorie mitzuarbeiten und ihre Konsequenzen immer weiter zu treiben. Denn dies wird das einzige Mittel sein, um sie an der Hand der Erfahrung zu widerlegen. Eine solche Arbeit wird dadurch erleichtert, daß die Aussagen der Relativitätstheorie eindeutig und verhältnismäßig durchsichtig sind, und daß sie sich vortrefflich der klassischen Physik einfügen lassen.

Ja, wenn nicht Bedenken historischer Art im Wege ständen, würde ich für meinen Teil keinen Augenblick zögern, die Relativitätstheorie noch mit zur klassischen Physik zu rechnen. Denn sie hat dieser Physik erst gewissermaßen die Krone aufgesetzt, indem sie mit der Verschmelzung von Raum und Zeit auch die Begriffe der Masse und der Energie sowie die der Gravitation und der Trägheit unter einem höheren Gesichtspunkt vereinigt hat. Die Frucht dieser neuen Auffassung ist die tadellos symmetrische Form, welche nunmehr die Erhaltungssätze für Energie und Impuls annehmen, als gleichwertige Folgerungen aus dem Prinzip der kleinsten Wirkung, diesem umfassendsten aller physikalischen Gesetze, welches die Mechanik in gleichem Maße beherrscht wie die Elektrodynamik. —

Diesem imposanten Aufbau von wunderbarer Harmonie und Schönheit steht nun gegenüber die *Quantenhypothese*, als ein fremdartiger bedrohlicher Sprengkörper, welcher schon heute einen klaffenden Riß, von unten bis oben, durch das ganze Gebäude gezogen hat. Die Quantenhypothese ist nicht, gleich der Relativitätstheorie, wie aus einem Guß, als ein einfacher in sich geschlossener Gedanke durchsichtigen Inhalts auf den Plan getreten, um durch einen prinzipiell hochbedeutsamen, aber praktisch in den meisten Fällen kaum merklichen Eingriff die bis dahin bekannten Begriffe und Zusammenhänge der Physik zu modifizieren, sondern

sie hat sich anfangs auf einem ganz speziellen Gebiete, bei der Aufklärung der Gesetze der Wärmestrahlung, wo die klassische Theorie in eine schwere Verlegenheit geraten war, als einziger rettender Ausweg dargeboten. Als es sich dann aber zeigte, daß sie auch noch ganz andere Probleme, wie die der lichtelektrischen Wirkungen, der spezifischen Wärme, der Ionisierung, der chemischen Reaktionen, welche der klassischen Theorie gewisse Schwierigkeiten bereiteten, ihrerseits entweder sofort spielend löste oder wenigstens auffallend förderte, war es bald entschieden, daß sie nicht nur als Arbeitshypothese, sondern als ein neues grundlegendes physikalisches Prinzip zu bewerten ist, dessen Bedeutung überall da sichtbar wird, wo es sich um feine schnelle Vorgänge handelt.

Das Bedenkliche dabei ist nun aber, daß die Quantenhypothese nicht nur den bisherigen Anschauungen widerspricht — das wäre nach dem oben gesagten noch verhältnismäßig leicht zu ertragen — sondern daß sie, wie sich mit der Zeit immer deutlicher herausgestellt hat, einige der für den Aufbau der klassischen Theorie durchaus notwendigen Grundvoraussetzungen geradezu leugnet. Die Einführung der Quantenhypothese bedeutet daher nicht, wie die der Relativitätstheorie, eine Modifikation, sondern eine Durchbrechung der klassischen Theorie.

Selbstverständlich würde nun an sich nichts im Wege stehen, ja man würde sich notwendig dazu entschließen müssen, die klassische Theorie ganz zu opfern, wenn die Quantenhypothese ihr wirklich in allen Punkten entweder überlegen oder wenigstens gleichwertig wäre. Das ist aber auch wiederum durchaus nicht der Fall. Denn es gibt Gebiete der Physik, so besonders das weite Gebiet der Interferenzerscheinungen, in denen sich die klassische Theorie auch den feinsten Messungen gegenüber bis in alle Einzelheiten bewährt hat, während die Quantenhypothese, wenigstens in ihrer einfachsten Form, dort überhaupt versagt, und zwar nicht nur in dem Sinne, daß sie nicht anwendbar wäre, sondern so, daß sie bestimmte Resultate liefert, die mit der Erfahrung nicht übereinstimmen.

So ist es denn gekommen, daß heute jede der beiden Theorien sozusagen ihre besondere Domäne hat, wo sie sich unangreifbar fühlen kann, und daß auf zwischenliegenden Gebieten, wie z. B. bei den Erscheinungen der Dispersion und der Zerstreuung des Lichtes, ein gewisser hin und her wogender Konkurrenzkampf sich abspielt, bei dem beide Theorien annähernd dasselbe leisten, so daß die Physiker je nach ihrer persönlichen Einstellung bald mit der einen, bald mit der anderen Theorie arbeiten — gewiß für jeden, der sich ernsthaft bemüht, nach realen Zusammenhängen zu suchen, ein höchst unbehaglicher, ja auf die Dauer ganz unerträglicher Zustand.

Zur näheren Illustration dieser eigentümlichen Verhältnisse lassen Sie mich aus dem überaus reichen hier vorliegenden Material an experi-

menteller und theoretischer Forschungsarbeit hier nur ein einziges ganz spezielles Stück herausgreifen, indem ich an zwei einfache Tatsachen anknüpfe. Denken wir uns zwei dünne Strahlenbündel violetten Lichtes, welche dadurch erzeugt sind, daß man einer punktförmigen Lichtquelle einen undurchsichtigen Schirm mit zwei kleinen Löchern gegenüberstellt. Wenn die aus den beiden Löchern austretenden Strahlenbündel mittelst geeigneter Spiegelung so gelenkt werden, daß sie auf einer entfernten weißen Wand zusammentreffen, so erscheint der von ihnen gemeinsam auf der Wand erzeugte Lichtfleck nicht gleichmäßig hell, sondern von dunklen Streifen durchzogen. Das ist die eine Tatsache. Die andere ist die, daß irgendein lichtempfindliches Metall, welches einem dieser Strahlenbündel in den Weg gestellt wird, fortwährend Elektronen mit einer ganz bestimmten von der Lichtstärke unabhängigen Geschwindigkeit von sich schleudert.

Läßt man nun die Intensität der Lichtquelle immer schwächer werden, so bleibt nach allen bisherigen Erfahrungen in dem ersten Falle das Streifenbild völlig ungeändert, nur die Beleuchtungsstärke nimmt entsprechend ab. In dem anderen Fall bleibt aber auch die Geschwindigkeit der ausgeschleuderten Elektronen völlig ungeändert, nur findet das Ausschleudern weniger häufig statt.

Wie trägt nun die Theorie diesen beiden Tatsachen Rechnung? Die erste wird von der klassischen Theorie vortrefflich dadurch erklärt, daß in jedem Punkt der weißen Wand, welcher von beiden Strahlenbündeln gleichzeitig beleuchtet wird, die beiden dort zusammentreffenden Strahlen sich je nach dem Gangunterschied der entsprechenden Lichtwellen entweder schwächen oder verstärken. Die zweite Tatsache wird ebenso vortrefflich von der Quantentheorie dadurch erklärt, daß die Strahlungsenergie nicht in kontinuierlichem Flusse, sondern stoßweise in bestimmten mehr oder weniger zahlreichen gleichen unteilbaren Quanten auf das lichtempfindliche Metall trifft, und daß je ein auffallendes Quant ein Elektron aus dem Metallverband reißt. Dagegen sind bis jetzt alle Versuche gescheitert, entweder die Interferenzstreifen durch die Quantentheorie oder den photoelektrischen Effekt durch die klassische Theorie zu erklären. Denn wenn die Strahlungsenergie wirklich nur in unteilbaren Quanten fliegt, so kann ein von der Lichtquelle emittiertes Quant nur entweder durch das eine oder durch das andere Loch des undurchsichtigen Schirmes fliegen, es können also, bei hinreichend geringer Lichtstärke, unmöglich zwei verschiedene Strahlen gleichzeitig auf einem Punkt der weißen Wand zusammentreffen, und dann ist eine Interferenz ausgeschlossen. In der Tat verschwinden die Streifen stets vollständig, wenn man einen der beiden Strahlen ganz abblendet.

Wenn aber andererseits die von einer punktförmigen Lichtquelle emittierte Strahlungsenergie

sich nach allen Richtungen kontinuierlich über immer größere Räume ausbreitet, so muß sie eine entsprechende Verdünnung erleiden, und es ist nicht einzusehen, wie eine sehr schwache Bestrahlung einem Elektron eine ebenso große Austrittsgeschwindigkeit erteilen kann wie eine sehr starke. Natürlich sind die verschiedensten Versuche gemacht worden, um diese Schwierigkeit zu heben. Der nächstliegende ist wohl der, anzunehmen, daß die Energie der ausgeschleuderten Elektronen gar nicht der auffallenden Strahlung entnommen wird, sondern dem Innern des Metalls entstammt, so daß die Strahlung nur gewissermaßen eine auslösende Wirkung auf das Metall ausübt, wie ein Funke auf ein Pulverfaß. Es ist aber nicht gelungen, die wirksame Energiequelle nachzuweisen oder auch nur plausibel zu machen. Nach einer anderen Annahme soll die Bewegungsenergie der Elektronen zwar der auffallenden Strahlung entstammen, aber die Wirkung soll immer erst dann eintreten, wenn die Bestrahlung so lange gedauert hat, bis die zur Erzeugung einer bestimmten Geschwindigkeit erforderliche Energie vollständig beisammen ist. Das würde aber unter Umständen Minuten und Stunden in Anspruch nehmen, während tatsächlich die Wirkung häufig sehr viel früher eintritt.

Auf den tiefen Ernst der hier vorliegenden Schwierigkeiten wirft ein bezeichnendes Licht der Umstand, daß neuerdings von berufenster Seite sogar der Vorschlag gemacht worden ist, die Annahme der genauen Gültigkeit des Prinzips der Erhaltung der Energie zu opfern — ein Ausweg, der wohl mit gewissem Recht ein verzweifelter genannt werden darf, und der allerdings bald durch besondere Versuche als unzugänglich erwiesen werden konnte.

Während so bisher alle Versuche fehlschlagen, die Gesetze der Elektronenemission vom Standpunkt der klassischen Theorie aus zu begreifen, werden die nämlichen und noch manche andere Gesetzmäßigkeiten, die sich auf die Wechselwirkung von Strahlung und Materie beziehen, sofort verständlich und erscheinen sogar als notwendig, wenn man annimmt, daß die Lichtquanten als einzelne winzige Gebilde selbständig im Raum herumfliegen und beim Anprall auf Materie sich ähnlich verhalten wie wirkliche substantielle Atome.

Da wir uns aber doch notwendig für eine einzige Auffassung entscheiden müssen, so spitzt sich das ganze Problem im Grunde offenbar auf die Frage zu, ob die von der Lichtquelle emittierte Strahlungsenergie sich beim Verlassen der Lichtquelle spaltet, so daß ein Teil durch das eine, ein anderer durch das andere Loch des undurchsichtigen Schirmes geht, oder ob die Energie in unteilbaren Quanten abwechselnd durch eins der beiden Löcher fliegt. Diese Frage richtet sich an jede Theorie der Quanten, und jede Theorie ist genötigt, zu ihr irgendwie Stellung zu nehmen; doch hat bisher noch kein Physiker vermocht, sie befriedigend zu beantworten.

Es ist gelegentlich die Meinung ausgesprochen

worden, daß die Schwierigkeiten der Quantentheorie nicht eigentlich bei der Fortpflanzung der Strahlung im freien Luftraum, sondern im Grunde nur bei den Wechselwirkungen zwischen Strahlung und elektrisch geladener Materie auftreten. Dieser Meinung kann ich nicht beipflichten. Denn in der oben formulierten Frage ist nur von der Fortpflanzung der Strahlung die Rede, es fehlt jede Bezugnahme auf Wirkungen, welche die Strahlung ausübt, oder von denen sie herrührt.

Darf man dann aber überhaupt von der Energie der freien Strahlung als von etwas Reellem reden, da doch alle Messungen sich immer nur auf Vorgänge in materiellen Körpern beziehen? — Wenn wir wirklich an der genauen Gültigkeit des Energieprinzips festhalten wollen, was doch gerade durch die neueren Erfahrungen nahegelegt wird, so kann kein Zweifel darüber bestehen, daß dann einem jeden Strahlungsfeld ein ganz bestimmter, mehr oder weniger genau berechenbarer Betrag von Energie zugeschrieben werden muß, der durch Absorption von Strahlung vermindert, durch Emission vermehrt wird. Die Frage ist nur, wie sich diese Energie verhält. Und da kann es ebenso wenig zweifelhaft sein, daß wir, um einen Ausweg aus dem schwierigen Dilemma zu finden, uns dazu werden entschließen müssen, an den allerersten Voraussetzungen, von denen wir in der theoretischen Physik auszugehen gewöhnt sind, und die sich bisher allenthalben bewährt haben, gewisse Erweiterungen und Verallgemeinerungen vorzunehmen, — ein Ergebnis, das allerdings für unseren Erkenntnistrieb zunächst gewiß etwas Unbefriedigendes hat. Da es immerhin einige Beruhigung zu gewähren pflegt, wenn man wenigstens die Möglichkeit einer Lösung des Rätsels irgendwo offen sieht, so möchte auch ich der Versuchung nicht widerstehen, mit einigen Worten auf die Frage einzugehen, in welcher Richtung vielleicht der Ausweg gefunden werden könnte.

Das Radikalmittel, allen Schwierigkeiten zu entgehen, wäre ohne Zweifel die Preisgebung der üblichen Annahme, daß die Strahlungsenergie irgendwie lokalisiert ist, d. h. daß in jedem Raumteil eines bestimmten elektromagnetischen Feldes sich zu einer bestimmten Zeit ein bestimmter Energiebetrag vorfindet. Denn wenn man diese Voraussetzung fallen läßt, erledigt sich das ganze Problem einfach dadurch, daß die Frage, ob ein Lichtquant durch das eine oder durch das andere Loch des undurchsichtigen Schirmes fliegt, gar keinen bestimmten physikalischen Sinn hat. Indessen dürfte dieser letzte Ausweg aus dem Dilemma nach meiner Meinung wenigstens vorläufig doch noch einen etwas zu weitgehenden Verzicht darstellen. Denn da die Strahlungsenergie insgesamt einen ganz bestimmten angebbaren Wert besitzt, da ferner das elektromagnetische Vektorfeld, welches durch einen Strahl gebildet wird, mit seinem gesamten raumzeitlichen Verhalten durch die klassische Elektrodynamik bis in alle optische Einzelheiten in genauer Übereinstimmung

mit der Wirklichkeit dargestellt wird, und da endlich die Energie zugleich mit dem Felde entsteht und verschwindet, so wird sich die Frage nach der Art, wie die Energie im einzelnen durch das Feld im einzelnen bestimmt wird, nicht leicht von der Hand weisen lassen.

Wenn wir uns nun dazu entschließen, dieser Frage so weit als möglich nachzugehen, so scheint, um dem Zwang der gestellten Alternative zu entgehen, wohl der Gedanke naheliegend, daß man den gesetzlichen Zusammenhang, der zwischen einem Strahl, oder deutlicher gesprochen, zwischen einer elektromagnetischen Welle einerseits und zwischen der von ihr mitgeführten Energie andererseits besteht, zwar beibehält, aber nicht so einfach und so eng annimmt, als es die klassische Theorie tut. Nach der klassischen Theorie enthält nämlich jeder Teil einer elektromagnetischen Welle, auch der allerkleinsten, einen entsprechenden, seiner Größe proportionalen Betrag an Energie, der sich mit ihr zusammen ausbreitet. Wenn man diesen festen Zusammenhang lockert, d. h. wenn man es zuläßt, daß die Energie der Welle nicht in so direkter Weise bis in die feinsten Teile mit ihr verknüpft ist, so wird eine Möglichkeit dafür geschaffen, daß die von der Lichtquelle ausgesandte Welle sich in beliebig viele Teile spaltet, im Sinne der klassischen Theorie, und daß dennoch die Energie der Welle an bestimmten Stellen konzentriert ist, im Sinne der Quantentheorie. Der erste Umstand ermöglicht die Erklärung der Interferenzerscheinungen, dadurch daß auch die schwächste Welle teilweise durch das eine, teilweise durch das andere Loch des undurchsichtigen Schirmes geht, der andere Umstand ermöglicht die Erklärung des lichtelektrischen Effektes, dadurch daß die Welle ihre Energie immer nur in ganzen Quanten auf die Elektronen prallen läßt. Aber wie soll man sich einen Teil einer Lichtwelle ohne die seiner Größe entsprechende Energie denken? Das ist gewiß eine harte Zumutung, aber nach meiner Meinung ist das im Grunde nicht schwerer, als sich einen Teil eines Körpers ohne die seiner Dichte entsprechende Materie zu denken. Zu der letzteren Annahme sind wir aber bekanntlich durch die Tatsache genötigt, daß die Materie bei fortgesetzter räumlicher Teilung ihre einfachen Eigenschaften verliert, da ihre Masse nicht mehr dem von ihr eingenommenen Raume proportional bleibt, sondern sich in eine Anzahl diskreter Moleküle von bestimmter Größe auflöst. Ganz ähnlich könnte es bei der elektromagnetischen Energie und dem ihr zugeordneten Impuls sein.

Bisher war man gewohnt, die elementaren Gesetze der elektrodynamischen Vorgänge ausschließlich im unendlich Kleinen zu suchen. Man teilte alle elektromagnetischen Felder nach Raum und Zeit in unendlich kleine Teile und stellte ihr gesamtes gesetzliches Verhalten durch raumzeitliche Differentialgleichungen dar. In dieser Beziehung müssen wir offenbar von Grund aus umlernen. Denn es hat sich gezeigt, daß diese einfache

Gesetzlichkeit bei einer gewissen Grenze der Teilung ein Ende hat, und daß für noch feinere Vorgänge eine gewisse Komplizierung eintritt, von einer Form, die zu einer Atomisierung der raumzeitlichen Wirkungsgröße, also zu der Annahme von Wirkungselementen oder Wirkungsatomen drängt. In der Tat ist es sehr augenfällig und bemerkenswert, daß unter allen Gesetzen, in welchen das universelle Wirkungsquantum eine Rolle spielt, kein einziges durch eine Differentialgleichung ausgedrückt wird, sondern daß sie insgesamt sich auf endliche Räume und auf endliche Zeiten beziehen, nämlich auf bestimmte Schwingungsperioden, auf vollständige Umläufe, auf endliche Sprünge usw. Es scheint also, daß wir, um diesem Umstand gehörig Rechnung zu tragen, die Beziehungen zwischen unendlich benachbarten Größen wenigstens zum Teil ersetzen müssen durch Beziehungen zwischen endlich entfernten Größen. Dann tritt an die Stelle des Differentiales die Differenz, an die Stelle der Stetigkeit die Diskontinuität, an die Stelle der Analysis die Arithmetik.

Einen vielversprechenden Anfang in dieser Richtung bezeichnet die Begründung der sog. Quantenmechanik, wie sie neuerdings in den Händen der Göttinger Physiker HEISENBERG, BORN und JORDAN bereits schöne Erfolge gezeitigt hat. Aber erst die weitere Entwicklung muß zeigen, inwieweit wir auf dem durch die Quantenmechanik eröffneten Wege der Lösung unseres Problems näher kommen können. Denn auch die schönsten mathematischen Spekulationen schweben so lange in der Luft, als ihnen nicht durch bestimmte Erfahrungstatsachen ein fester Halt gegeben wird, und wir müssen hoffen und vertrauen, daß die Kunst der experimentierenden Physiker, welche schon in so manchen verfänglichen Fragen die zweifelsfreie Entscheidung gebracht hat, auch in dem vorliegenden schwierigen Falle das Dunkel aufhellen wird. Dann kann kein Zweifel darüber bestehen, daß der durch den Ansturm der Quantenhypothese von dem Gebäude der klassischen Physik abgesprengte Teil als wertloser Schutt zu Boden sinken und durch einen passenderen und festeren Anbau ersetzt werden wird.

Wir haben gesehen, wie die Physik, die noch vor einem Menschenalter zu den ältesten und ausgereiftesten Wissenschaften von der Natur gezählt werden konnte, gegenwärtig in eine Sturm- und Drangperiode eingetreten ist, die wohl die interessanteste von allen bisherigen zu werden verspricht. Ihre Überwindung wird uns nicht nur zur weiteren Entdeckung neuer Naturvorgänge, sondern sicherlich auch zu ganz neuen Einsichten in die Geheimnisse der Erkenntnistheorie führen. Vielleicht erwarten uns auf dem letzteren Gebiet noch manche Überraschungen, und es könnte sich wohl ereignen, daß dabei gewisse ältere, jetzt in Vergessenheit geratene Anschauungen wieder aufleben und eine neue Bedeutung zu gewinnen anfangen. Deshalb dürfte ein aufmerksames Stu-

dium der Anschauungen und Ideen unserer großen Philosophen auch in dieser Richtung sehr förderlich wirken können.

Es hat Zeiten gegeben, in denen sich Philosophie und Naturwissenschaft fremd und unfreundlich gegenüberstanden. Diese Zeiten sind längst vorüber. Die Philosophen haben eingesehen, daß es nicht angängig ist, den Naturforschern Vorschriften zu machen, nach welchen Methoden und zu welchen Zielen hin sie arbeiten sollen, und die Naturforscher sind sich klar darüber geworden,

daß der Ausgangspunkt ihrer Forschungen nicht in den Sinneswahrnehmungen allein gelegen ist, und daß auch die Naturwissenschaft ohne eine gewisse Dosis Metaphysik nicht auskommen kann. Gerade die neuere Physik prägt uns die alte Wahrheit wiederum mit aller Schärfe ein: es gibt Realitäten, die unabhängig sind von unseren Sinnesempfindungen, und es gibt Probleme und Konflikte, in denen diese Realitäten für uns einen höheren Wert besitzen als die reichsten Schätze unserer gesamten Sinnenwelt.

Giovanni Battista Grassi.

Ein großer Zoologe und Parasitologe Italiens.

Von CONSTANTIN JANICKI, Warschau.

(Schluß.)

Unter dem Einfluß von PATRICK MANSON begann eine neue Ära in der **Malariaforschung**, nachdem die Rolle und das Schicksal des Parasiten im menschlichen Organismus durch frühere ausgedehnte Untersuchungen — namentlich von GOLGI sowie von MARCHIAFAVA und CELLI — geklärt worden war. Nach eigener Entdeckung war MANSON ein Moskito als Zwischenwirt der Blutfilarie des Menschen, *Filaria sanguinis*, bekannt. Die Moskitotheorie der Malaria gewann an Wahrscheinlichkeit. Auf das Anraten MANSONS unternahm RONALD ROSS, Militärarzt in Indien, Untersuchungen über menschliche Malaria (1895).

Das Problem erwies sich als von Schwierigkeiten strotzend. Versucht wurde vielerlei: gesunden Personen wurde Wasser zu trinken gegeben, in dem Moskitos zerdrückt waren, die vorher an Malariakranken gesaugt hatten, desgleichen Wasser mit Psorospermien aus den MALPIGHISCHEN Gefäßen derartiger Moskitos (beidemale angeblich mit einigen positiven Resultaten); außerdem wurden Moskitos, nicht nach den Prinzipien der wissenschaftlichen Systematik bestimmt, aus Larven gezüchtet und mit Krankenblut genährt, zunächst ohne Resultat; sodann bei Anwendung einer besonderen Art „dappled-winged mosquitoes“ in sehr wenigen Exemplaren mit dem Resultat, in zwei der Moskitos pigmentierte Zellen von verdächtigem Habitus gefunden zu haben (1897); später (1898), in ähnlicher Weise, zweimaliger Befund von zum Teil großen pigmentierten Zellen in einem Moskito mit gefleckten Flügeln resp. in einem grauen Moskito. ROSS selbst äußerte sich seinerzeit sehr vorsichtig und kritisch über diese zwar mühevoll errungenen, aber doch fragmentarischen und u. a. eine Deutung als pathologische Zellen zulassenden Befunde. FR. ECKSTEIN, der vom Standpunkt eines Entomologen die Sachlage sehr genau nachgeprüft hatte, äußert sich wie folgt über die Berichte von ROSS: „Seine allgemeinen Angaben über die Moskitos sind derart dürftig, daß man daraus ebenso wie aus der darauffolgenden Beschreibung entnehmen kann, daß es ROSS zunächst gar nicht auf die genaue Beschreibung

des übertragenden Insekts ankam, sondern auf die Feststellung der Entwicklung des Parasiten in einer Mücke überhaupt“¹⁾.

Nicht imstande, den Entwicklungszyklus der menschlichen Malaria festzustellen, zum Teil wohl auch auf Grund von sehr ungünstigen, durch eine Pestepidemie hervorgerufenen Verhältnissen, wandte sich ROSS, gleichfalls in Indien, der Vogel-malaria zu (1898). Wir wissen heute, daß hier das Experimentieren mit dem einen der Malariaparasiten (*Proteosoma praecox* GRASSI e FELETTI 1890) viel leichter ist, als mit der menschlichen Malaria; die hohe Temperatur Indiens war überdies dem Verlauf der Experimente sehr günstig. Es gelang ihm, „grey-mosquitoes“, die an kranken Sperlingen gesaugt hatten, mit den Parasiten zu infizieren, die Sporozoiten in den Speicheldrüsen des Insekts wurden entdeckt und ihre Übertragung beim Stich in das Blut des Vogels festgestellt. Der Prozeß der Befruchtung wurde durch MACCALLUM im Jahre 1897 bei *Halleridium* aus dem Blut von *Corvus americanus* entdeckt. ROSS schließt per analogiam, daß die menschlichen Parasiten einen ähnlichen Zyklus in den Moskitos und vielleicht auch in anderen Insekten hätten. Außerdem aber wurde durch ROSS den sog. „schwarzen Sporen“, nach ihm „formes durables“, der menschlichen Malaria Bedeutung zugeschrieben; sie sollten in Wasser außerhalb des Insekts reifen, auf die Larve, sodann auf Imago übergehen, und derart könnten die Parasiten in mehreren Generationen von Insekten sich aufhalten, ohne einen Übergang in den Menschen durchaus nötig zu haben.

Auch auf dem Kontinent hatte die Moskitotheorie der Malaria Anhänger gefunden, zum Teil schon früher, zum Teil gleichzeitig mit dem oben Geschilderten. LAVERAN, BIGNAMI, DIONISI und ROBERT KOCH suchten es wahrscheinlich zu machen,

¹⁾ Vgl. FRITZ ECKSTEIN, Zur Entdeckungsgeschichte der Malaria. Zool. Anz. 58, 148. 1924. Siehe ferner: B. GRASSI, Nach fünfundzwanzig Jahren, Zentrabl. f. Bakteriologie, Parasitenk. u. Infektionskrankh., Abt. 1, Orig. 92. 1924; M. SELLA, Artikel in: Vers la Santé, Bd. V. 1924. Paris.

daß Moskitos („le zanzare“ der italienischen Autoren) mit der Malaria im engsten Konnex stünden.

Im Juli 1898 greift GRASSI mit aller Wucht in das Problem der Übertragung der menschlichen Malaria ein. Zwei Umstände hatten den römischen Zoologen, wie er selbst bekennt, veranlaßt, die Frage wieder aufzunehmen¹⁾ und dem Studium der großen Plage Italiens seine volle Kraft und Zeit zu widmen. Es waren dies: 1. die Entdeckung der Amerikaner SMITH und KILBORNE, daß die Malariainfektion bei den Rindern (Texasfieber) durch einen dem menschlichen Malariaparasiten sehr nahestehenden Organismus (*Babesia*) hervorgerufen, vermittels einer Zeckenart übertragen wird; diese Übertragungsart wurde sodann durch ROBERT KOCH bestätigt; 2. die Entdeckung von ROSS, daß für die Malariaparasiten der Vögel ein Moskito als Zwischenwirt dient.

Zu jener Zeit (Mitte Juli 1898) konnte man wohl Vermutungen per analogiam über die Übertragungsart der menschlichen Malaria hegen, auf Grund der zwei eben genannten Fortschritte; etwas Sicheres und Bestimmtes aber, worauf das eminent praktische Problem der Malaria (namentlich die Prophylaxis) sich stützen könnte, hatte nicht vorgelegen.

Die Art und Weise, wie GRASSI der Lösung des Problems zusteuerte, hat geniale Züge, sie verrät vor allem einen Zoologen, und zwar einen, der schon im Aufsuchen von Zwischenwirten (Cestodes) wohl erprobt war; seine besondere Methode sicherte ihm mit einem Schlage einen Vorzug gegenüber den damals gleichzeitig dem großen Problem sich widmenden hervorragenden Forschern (RONALD ROSS, ROBERT KOCH)²⁾.

Es war nicht ein unbestimmtes, tastendes Suchen auf gut Glück nach blutsaugenden Insekten, mit denen man experimentieren könnte. Eine induktive Arbeit schärfster Art ging den Untersuchungen voraus. GRASSI'S Methode war: stufenweise Exklusion von verdächtigen Formen auf Grund von ausgedehnten faunistisch-epidemiologischen Studien. Demgegenüber hatte ROSS wenig Interesse für derartige Unternehmen: „Ich persönlich kümmere mich nicht viel um epidemiologische Beobachtungen. Wir glauben, durch direkte Experimente die Mücken zu finden, die die Malaria übertragen, und welche nicht³⁾.“ GRASSI argumentierte wie folgt: Wenn tatsächlich unter den Moskitos der Zwischenwirt zu suchen ist, so können nur bestimmte von ihnen angeschuldigt werden, da es notorisch in Italien Gegenden gibt, die voll von Moskitos sind, aber keine Malaria

aufweisen¹⁾. Auf Grund von vergleichenden Untersuchungen der faunistischen Zusammensetzung der Moskitos verschiedener Gegenden sollte nach und nach, durch stufenweises Ausschließen, der Schuldige erkannt werden. Es sei hinzugefügt, daß der vulgäre Name „Moskitos“ die Genera: *Culex*, *Anopheles*, *Aedes*, *Ceratopogon* (*Mycetotypus*), *Simulia*, *Phlebotomus* umfaßt; die Arten dieser Gattungen übertreffen einhundert, die Familie *Culicidae* allein umfaßte damals in Europa 23 Spezies (FICALBI, NOÈ), woraus man den Umfang der Untersuchungen ersehen mag. Fest stand der Satz, daß es zwar keine Malaria ohne Moskitos gebe, daß aber wohl Moskitos ohne Malaria vorkommen können.

In rastloser Arbeit, vom 15. Juli an, untersucht GRASSI vergleichend eine Reihe von malarischen und nichtmalarischen Standorten Italiens (Lombardia, Maremma Toscana, Campagna Romana, Napoli usw.), berücksichtigt ferner auch die Umgebung von Schwetzingen bei Heidelberg. Sehr bald konnte GRASSI feststellen, daß die Malariagegenden durch ganz bestimmte Mosquitoarten charakterisiert waren, die in den übrigen Gegenden fehlten. Bereits im September 1898 kann er drei Moskitos als verdächtig bezeichnen: *Anopheles claviger* und zwei *Culex*-arten (doch schließt er *C. pipiens* aus). In Gemeinschaft mit BIGNAMI gelingt positiv die experimentelle Infektion eines gesunden Menschen in einem nichtmalarischen Milieu nach Stichen von nur den drei verdächtigen Moskitos. Anfang Dezember erreichten GRASSI, BIGNAMI und BASTIANELLI künstliche Infektion des Menschen mit *Tertian duplex* ausschließlich durch Stiche von *Anopheles claviger*. Ende Dezember gelingt es den drei Forschern, den ganzen Entwicklungskreis des Malariaparasiten (*Plasmodium praecox*, Aestivo-Autumnalfieber) in *A. claviger* zu verfolgen; sie finden im Zwischenträger identische Vorgänge, welche von ROSS für *Proteosoma* der Vögel festgestellt worden waren. Rasch folgen sich weitere Entdeckungen der drei italienischen Autoren: neue Anopheliden werden schuldig erkannt; die „braunen Sporen“ („formes durables“ von ROSS) werden als degenerierte Malariaparasiten ohne Bedeutung nachgewiesen; es wird der Beweis erbracht, daß frisch ausgeschlüpfte Anopheliden keine Malaria übertragen. Ohne seine Mitarbeiter setzt GRASSI weiterhin allein die Untersuchungen fort; sämtliche *Culex*-arten (10 Spezies) werden als Überträger ausgeschlossen, dergleichen mehrere andere blutsaugende Dipteren; zu den früher erkannten *Anopheles claviger*, *A. pictus*, *A. bifurcatus* wird *A. pseudopictus* als Zwischenträger hinzugefügt, womit sämtliche italienische *Anopheles*-arten definitiv als Malariaüberträger gebrandmarkt werden.

Im kurzen Zeitraum von 14 Monaten (15. Juli

¹⁾ GRASSI hatte, zusammen mit CALANDRUCCIO, 1890 bis 1892 in Catania mit den gewöhnlichen Schnaken (*Culex pipiens*) experimentiert, doch — wie jetzt begreiflich — ohne Erfolg.

²⁾ Im Jahre 1898 ist in Italien eine Expedition zum Studium der Malaria, bestehend aus ROB. KOCH, PFEIFFER und KOSSEL, eingetroffen.

³⁾ Brief von ROSS, zitiert nach ECKSTEIN, loc. cit. S. 224.

¹⁾ Unter diesen Gegenden seien genannt: Zentrum der Stadt Venedig, Riviera Ligure von Genua bis Nizza, Bagni di Montecatini, der größte Teil von Messina, von Catania, viele Ortschaften um Como usw.

1898 bis September 1899) wurde von GRASSI, zum Teil mit seinen Mitarbeitern BIGNAMI und BASTIANELLI, in raschen Schritten eine Riesenarbeit vollbracht. Die Resultate wurden, jeweilen nach den einzelnen Etappen der Forschungen, in durchschnittlich kurzgefaßten Mitteilungen in den „Rendiconti della R. Accademia dei Lincei“ (Roma) publiziert (10 Mitteilungen, Classe sc. fis. mat. e nat. 7, 8, darunter eine Mitteilung mit DIONISI, außerdem eine in „Policlinico“ 5, 1898). Nach Abschluß der Forschungen hatte GRASSI alles in einem schönen Werk: „Studi di uno zoologo sulla malaria“ (1. Aufl. 1900) mit prächtigen Tafeln geschmückt, zusammengefaßt. Das Werk ist auch deutsch erschienen: „Die Malaria, Studien eines Zoologen“ in 2. Auflage, G. Fischer, Jena 1901. Die denkwürdigen Experimente am Menschen wurden im alten Ospedale di Sto. Spirito (Prof. BIGNAMI und Prof. BASTIANELLI) am Tiberufer im Borgo San-Pietro durchgeführt, später auch in einer einsamen Villetta in Maccarese (Campagna Romana)¹⁾.

Die Anopheleslehre, d. h. die Entdeckung, daß ohne Anopheliden keine Malaria existieren kann und daß ausschließlich Stadien im lebenden Insekt (außer dem Menschen) in Betracht kommen, ist eine imposante Errungenschaft der Wissenschaft, zugleich von eminent praktischer Bedeutung²⁾. Der Ausbau dieser Lehre ist von GRASSI allein begonnen worden, in Gemeinschaft mit BIGNAMI und BASTIANELLI ist das entscheidende Experimentum crucis durchgeführt worden, den Abschluß der Forschungen führte wieder GRASSI allein aus.

Das Gesagte zusammenfassend, ergibt sich als Schlußresultat folgendes.

Ross gebührt das unzweifelhaft große Verdienst, als erster auf einem von der Forschung noch nicht betretenen Wege den Entwicklungszyklus von *Proteosoma praecox*, dem Erreger der Vogel malaria, in *Culex* fast vollständig verfolgt zu haben (die gescheitlichen Vorgänge des Parasiten sind bei *Halleridium* von MAC CALLUM entdeckt worden). Ross kann auch das Verdienst nicht abgesprochen werden, einen analogen Zyklus³⁾ für den menschlichen Malariaparasiten vermutet zu haben.

¹⁾ Einen treuen, für die Arbeit begeisterten Diener hatte GRASSI in einem braven Abruzzesen, GESUALDO MASCITI, gefunden. Die Buchstaben des Alphabets zusammenzustellen machte ihm heillose Schwierigkeit; in der Kenntnis der Anophelidenspezies würde er manchen Spezialisten beschämen!

²⁾ Der erste Verdacht auf *Anopheles* ist von GRASSI im August 1898 in einer, diese Mücken führenden Stube der Trattoria zu Locate Triulzi, wenige Kilometer vor Mailand, gefaßt worden. Die Geburtsstätte dieses folgenschweren Gedankens möge die Nachwelt sich merken.

³⁾ Es sei hier noch erwähnt, daß die Wahrscheinlichkeit einer Analogie keineswegs andere Möglichkeiten ausgeschlossen hatte. Die Natur ist vielfach eben durchaus nicht schematisch. So wird *Filaria bancrofti* (= *F. sanguinis*) durch *Culex*-, *Anopheles*-resp. *Stegomyia*-stiche übertragen; *Filaria* (*Dracunculus*)

Die reale Tat, den Überträger der menschlichen Malaria in den Arten des Genus *Anopheles* ausschließlich und bestimmt erkannt zu haben, sowie den Entwicklungszyklus in allen Einzelheiten in diesem Insekt dargestellt zu haben, ist, trotz gleichzeitiger namhafter Bestrebungen, niemand gelungen außer GRASSI in Gemeinschaft mit seinen Mitarbeitern BIGNAMI und BASTIANELLI.

Ich bin mit FR. ECKSTEIN vollkommen einig, wenn er in folgendem Satz seine äußerst gewissenhafte historische Skizze zusammenfaßt: „GRASSI gebührt darum vor Ross, dem Entdecker des Kreislaufs des *Proteosoma*, das Hauptverdienst an der Erforschung der Malaria des Menschen durch die Feststellung des Überträgers und, in Gemeinschaft mit BIGNAMI und BASTIANELLI, der Erforschung des Entwicklungszyklus des Plasmodiums im *Anopheles*, den GRASSI zuerst als den alleinigen Überträger bezeichnet“¹⁾.

Diese Errungenschaft, welche — wie sie gleich in den ersten vorläufigen Mitteilungen GRASSIS rasch niedergelegt war — unerschütterte dasteht und welche allein die sichere Grundlage für alle Prophylaxis der Malaria abgibt, hatte leider GRASSI nicht die Ehren — oder wenigstens nicht sofort — eingebracht, die diesem Manne der Wissenschaft gebührt hätten. Wenn für die Lösung des Problems der Malariaübertragung Ross allein seinerzeit vom Nobelpreis ausgezeichnet worden war, so ist das entschieden ungerecht²⁾. Ross und GRASSI hatten zum mindesten gleiche Verdienste gehabt. Der Meister fühlte sich gekränkt und, wie wir fest glauben, mit Recht. Er wandte sich für eine Reihe von Jahren von der Malariaforschung ab.

Es wirkte daher wie ein freudiger Sonnenstrahl, als im Jahre 1908 die medizinische Fakultät der altherwürdigen deutschen Universität Leipzig, aus Anlaß der Festfeier ihres 500jährigen Bestehens,

medinensis aber durch *Cyclops* beim Trinken! Die menschlichen großen Taenien haben *einen* Zwischenwirt, *Dibothriocephalus* aber hat 2 Zwischenwirte; *Hymenolepis nana* des Menschen entwickelt sich (nach GRASSI) direkt, ohne Zwischenwirt! Die Arbeit GRASSIS nach dem *Proteosomazyklus* war demnach durchaus nicht so „selbstverständlich“, wie man das leider mancherorts (MÜHLENS, Die Plasmodien S. 1430) liest.

¹⁾ ECKSTEIN, l. c. S. 227.

²⁾ Es war leicht, nachdem die Tat GRASSIS vollzogen war, bei Ross Andeutungen des Richtigen vorzufinden. Nach geschehener Tat ist jeder klug — del senno di poi ne son piene le fosse, sagt der Italiener; warum aber haben die Kritiker GRASSIS nicht in den Mitteilungen von Ross seinerzeit das lesen können, was nach ihrer Meinung GRASSI in denselben lesen mußte? War denn ein leichter Weg offen? Ross selbst schrieb im Dezember 1898 aus Kalkutta (Ann. de l'Inst. Pasteur, 2. Février 1899): „Une oeuvre considérable, capable d'occuper un ou même plusieurs savants, reste à accomplir.“ Als aber diese Arbeit, die damals niemand lösen konnte, durch GRASSI und seine Mitarbeiter in kürzester Zeit, in einem bewunderungswürdigen Schwung, vollbracht wurde, da ist sie auf einmal „leicht“ geworden!

GRASSI die Würde eines Doktors *honoris causa* verliehen hatte. Der Text des Diploms lautet: „JOHANNES BAPTISTA GRASSI qui subtilissima sagacissimaque investigatione permultorum animalium parasiticorum naturam illustravit, imprimis vero eis quae de malariae morbi contagione, summa laboris studiique contentione statuit, pestem illam generis humani efficacissime docuit impugnare eoque laudem meruit aeternam.“

Wieder wendet sich GRASSI einem biologischen Problem von hohem praktischen Interesse zu, demjenigen der *Phylloxera*. Im Jahre 1905 beginnen die Untersuchungen; die Notwendigkeit, dieselben — was Beobachtungen und Experimente in der Natur anbetrifft — außerhalb Roms durchzuführen (hauptsächlich im R. Osservatorio antifillosserico di Fauglia [Pisa], sowie in Palermo), läßt eine nach und nach sich erweiternde Organisation von Mitarbeitern entstehen, in erster Linie ANNA FOÀ und GRANDORI. Im Jahre 1912 erscheint ein wahres Monumentalwerk, das unter der Direktion von GRASSI 4 Autoren seiner Schule auf dem Titel nennt, nachdem in dem genannten Zeitraum über 30 besondere Publikationen über den fortschreitenden Gang der Untersuchungen informierten („Contributo alla Conoscenza delle fillosserine ed in particolare della fillossera della vite“. Roma 1912).

In dem ersten Hauptteil des Werkes werden die verschiedenen italienischen Phylloxeriden — 12 Spezies der Pappeln- und Eichenphylloxeren — mit Ausnahme derjenigen der Weinrebe behandelt, und zwar sowohl vom Standpunkt der modernen Systematik wie auch vom Standpunkt der Lebenszyklen; 6 von diesen Zyklen sind ganz neu, 4 enthalten Verbesserungen gegenüber den früheren Autoren.

Der zweite Hauptteil ist ausschließlich *Phylloxera vastatrix* gewidmet — nach den Nomenklaturregeln sollte es *Viteus vitifolii* Shimer 1867 heißen — er ist aber durch vergleichende Betrachtungen mit dem ersten Teil eng verbunden. Das Werk ist rein theoretisch abgefaßt, enthält aber auch ein Kapitel von unmittelbarer praktischen Bedeutung, bet. „Der Kampf gegen die *Phylloxera*“ — eine für Italien hochwichtige ökonomische Frage (im Jahre 1905 waren 1500 Gemeinden infiziert in einer Ausdehnung von 40 000 ha Weinbergen). Bis auf GRASSI hatte der durch BALBIANI (1873—1884) festgestellte Entwicklungszyklus gegolten. Der französische Zoologe hatte viel Bedeutung den geflügelten Formen für die Verbreitung von *Phylloxera* zugeschrieben. Diese schienen einen festen Platz zu behaupten in der vollständigen Generationenfolge: Gallicola, Radicicola, Alata, Sexuata (welch letztere das befruchtete Ei ablegt). Die geflügelte Form sollte berufen sein, neue Kolonien zu gründen, die Spezies im Raum zu verbreiten, sie wäre, mit einem Wort, die am meisten zu befürchtende Form von *Phylloxera*. Die Untersuchungen GRASSIS und seiner Mitarbeiter hatten

nun für die europäische Rebe in Italien ganz andere Verhältnisse klargelegt.

Das auf die europäische Rebe in Italien nur höchst selten zur Ablage gelangende Winterei ist in der Regel nicht imstande die Pflanze zu infizieren. Die aus dem Winterei ausschlüpfende junge Larve kann auf das Leben über der Erde nicht verzichten (Blattgallen). Die eventuell zur Entwicklung gelangenden Gallengenerationen auf den Blättern erlöschen, bevor die Formen erschienen wären, welche zum Übergang auf die Wurzeln und zur Infektion derselben bestimmt sind. Das Produkt des Wintereies auf europäischen Reben geht somit fast immer verloren. Daraus ergibt sich, daß die geflügelte Generation, welcher BALBIANI so viel Bedeutung zugeschrieben hatte, kein Verbreitungsmittel der *Phylloxera* auf europäischen Reben in Italien darstellt, und, wo keine amerikanischen Reben mit Blattgallen vorhanden sind, pflanzt sich die *Phylloxera* in der Regel ausschließlich durch Parthenogenese der Wurzelläuse fort. Diese letzteren gewinnen somit vom Standpunkt der Infektionsgefahr die Hauptbedeutung und der Kampf gegen die *Phylloxera* hat sich gegen die Verschleppung der Wurzelläuse zu richten, deren Verbreitung übrigens, nach den Autoren, auch mit Hilfe der Winde nicht ausgeschlossen ist.

Vom allgemeinbiologischen Standpunkt verdient das durch GRASSI errungene Resultat Beachtung, daß die Geschlechtsgeneration auf den europäischen Reben entweder gänzlich zum Auslöschen gelangt ist, oder aber nur in höchst seltenen Fällen sich aufrecht erhält. Der typische Lebenszyklus erleidet somit eine weitgehende Vereinfachung. Es ist von GRASSI und seiner Schule der definitive Nachweis erbracht worden, daß in weiten Gegenden die *Phylloxera* von dem Moment ihrer Einschleppung an bis nach mehreren Jahren trotz dem sicheren Ausfall der Geschlechtsgeneration keine Schwächung in ihrer Vitalität erfahren hatte. Dieses Resultat ist namentlich im Lichte der weitabweichenden älteren Anschauungen BALBIANIS, welche unter dem Einfluß der damals herrschenden „Verjüngungstheorie“ standen, zu beurteilen. BALBIANI hatte eine graduelle Abnahme der Reproduktionskraft bei *Phylloxera*, bis zur Sterilität, angenommen, falls nicht der erfrischende Einfluß einer Geschlechtsgeneration mit eingeflochten worden wäre. In praktisch absehbaren Zeiträumen hatten die italienischen Forschungen dieser Auffassung den Boden entzogen¹⁾.

Nur ganz kurz kann hier erwähnt werden, daß das Werk in erschöpfender Beschreibung und in ausgezeichneten Abbildungen (19 zum Teil farbige Doppeltafeln, viele Textfiguren) neue morphologische Beobachtungen über äußere Chitingerüste, Muskeln, Mundapparat sowie andere Organsysteme liefert, daß die einzelnen Formen

¹⁾ Über die vom Menschen experimentell zu beurteilenden Zeiträume hinaus mag allerdings das obige Problem noch einer rein theoretischen Diskussion zu unterwerfen sein.

des Zyklus eine ausführliche Schilderung im Habitus sowie in ihrer Biologie — mühsam in der Natur und im Experiment studiert — erfahren, daß zur Bezeichnung der besser präzisierenden Formen des Zyklus zum Teil eine neue Terminologie eingeführt wird (neogallicolae-gallicolae; neogallicolae-radicicolae; neoradicicolae usw.), daß die Resistenz der amerikanischen Rebe eine Besprechung erfährt usw. Von Interesse sind Angaben über die Rudimentation der Flügel sowie des Darmkanals. Niemals wurde eine *Phylloxera* mit offenem Anus beobachtet. *Phylloxera* sexupara im reifen Zustand (d. h. nachdem sie vier Häutungen durchgemacht hatte) pflanzt sich ohne jegliche Nahrungsaufnahme fort.

Es ist besonders hervorzuheben, daß in einem an praktisch wichtigen Details überreichen Werk (die Studien wurden im Auftrag des Ministeriums für Landwirtschaft usw. durchgeführt und publiziert) GRASSI auch die Probleme der neueren Vererbungstheorie nicht außer acht gelassen hatte. Ein „präinduzierter Dimorphismus“ äußert sich darin, daß eine und dieselbe *Virginopara aptera gallicola* zwei Sorten von Eiern produzieren kann, die einen liefern wieder *Gallicolae*, die anderen *Radicicolae*. Die zweierlei Eier waren morphologisch nicht zu unterscheiden, bis der Embryo eine bestimmte Entwicklungsstufe erreicht hatte. Das Verhältnis zwischen der Zahl der *Neogallicolae-gallicolae* resp. den *Neogallicolae-radicicolae* von ein und derselben Mutter variiert sehr stark in Abhängigkeit von der Saison, von der Qualität der Rebpflanze und des Erdbodens. Im allgemeinen haben ungünstige Existenzbedingungen auf den Blättern zur Folge, daß die *Gallicolamutter* vornehmlich oder ausschließlich *Radicicolae* hervorbringen läßt, welche entsprechenden Schutz auf den Wurzeln finden. „È questo uno di quei mirabili adattamenti, che benchè spesso si incontrino in biologia, ogni volta che si affacciano di nuovo non mancano di destare la nostra meraviglia“ (GRASSI I. c., p. 402).

Mit TOPI hatte GRASSI Experimente angestellt, welche beweisen, 1. daß auf bereits deponierte Eier Milieuänderungen nicht von Einfluß sind, 2. daß unzweifelhaft ein Einfluß der Rebe auf die Mutter selbst in der Produktion der Nachkommen sich kundgibt. Die Erzeugerin ist erblich prädisponiert zu derartigen Mutationen; innere und äußere Faktoren sind daher gleichzeitig im Spiel. — Diese Erscheinungen wurden von GRASSI mit der Sexualität bei Daphnien verglichen. Die *Phylloxera radicola* besitzt die Tendenz zur Sexualität zurückzukehren; umgekehrt, im Produkt des Winteres, der *Gallicola fundatrix*, ist diese Tendenz gleich Null. Mit der Sukzession von Generationen¹⁾, von dieser letzteren aus, ist der Prozentsatz der *Radicicolae*, d. h. der zur Sexualität strebenden Formen, stets ein wachsender. Der Parallelismus zwischen *Phylloxera* und den Daphniden ist nach GRASSI nicht nur ein oberflächlicher, vielmehr

deutet diese Analogie auf innere Verwandtschaft der Erscheinungen selbst hin.

Als „induzierten Dimorphismus“ vermerkt GRASSI die weitere Tatsache, daß *Neogallicolae-radicicolae*, von der dritten Generation an, entweder zu *Alatae* sich entwickeln können oder aber die flügellose Form behalten. Im Zusammenhang damit kann ein und dieselbe *Virginopara aptera neogallicola-radicicola* erzeugen sei es 1. andere *Radicicolae apterae*, sei es 2. *Virginoparae alatae sexuparae* Männchen erzeugend (masculiparae), sei es 3. *Virginoparae alatae sexuparae* Weibchen erzeugend (feminiparae) — demnach eigentlich ein Trimorphismus. Dem durch GRASSI und seine Mitarbeiter definitiv festgestellten Satz, daß ein und dieselbe Neonata, die sog. „larva-prima“ unter Häutungen sei es zu einem apteren Weibchen wird, das sich parthenogenetisch fortpflanzt (*Virginopara*), sei es zu einer geflügelten Sexupara wird, dürfte hohe Bedeutung in Diskussionen über die Bedingungen der geschlechtlichen Differenzierung zukommen. Auch hier wiederum sind es, nach GRASSI, nicht die äußeren Faktoren allein, die entscheiden; es muß bereits eine hereditäre Bipotenz angenommen werden, welche je nach den äußeren Bedingungen in der einen oder in der anderen Richtung die Entwicklung beeinflußt. — Eine Vererbung erworbener Eigenschaften nimmt GRASSI in keinem Fall an. Wo solche (Amphibien, Schmetterlinge) nach Experimenten vorzuliegen schien, handelt es sich nach GRASSI nicht um Neuerworbenes, vielmehr um Äußerungen des Atavismus, d. h. um Eigenschaften, welche einst unter abweichenden Bedingungen real existiert hatten, also um eine latente Potentialität, die durch das Experiment wieder zur Auslösung gelangt. Keine der von GRASSI im Lebenszyklus von *Phylloxera* beobachteten Erscheinungen könnte, seiner Meinung nach, unter der Etikette der „Vererbung der erworbenen Eigenschaften“ registriert werden.

Die Forschungen GRASSIS haben vielfache Berührungspunkte mit den älteren Untersuchungen NÜSSLINS und namentlich mit den neueren ausgedehnten, in Lothringen durchgeführten Studien CARL BÖRNERs. Die von BÖRNER behauptete Existenz zweier distinkter Spezies der Reblaus wird von GRASSI, nach seinen italienischen Erfahrungen, nicht anerkannt. — In Italien hatte GRASSI eine wahre Schule der *Phylloxera*-Studien begründet, welche, nachdem der Meister sich anderen Problemen zugewandt, selbständig weiter arbeitet und publiziert.

Den Pionier im Problem der Malariaübertragung ließ eine andere große Frage, welche der Menschheit Leiden verursacht — das Problem des Kropfes —, nicht ruhen. Im Zeitraum 1903–1905 unternimmt GRASSI mit MUNARON ausgedehnte Untersuchungen zur Ätiologie des Kropfes. GRASSI stellt sich die Frage: Ist der Kropf eine Infektionskrankheit oder nicht? Wo nicht, muß das Leiden durch ein Agens chemischer Natur ausgelöst wer-

¹⁾ Auf amerikanischen Reben.

den; ist aber der Kropf infektiös, so sollte, selbst ohne Kenntnis des spezifischen Mikroben, eine Übertragung vom Kranken auf den Gesunden (Tierexperiment) durch alle möglichen Mittel wie Wasser, Insektenstiche, Berührung usw. versucht werden. Als Methode der Untersuchung betont GRASSI die Notwendigkeit besonderer Vorsichtsmaßregeln: zu den Experimenten muß man ausschließlich Tiere (Hunde, Mäuse usw.) aus Gegenden verwenden, wo sicher der Kropf nicht endemisch ist, und weiter muß man an Orten ohne Kropf mit Wasser aus Kropfgegenden operieren und umgekehrt. Es wird hervorgehoben, daß frühere Autoren nicht immer diese Kautelen im Auge behalten haben. So werden denn auch die genannten Untersuchungen einerseits in Rom und Rovellasca (Como), als immunen Standorten, andererseits im Veltlin (Valtellina), als der klassischen Kropfgegend, durchgeführt, wobei u. a. nach Möglichkeit steril aufgezogene junge Hündchen Verwendung gefunden haben.

Die Beobachtungen und Experimente führten GRASSI zu der Schlußfolgerung, daß der Kropf und der endemische Kretinismus nicht durch Parasiten hervorgerufen wird und daß eine langsame Intoxikation, verursacht durch das äußere Milieu, angenommen werden muß. Die spezifische Ursache ist nach GRASSI nicht an das Trinkwasser gebunden. Vielmehr dürfte sie gesucht werden in dem relativen Gehalt an Jod im umgebenden Medium, und insbesondere in der atmosphärischen Staub. Sehr verschiedene Umstände können der Entwicklung der Kropfkrankheit günstig sein, so z. B. schlechte Ernährung, das an organischen Bestandteilen reiche Wasser, schlechte, düftige Wohnverhältnisse in der Feuchtigkeit, vielleicht auch übermäßige körperliche Anstrengung. (Vgl. GRASSI, Sulla etiologia del gozzismo. Roma 1914. Estratto da „Tumori“, Anno IV.) Die vielumstrittene Kropfrage reicht wohl heute über die Grenzen der Forschertätigkeit eines Zoologen hinaus. Vor seinem Tode hatte GRASSI, dessen italienische Publikationen über den Kropf leider nicht die ihnen gebührende Berücksichtigung gefunden haben, doch noch von einiger Seite unumschränkte Anerkennung erhalten.

„I progressi della biologia e delle sue applicazioni pratiche“ in der Gesamtausgabe: „Cinquanta anni di Storia Italiana (1860—1910)“ ist ein **geschichtliches und kritisches Werk** GRASSIS aus dem Jahre 1911 (pag. 1—402 in 4°), das von einer neuen Seite den ungeheuren Fleiß sowie den Umfang der Kenntnisse des Verf., verbunden mit objektivem Sinn der Beurteilung, erscheinen läßt. Ein Riesengebiet wird hier von einem Einzelnen dargestellt, denn der Begriff „Biologie“ wird im allerweitesten Sinne erfaßt: außer den streng biologischen Fächern werden Medizin, Veterinärkunde, sanitäre Rechtsgebung usw. in die Darstellung einbezogen. Über die Grenzen Italiens hinaus kann das Werk des großen Zoologen, der

nun — im Auftrag der R. Accademia dei Lincei — zum Geschichtsschreiber wird, mit viel Belehrung konsultiert werden. Außer der ausführlichen historisch-kritischen Schilderung der speziellen Gebiete liefert GRASSI auch allgemein gehaltene, synthetische Ausblicke. Er bewertet voller Zuversicht die intellektuellen Kräfte seines Landes; er appelliert an ergiebigere Unterstützung der geistigen Arbeiten durch den Staat: eher ein Defizit von mehreren Millionen, als ein Gleichgewicht des Budgets, falls die Ausgaben dazu Verwendung finden, neue Quellen des Reichtums besser auszunützen. Die Gesetzgeber sollten mit einem weiten Blick begabt sein, damit in wirtschaftlich-praktischen Fragen die Gesetze nicht nur auf den unmittelbar fühlbaren Nutzen eingestellt bleiben, vielmehr damit auch die Bestrebungen Unterstützung finden, welche erst in weiter Zukunft Früchte versprechen können. GRASSI ruft seine Landsleute an zur Eintracht in wissenschaftlichen Aufgaben und zur kollektiven Organisation. Die großen Fortschritte der heutigen Zeit sind selten ausschließliche Errungenschaft eines Einzelnen. Viele Entdeckungen werden langsam und stufenweise durch bescheidene Arbeiten vorbereitet, und diesen gebührt die richtige Anerkennung in der Geschichte.

Der praktischen **Malariabekämpfung** war bereits im Hauptwerk von 1901 ein Kapitel gewidmet. Es bezog sich auf ein Experiment im großen Maßstabe, nämlich auf ein Verhüten der primären Malariainfektion bei 104 Personen in 10 Bahnwärterhäuschen in einer sehr schlimmen Malaria-gegend (die Ebene von Capaccio, Provinz Salerno) — nach vorausgegangener Chininasanierung — im Zeitraum von Ende Juni bis Mitte Oktober bei ausschließlicher Anwendung des mechanischen Schutzes, d. h. von feinen Drahtnetzen (reticelle) vor Fenstern und Türen. Die so gewonnene Verhütung von *Anopheles*-stichen führte zum gänzlichen Ausbleiben primärer Infektionen. Nach vieljähriger Pause widmet GRASSI seit 1917 die letzten Jahre seines Lebens mit ungebrochener Intensität dem Kampfe gegen die Malaria. Abgesehen von der Melioration im großen („la grande bonifica“), welche dem Staate außerordentliche Lasten aufbürdet, faßt GRASSI nach 4 Richtungen die Prinzipien des Kampfes zusammen: 1. Sanierung des Kranken vom Januar bis Juni mit Chinin, damit keine Anopheliden im Frühjahr sich infizieren können (der Mensch ist in der interepidemischen Zeit das einzige Magazin der Malariaparasiten). 2. Mechanischer Schutz vor den Mücken mit Hilfe von Drahtnetzen an den Wohnungen. 3. Chininprophylaxis, welche etwaige neue Infektionen im Menschen hemmt. 4. Die sog. kleine Melioration („la piccola bonifica“), welche in Desanophelisation kleinerer Gewässer sowie in der Vertilgung der Alatae im Luftmedium (in geschlossenen Räumen) besteht¹⁾. Diese Grundsätze wurden in

¹⁾ Die unter 4. genannte Richtung wurde gleichzeitig von R. ROSS und von FERMI anempföhlen.

methodischer Weise von GRASSI und M. SELLA während der Sanierungsperioden 1918, 1919 in Fiumicino unweit Roms, unter ständiger Führung von Krankenkontrolle, mit ausgezeichneten Erfolgen durchgeführt. Bei diesen Bestrebungen wurden, außer vielen sanierungstechnischen Resultaten, wertvolle biologische Beobachtungen ausgeführt. Es seien hier aus der überreichen Fülle nur folgende aufgezählt: Die Erklärung der Genese von Rückfällen nach langen Intervallen durch Parthenogenese von Makrogameten (GRASSI, SCHAUDINN) wird nun nach neuen Erfahrungen von GRASSI aufgegeben; die zur Vertilgung von Mückenlarven eingeführten Fische (*Cyprinodon calaritanus*) können, trotz einem gewissen Nutzen, kein durchaus zuverlässiges „antilarvales Polizeikorps“ abgeben, dem Gebrauch von Petroleum wird das Primat zuerkannt; die Biologie der *Anopheles*-larven, so ihre Abhängigkeit von der Vegetation, wird eingehend geprüft; die Lebensweise der Imagines wird genau untersucht, die Dauer des Lebens auf 18 Tage geschätzt, bei der Infektionskraft vom 12. Tage an, die Zahl der infizierenden *Anopheles* auf ca. 33% berechnet; sehr beschränkte Zahl der Anopheliden überwintert bei reduzierter Aktivität, geht aber im April zugrunde; es erscheint ausgeschlossen, daß überwinterte *Anopheles*mücken die Herbstparasiten für die neue Malariaperiode liefern, der Mensch allein trägt mit seinen Keimen zum Schließen des Zyklus im Frühjahr bei; im freien Zustand bildet das Blut die ausschließliche Nahrung der *Anopheles* ♀♀, die phytophagen Neigungen sind gänzlich unterdrückt. Besondere Aufmerksamkeit wird dem Problem „Anophelismus ohne Malaria“ geschenkt. Anknüpfend an die Beobachtung von ROUBAUD, daß der Mensch in manchen Gegenden um so weniger von *Anopheles* gestochen wird, je zahlreicher die Haustiere sind, vertieft GRASSI mit großer Energie diese Frage in manchen Punkten Italiens unter aufopferungsvollen nächtlichen Experimenten an sich selbst¹⁾. Für bestimmte Gegenden (die Gärten von Schito bei Castellamare di Stabia) hält GRASSI zum erstenmal den Beweis für erbracht, daß im Zusammenhang mit der seit 35 Jahren geführten Agglomeration großer Viehmengen (300–400 Stück), unter Obhut von sehr wenigen Menschen, eine biologische Anophelidenrasse entstanden war, welche den Menschen absolut nicht sticht; heute stechen dort die *Anopheles* vorwiegend die Schweine, außerdem andere Tiere. So würden nach GRASSI lokal misanthrope, zoophile Rassen entstehen, im Gegensatz zu den gefährlichen anthropophilen. SELLA rät ja direkt an, die menschlichen Niederlassungen von einem Gürtel von Schweineställen zu umgeben²⁾.

¹⁾ Unterstützt von seinem geschulten Techniker FRANCESCO NERI.

²⁾ Vgl. hierzu GRASSI e SELLA, Lotta antimalarica a Fiumicino, Roma 1920 (S. 1–314), GRASSI, Animali domestici e malaria, Roma 1922, usw.

Ein Naturforscher vom Range GRASSIS, welcher der Entwicklung der Biologie in ihren allgemeinen Problemen eifrig und ohne Unterlaß folgt, kann sich wohl nicht versagen, bei einer besonderen Gelegenheit sein wissenschaftliches Credo bekanntzugeben. Unter dem bescheidenen Titel: „La vita, ciò che sembra ad un biologo“ (Das Leben, wie es dem Biologen zu sein scheint) hatte GRASSI eine Rede in der festlichen Sitzung der Accademia dei Lincei im Jahre 1906 gehalten, wo in knapper Form und in gewählter Sprache die Synthese seines Wissens und seiner Bestrebungen niedergelegt ist. Nicht möglich ist es hier, der Entwicklung des Gedankenganges in der Rede zu folgen. Doch sei wenigstens einiges unterstrichen, was ein großer Biologe in der Morgenröte des 20. Jahrhunderts, gestützt auf eine überreiche Erfahrung und intimsten Kontakt mit der lebenden Natur selbst, uns bekennt.

Bei allem Erfolg der direkten Beobachtung und des exakten Experiments, woran ja GRASSI selbst in hervorragender Art und Weise betätigt war, neigt er zum Vitalismus. Die konstanten Größen des Unbelebten finden sich auch im Belebten, während die Konstante des Lebendigen diesem allein eigen ist und mit ihm von Anfang an verbunden erscheint („Le costanti del non vivo si trovano anche nel vivo, mentre la costante del vivo è di questo esclusiva, in questo insita e connata“). Das Psychische kann nur vom Psychischen abstammen. Es ist ein leichteres, anzunehmen, daß der Tiber einmal an seinen Ufern Uhren, durch Zufall geformt, ablagern werde, als daß der Mensch imstande sein würde, künstlich ein Lebewesen zu erzeugen und damit das Psychische vom Physischen entstehen zu lassen. Ein Vergleich wird herangezogen, den Gedanken zu erläutern. Die elektrische Beleuchtung der Stadt wird durch Energie geleistet, welche ein besonderer Maschinenkomplex nutzbar macht. Obschon Energie und Rohmaterial immer zur Verfügung gestanden haben, würde die Stadt niemals spontan eine Beleuchtung erhalten, wenn nicht der Mensch durch den von ihm erfundenen Maschinenkomplex die Energie in geordnete Bahnen zum vorgenommenen Zweck geleitet hätte. Diese Gesetzmäßigkeit, diese Ordnung, vom Menschen dem Anorganischen aufgezwungen, charakterisiert das künstliche Licht und unterscheidet es vom natürlichen. Diese Ordnung ist eben keine Energie, denn Energie wird nicht im mindesten vernichtet, wenn wir Maschinenteile, Drähte, Lampen zertrümmern. Diese Art Ordnung und Gesetzmäßigkeit herrscht in der belebten Natur. Das Lebewesen wird charakterisiert durch eine unbekannte Größe, die Fähigkeit zu formen, was zweckmäßig gestaltet ist. „Jene Ordnung, welche in Wahrheit die ganze Welt auszeichnet, welche in den Lebewesen, je höher sie sind, desto mehr die Zweckgestalt gewinnt, sie wird dem Menschen offenbar. Nicht genug: der Mensch ist befähigt, auf Grund von prästabilierten Absichten zu handeln, mit dem

deutlichen Bewußtsein des Zweckes, im Besitz einer nicht zu bezweifelnden, wenn auch wohl bedingten Freiheit, deren Existenz er durch Verzicht auf dasjenige, was er am meisten begehrt, beweisen kann. So erscheinen der Sphinx, welche mit verbundenen Augen die Fackel führte, nach und nach die dunklen Binden lichter und lichter. Es dürfte unmöglich sein, anzunehmen, daß jenes wunderbare Aufstreben des Lebewesens nach dem Lichte des Dichters, daß jene subjektive Beurteilung unseres Handelns von uns erworben worden wäre, lediglich um besser im Kampf ums Dasein standzuhalten. Es scheint nicht vollkommen eine Erkenntnis zu sein, welche uns dazu führt, anzunehmen, daß Heldentaten sowohl wie gemeine Handlungen in letzter Instanz mit dem gleichen Maßstab gemessen werden könnten, wie etwa die Eigenschaften des Zuckers oder des Arseniks; es scheint nicht möglich, daß dasjenige, was im Menschen am edelsten ist, im Grunde einfache Lumineszenz der Menschensubstanz, von der gleichen Art wie jene des Phosphors, sein sollte.“

Den Forscher in GRASSI zeichnete folgendes aus: ungeheure Arbeitskraft, die logische Schärfe des Gedankenschlusses, eine immer junge und ungesättigte Neugierde an den Erscheinungen der Natur. — Er sagt selbst von sich, daß er von dem Moment an, wo der Verstand angefangen hatte tätig zu sein, fortwährend arbeitete, ohne Unterlaß. In der Periode von fieberhaft geführten Malariauntersuchungen (Mitte Juli 1898 bis Ende 1900) war kein Tag dem Ausruhen gewidmet. Während der Ausführung seiner bahnbrechenden Arbeiten unterbricht GRASSI kein einziges Mal den Gang seiner Universitätsvorlesungen. Keiner der Jungen, die ihm folgten, konnte mit dem Meister den gleichen Schritt im Arbeiten einhalten. Zu jener Zeit der Malariastudien geschah es oftmals, daß der große Forscher in der frühesten Morgenstunde bescheiden auf den Stufen des Palazzo della Sapienza lange harrend saß, bis der würdige Portier das Portal zu öffnen geruhte. Diese phänomenale Arbeitskraft war nur möglich gepaart mit außerordentlicher Genügsamkeit; einer Mahlzeit etwa die normale Zeit zu widmen, war GRASSI unbekannt. Er vertrug ausgezeichnet sowohl Kälte wie Hitze. Eine „Stufetta“ unter den Füßen, nachdem die Schuhe ausgezogen, so konnte GRASSI stundenlang in den kalten römischen Räumen mit Steinboden mikroskopieren. In der Gluthitze des Juli aus Sizilien in Staub und Schmutz, nach langer Reise, zurückgekehrt, stellt sich GRASSI voller Frische nach einer halben Stunde im Laboratorium ein, den Gang der Experimente seit seiner Abwesenheit in allen Einzelheiten nachzuprüfen. Bei alledem war er auf sein Äußeres sehr wenig bedacht, und so konnte es kommen, daß ein römischer Prinz in der Campagna den Wohltäter der Menschheit an der Gesindetafel speisen ließ.

Was GRASSI in seinem Leben geleistet, das war nicht etwa „auf der Straße gefunden“: ein logisches

Abwägen, eine induktive Arbeit ging der Ausführung voraus. So war es beim Herausfinden der Cestodenwirte, so auch — das sei besonders betont — in der Beschuldigung des *Anopheles* als Überträger. Nicht ein blindes Tasten, sondern methodisches, bewußtes Vorgehen. Daher, im Fall des *Anopheles*, der siegreiche Gang dieses Forschers in der kurzen Zeitspanne von wenigen Monaten. GRASSI folgte mit der Gehirnarbeit den verworrenen Pfaden des Geschehens im Belebten nach: er war hierin ein voller Zoolog, mit Hilfsmitteln der Systematik, der Öcologie, der Geographie ausgerüstet; daher konnte selbst ein hervorragender Mikrobiologe mit ihm in der Lösung des Rätsels es nicht aufnehmen. Dazu besaß aber GRASSI auch beinahe einen Instinkt, das Verborgene und Unbekannte herauszufinden. Merkwürdig, wie sich diese Gabe nicht selten offenbarte, als es sich darum handelte, ein gänzlich an falschen Platz geratenes Buch in der reichen Institutsbibliothek zu finden: im Nu war der Meister mit dem richtigen Handgriff da!

Und nun die frische Neugierde am Naturphänomen, „quell' incessante curiosità dello spirito“¹⁾ und die jugendliche Beweglichkeit des Geistes! Bei allem immensen Reichtum an Kenntnissen und im Besitz von gefestigten, mühsam erworbenen, bei manchem als Last wirkenden Erfahrungen sich eine frische, unvoreingenommene Naivität der Natur gegenüber zu wahren — ist eine seltene, köstliche Gabe: sie war GRASSI uneingeschränkt zuteil. Kein Schimmer einer autoritativen Pose, jeder Erscheinung wie neu ins Gesicht schauend, stets bereit, über einem Gegenstand zusammenzuducken und mit dem Fleiß eines Anfängers ihn zu untersuchen — das war das Bild GRASSIS, welches Bewunderung einflößte. „L'osservazione è la madre di tante scoperte e il saper osservare non è meno importante del saper ragionare“, sind seine eigenen Worte. — Richtig schreibt sein Schüler M. SELLA: „Egli fu l'idealista della scienza. Il suo ardore, anzi furore di lavoro, l'eccessività verso se stesso e gli altri, il coraggio dimostrato nel sottoporre se stesso a pericolosi esperimenti d'infezione, la sua rinuncia a tutto, salvo che alla indagine e allo studio, sono alimentati da questa sacra fiamma. Bisogna salire molto in alto per portarsi al piano della sua anima.“

Und doch, hatte nicht vielleicht der Forscher in GRASSI, in seiner an das Geniale grenzenden Kapazität, den Menschen etwa in den Schatten gestellt? Eine schwierige Frage. Es scheint, daß der Einblick in so viele harmonische Strukturen in der Organisation des Animalischen dem Entdecker selbst nicht wieder Harmonisches einflößte. Nur mit wenigen Menschen seiner Berührungssphäre konnte GRASSI auf die Dauer gut auskommen. Doch läßt sich das aus zwei positiven, ja den Durchschnitten eben weit überragenden Faktoren

¹⁾ Nach einem Ausdruck von Prof. CASAGRANDE, l. c. S. 26.

Heft 13.
26. 3. 1926]

ableiten: erstens achtete er keinen Schein, keine konventionelle Kategorie, zweitens stellte er derart hohe Ansprüche an sich selbst, daß alles andere um ihn unzulänglich erscheinen mußte. Zum erstgenannten möge seine Offenheit im Urteil gerechnet werden; er klassifizierte die Männer der Wissenschaft in drei Kategorien: diejenigen, die ernstlich arbeiten, diejenigen, die den Schein erwecken, als wenn sie arbeiteten, und diejenigen, die offensichtlich nichts tun! Daß er sich hinterher leicht das Odium zuzog, ist menschlich begreiflich. Überdies konnte er auch ungerecht sein. Der zweitgenannte Faktor braucht wenig Erklärung: die Arbeitskraft und Ausdauer eines jeden erlahmte neben der seignen; von 4 Uhr morgens bis 8 Uhr abends — das war seine Arbeitszeit! Seine Familie sah ihn tagaus tagein nur für wenige Augenblicke; Theater langweilte ihn; in Gesellschaft konnte er abends unschuldig einschlafen. Am meisten zerstreute es ihn, mit einem Freund aus der Lombardei, in den Straßen schlendernd, im Dialekto comasco eine Weile zu plaudern. Seinem Geburtsort Rovellasca war er treu ergeben. In guter Laune zitierte er gern gelegentlich etwas aus DANTE. Mit großer Bewunderung hing er an GEGENBAUR, HAECKEL, SCHAUDINN; eng befreundet war er mit GOLGI; gute Kameradschaft verband ihn mit LO BIANCO¹⁾.

Eine Kampfnatur ist GRASSI entschieden gewesen, bescheiden kann man ihn, trotz dem äußeren Schein, sicher nicht nennen²⁾. Es war erstaunlich, wie viele Strapazen und Aufregungen GRASSI über sich ohne Schaden ergehen ließ. Zur Zeit der Malariaarbeit reiste er in ganz Italien III. Klasse und viel zu Fuß, des körperlichen Wohls ganz unbedacht. Er muß eine außerordentlich starke Gesundheit gehabt haben, trotz seinem eher zarten Bau; in der kleinen Hand und zarten Fingern, in dem feinen Schnitt des Mundes und der Nase äußerte sich wohl die Befähigung zum

¹⁾ Seit seiner Heidelberger Zeit hatte GRASSI in Frau MARIA geb. KOENEN eine liebevolle Gattin für seinen ganzen Lebensweg gefunden.

²⁾ Nicht zu verhehlen ist es, daß in GRASSI Natur der unbeugsame Wille eines Starken mit der sich nicht fughenden Umgebung oftmals in Kollision geraten mußte.

minutiösen Erfassen der Dinge und zur Präzision.

Seinen Schülern hatte er besonders angetragen, niemals etwas Unfertiges und Voreiliges zu publizieren; alles muß sich auf Wahres gründen. Auch empfahl er ihnen sehr, nicht das Zutrauen zur eigenen Arbeit zu verlieren, ohne Rücksicht, ob von außen eine Anerkennung kommt oder nicht. Im medizinischen Unterricht hielt er sehr viel darauf, die volle Vorlesung über vergleichende Anatomie als obligatorisches Fach beizubehalten; in der Schwächung der granitischen Grundlagen des Medizinstudiums (Ausschließen der vergleichenden Anatomie) sah er die beginnende Dekadenz. Er ist in einem ausgezeichneten Aufsatz, als wahrer Morphologe, für diese Sache warm eingetreten (Riv. di biol. 2, 1919).

In die Gesamtleistung GRASSI — eines SPALLANZANI der neuesten Zeit — sich zu vertiefen, ist erhehend. Die junge Generation mag sich merken, daß das Lebenswerk GRASSI nicht in einer genialen Geste bestand: es war erarbeitet im Schweiß des Angesichts. In MANTEGAZZA findet sich dazu ein schönes Wort: „L'ingegno umano siol compiacersi troppo spesso di credere le grandi scoperte nate di getto, di credere i grandi sistemi e le vaste dottrine uscite dal nulla, come voce creatrice di un Dio. Mentre invece gli organismi tutti della natura e delle scienze nascono da piccolissimi germi; ma si nutriscono e crescono, ma combattono e vincono, ma assimilano e distruggono prima di crescere alla smisurata altezza e potenza che poi ci sorprende e ci atterra.“

GRASSI war eben eine „smisurata altezza e potenza che ci sorprende e ci atterra“.

Er wollte nicht auf einem Friedhof der Großstadt begraben sein. In der armseligen Niederlassung Fiumicino, an einer der Tibermündungen, unter den vergessenen Gräbern der einfachen Contadini, die am Stich der tückischen Mücke starben, ruht er, der Unermüdliche, der das Übel erkannt hatte, angesichts der Bläue des Mar Tirreno, in der melancholischen Stille der Campagna Romana. Weitab vom Lärm des Vergänglichen schallt ihm der Preis entgegen: „... Laudem meruit aeternam.“

Die Deutsche Nomenklatur-Kommission.

Von R. J. MEYER, Berlin.

Die chemische Nomenklatur ist eine Kunstsprache, die, ähnlich wie die natürlichen Sprachen, eine Entwicklung durchgemacht hat, mit dem Unterschiede, daß ihre Wandlungen sich entsprechend den stetig wachsenden Bedürfnissen der fortschreitenden Wissenschaft in viel schnellerem Zeitmaße vollzogen haben. Die Notwendigkeit, Wortbilder zur Kennzeichnung der Zusammensetzung der Stoffarten zu schaffen, ergab sich schon in den ersten Anfängen wissenschaftlicher Betätigung. Viel später natürlich zeigte sich das Bedürfnis nach kürzeren Symbolen (Formeln), die den Bau der Molekeln nach der qualitativen und der quantitativen Seite widerspiegeln. Die höchste Verfeinerung

hat diese chemische Sprache heute auf dem Gebiete der organischen Chemie erreicht, wo sich eine kunstvolle Grammatik herausgebildet hat, deren Formenlehre jeder Feinheit der Struktur der Molekel zu folgen bemüht ist. Der Ursprung der modernen chemischen Nomenklatur geht auf die Festsetzungen einer Kommission zurück, die im Jahre 1787 unter dem Vorsitze des berühmten LAVOISIER, des Begründers der wägenden und messenden Chemie, in Paris tagte¹⁾. Damals wurden die all-

¹⁾ Die Mitglieder dieser Kommission waren: ANTOINE LAURENT LAVOISIER, CLAUDE LOUIS BERTHOLLET, ANTOINE FRANÇOIS DE FOURCROY und LOUIS BERNARD GUYTON DE MORVEAU.

gemeinsten Grundsätze aufgestellt, nach denen die Chemie, insbesondere die anorganische, noch heute ihre Namen bildet. In dem Maße aber, in dem die Wissenschaft im 19. Jahrhundert sich erweiterte, neue Stoffklassen in ungeahnter Fülle kennen lehrte und ihre Konstitution klarlegte, musste auch die Namegebung sich entsprechend erweitern. Dieser Prozeß vollzog sich unter dem Einflusse der vielen einzelnen Forscher aller Länder, die zur Mehrung des Besitzstandes der Wissenschaft beigetragen haben, und es ist als ein gutes Zeichen der unserer chemischen Sprache innewohnenden Logik anzusehen, daß das Zusammenwirken so vieler Köpfe immerhin zu einem im internationalen Verkehr brauchbaren Verständigungsmittel geführt hat. Andererseits konnte es bei der vielfach verwickelten Natur der zu lösenden Aufgaben nicht ausbleiben, daß sich teils fehlerhafte, teils unzweckmäßige Gebräuche einschlichen, daß sich ferner für ein und dieselbe Verbindungsklasse verschiedene, mehr oder weniger rationelle Namen einbürgerten, und daß besonders auf dem Gebiete der organischen Chemie, wo der Aufbau von etwa 200 000 bisher bekannten Verbindungen sich im wesentlichen nur aus den 4 Elementen Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff vollzieht, die Schwierigkeiten einer rationellen Namegebung sich immer mehr häuften, so daß schließlich das Bedürfnis nach einer einheitlichen Regelung solcher Fragen ein dringendes wurde. Dieser Umstand führte im Jahre 1892 zu dem Vorschlage einer „offiziellen Nomenklatur“ der organischen Verbindungen durch einen internationalen Kongress, der in Genf tagte. Aber die allgemeine Annahme der damals aufgestellten Grundsätze, die sich übrigens nur auf ein Teilgebiet bezogen, hat es nicht verhindern können, daß die weitere rapide Entwicklung des organischen Chemie wiederum über die Genfer Beschlüsse hinauswuchs. Eine internationale Regelung der Nomenklaturfragen wurde dann kurz vor dem Weltkriege durch die „Vereinigung der chemischen Gesellschaften“ wieder aufgenommen, blieb aber infolge der politischen Ereignisse in den Anfängen stecken. So kam es, daß die Deutsche Chemische Gesellschaft nach dem Kriege die Begründung einer Deutschen Nomenklatur-Kommission anregte, die sich im Jahre 1924 konstituierte mit der Aufgabe, strittige Fragen der Namegebung zunächst vom deutschen Standpunkte aus zu beraten und eine spätere internationale Zusammenarbeit vorzubereiten. Diese Kommission, an deren Spitze als Präsident R. WILLSTÄTTER, München, steht, zerfällt in eine organische und in eine anorganische Abteilung¹⁾. Während die Arbeiten der organischen noch im Gange sind, hat die anorganische nach zweijähriger Tätigkeit ihre Beratungen abgeschlossen und wird von ihnen in einem eingehend motivierten Bericht demnächst Kenntnis geben. Es kann deshalb hier von der Erörterung von Einzelheiten des Programms und der getroffenen Entscheidungen abgesehen werden; dagegen wird ein kurzer Hinblick auf einige ganz allgemeine Grundsätze vielleicht nicht ohne Interesse sein:

1. Von frühester Zeit her haben sich eine große Anzahl von Trivialnamen und populären Bezeichnungen erhalten, die auch heute durchaus üblich sind und sich insbesondere in der hüttenmännischen,

technischen und pharmazeutischen Praxis, aber teilweise auch im wissenschaftlichen Sprachgebrauch eingelebt haben. Es wäre verfehlt und ein erfolgloses Bemühen, diese ausmerzen zu wollen.

Hierfür einige Beispiele:

Populäre Namen.	Rationelle Namen.
1. Chlorkalium	Kaliumchlorid
2. Borax	Natriumtetraborat
3. Gelbes Blutlaugensalz	Kalium-Eisen(II)-cyanid oder Kalium-hexacyano-Eisen(II) oder Kalium-hexacyano-ferriat
4. Eisenvitriol, schwefelsaures Eisen	Eisen(II)-sulfat
5. Tonerde	Aluminiumoxyd
6. Alaun	Kalium-Aluminiumsulfat
usw.	

Solche durchaus eingebürgerten populären Namen können, ohne Schaden anzurichten, weiter Geltung haben, und die Aufgabe der Nomenklatur-Kommission kann in der Hauptsache nur darin bestehen, die *rationellen* Namen, die für den wissenschaftlichen Gebrauch bestimmt sind, kritisch zu prüfen und zwischen ihnen eine Entscheidung zu treffen.

2. Die Nomenklatur muß in der Anwendung auf Verbindungen höherer Ordnung (Doppelsalze, Komplexsalze) eine gewisse Beweglichkeit haben, d. h. es müssen verschiedene Möglichkeiten für die Benennung gegeben sein, weil der Benutzer in der Lage sein muß, je nach seinen Absichten im gegebenen Falle einen mehr oder weniger konstitutiv entwickelten Namen zu verwenden (s. oben Beispiel 3).

3. In der anorganischen Chemie bildet die *Formel* stets den eindeutigen und meist wohl auch den kürzesten Ausdruck für die Zusammensetzung einer Verbindung. Man soll sie also in erster Linie zu ihrer Kennzeichnung benutzen und den Namen nicht unnötig mit Details belasten, die ein Blick auf die Formel ohne weiteres kenntlich macht, falls man nicht besondere Absichten damit verbindet. Es genügt also z. B. die vielen, zum Teil sehr kompliziert zusammengesetzten Silicate im Namen einfach nach der Zahl der in der Molekel enthaltenen Si-Atome als Di-, Tri-, Tetrasilicate usw. zu unterscheiden, und die nähere Kennzeichnung der stöchiometrischen Verhältnisse im einzelnen der Formel zu überlassen.

4. Von den speziellen Entscheidungen der Kommission sei hier nur eine angeführt, die schon früher von A. STOCK befürwortet wurde und zum Teil auch schon in Lehrbüchern Eingang gefunden hat. Sie betrifft die *Bezeichnung der Wertigkeitszahl durch römische Ziffern*. Die Kommission empfiehlt also, von Valenzbezeichnungen wie Oxydul, Chlorür, Ferro- und Ferri- usw. abzusehen. Beispiele: Kupfer(I)-chlorid = CuCl , Kupfer(II)-chlorid = CuCl_2 ; Eisen(II)-oxyd = FeO , Eisen(III)-oxyd = Fe_2O_3 ; Zinn(II)-chlorid = SnCl_2 , Zinn(IV)-chlorid = SnCl_4 . Auf diese Weise erzielt man eine durchaus einheitliche Valenzbezeichnung. Zum Unterschiede hiervon werden die stöchiometrischen Zahlen da, wo sie im Namen auftreten sollen, durch griechische Zahlworte wiedergegeben. Man kann also MnO_2 entweder *Mangan(IV)-oxyd*, wenn man die Wertigkeitszahl, oder *Mangandioryd* nennen, wenn man das stöchiometrische Verhältnis zum Ausdruck bringen will. Die konsequente Durchführung dieses Grundsatzes wird vielleicht nicht leicht zu erreichen sein, weil er lang geübten Gewohnheiten widerspricht und

¹⁾ Der organischen Abteilung gehören an: R. STELZNER, Berlin, B. PRAGER, Berlin, H. WIELAND, München, H. WOHL, Danzig, E. SPÄTH, Wien, der anorganischen: R. J. MEYER, Berlin, A. ROSENHEIM, Berlin, A. STOCK, Berlin, R. LORENZ, Frankfurt a. M., P. PFEIFFER, Bonn a. Rh., St. MEYER, Wien.

die vis inertiae erfahrungsgemäß in solchen Fällen nur schwer überwunden wird; man würde aber durch eine allgemeine Annahme dieses Prinzips tatsächlich zu der sehr wünschenswerten *einheitlichen und unzweideutigen* Bezeichnung der Valenz gelangen.

Die anorganische Abteilung der Deutschen Nomenklatur-Kommission hat eine vorläufige Mitteilung über ihre Arbeiten in der Zeitschr. f. angew. Chem. 1925, S. 713 ff. erscheinen lassen. Auf Grund dieses Vorberichtes hat Herr A. Stock einen Vortrag auf der Hauptversammlung des Vereins deutscher Chemiker in Nürnberg gehalten, der eine lebhafte Debatte auslöste. Sie gab Gelegenheit, gewisse Mißverständnisse, die sich über die Absichten der Kommission gebildet hatten,

aufzuklären. Im großen und ganzen aber ergab sie Übereinstimmung über die wesentlichen zur Diskussion stehenden Fragen. Der in Heft 5 dieses Jahrganges der Naturwissenschaften enthaltene Bericht über die Hauptversammlung in Nürnberg wird dieser Sachlage insofern nicht gerecht (S. 87 oben), als er von „Abänderungen des Stockschen Systems“ spricht, die „nach Auffassung vieler Fachgenossen keine Verbesserungen bedeuten“. Hierunter kann nur die Valenzbezeichnung nach Stock verstanden werden, deren „Abänderung“ überhaupt nicht in Frage stand. Vielmehr handelte es sich um eine allgemeine Einführung und Bestätigung dieser oben besprochenen Neuerung, die mit überwiegender Mehrheit gutgeheißen wurde.

Besprechungen.

Goethes naturwissenschaftliche Schriften. Leipzig: Inselverlag 1925. Bd. I: 885 S., Bd. II: 698 S.

Bei dem seit geraumer Zeit wieder stetig zunehmenden Interesse, das den naturwissenschaftlichen Arbeiten des großen Dichters entgegengebracht wird, darf man es als dankenswert begrüßen, daß der Inselverlag diesen Teil der GOETHESchen Werke in besonderer Ausgabe zugänglich gemacht hat. Sie bezeichnet sich als eine Auswahl. Über die Grundsätze, nach denen diese getroffen und angeordnet ist, gibt das am Ende des zweiten Bandes (S. 687) hinzugefügte Nachwort des Herausgebers, GÜNTHER IPSEN, Auskunft. Sie strebt „wenigstens in einer Richtung Vollständigkeit an; nämlich alle die Ausführungen zu bringen, die GOETHE eigentümlich sind und die Art seiner Wissenschaft deutlich zeigen“ (S. 687). „Den Kern der Ausgabe bilden demnach die großen Arbeiten über Metamorphose und Physiologie der Pflanzen, die vergleichende Anatomie und die Abhandlung über den Zwischenkieferknochen, die Ausführungen über Granit und Erdbildung und der didaktische Teil der Farbenlehre; daran schließen sich jeweils weitere Aufsätze und Bruchstücke an; die Beiträge zur allgemeinen Natur- und Wissenschaftslehre sind als eigene Abteilung vorangestellt.“ Dagegen „durfte zurücktreten alles, was nur die Lebensgeschichte und die Zeitgeschichte angeht“. . . . „Von alledem genützte eine Auswahl, die das Wichtigste und Bezeichnendste bringt,“ so z. B. die „Geschichte des botanischen Studiums“ und die „Konfession des Verfassers“ (der Farbenlehre) u. a. Um jedoch von GOETHES Naturanschauungen und von seinen einschlägigen Arbeiten ein vollständiges Bild zu geben, erschien es notwendig, zahlreiche vereinzelte und zerstreute Stellen wiederzugeben, auch aus den im ganzen nicht aufzunehmenden Werken einzelne Teile zu berücksichtigen. Der Herausgeber hat all dies nach seinem Ermessen ausgewählt, in der Weise geordnet, wie es ihm im Hinblick auf den inneren Zusammenhang zweckmäßig erschien, und unter der Bezeichnung „*Aphorismen*“ den einzelnen Abschnitten angereiht (I, S. 83–170, 631–650, 857–872; II, S. 645–684). Obwohl dies Verfahren naturgemäß von mancher Willkürlichkeit nicht frei ist, darf es doch m. E. als verdienstlich anerkannt werden. Jedenfalls ist es dem Herausgeber gelungen, etwas zustande zu bringen, was eine systematisch geordnete Gesamtdarstellung von GOETHES Naturlehre, die ja nicht existiert, zu ersetzen vermag, soweit das eben möglich ist.

Gleich zu Anfang seines Nachwortes betont der Herausgeber, daß er die naturwissenschaftlichen Arbeiten GOETHES als Werke betrachtet, die „ebensogut wie GOETHES Dichtungen beanspruchen dürfen, abgelöst von ihrer Entstehung sachlich und zeitlos wirk-

sam gewertet zu werden“. Trotzdem wird es, wie überall bei der Neuauflage älterer Werke, als Aufgabe des Herausgebers erscheinen, den Leser, wenn auch nur in Kürze über die Beziehung der älteren Arbeiten zu den gegenwärtigen Bestrebungen und Anschauungen in der betr. Wissenschaft zu unterrichten. Dies hat auch IPSEN getan. Er spricht demgemäß davon, „daß in unserer Zeit des Überganges der Geist sich anschiekt, eine neue Wendung zu nehmen“. Nach einer allgemeinen Kennzeichnung dieser Wendung fährt er fort: „In alledem begegnet sich das neue Streben mit GOETHES Wissenschaft. . . Die Wege, die GOETHE einschlug, bahnen uns den Weg ins Neuland.“ Es darf gerade an dieser Stelle nicht unerwähnt bleiben, daß diese Darstellung IPSENS zwar in manchen Beziehungen freudige Zustimmung, in vielen Hinsichten aber auch lebhaften Widerspruch finden dürfte. In der Lehre von der *belebten Natur* zwar begegnen sich Begriffe, die jetzt im Mittelpunkt des Interesses stehen, wie Abstammungslehre, Homologie der Teile, Typus, Vitalismus u. a. mit GOETHESchen Gedanken, so daß moderne Bestrebungen als Weiterentwicklungen der von ihm gemachten Entdeckungen, als Fortarbeiten im Sinne der von ihm ausgegangenen Anregungen betrachtet werden können. Ganz anders in der Lehre von der *unbelebten Natur*. Speziell die Optik hat im 19. Jahrhundert, nach verfeinerten, aber nicht grundsätzlich geänderten Methoden weiterarbeitend, uns eine unübersehbare Fülle neuer Tatsachen erschlossen und im Anschluß an die Wellentheorie des Lichtes befriedigend verständlich gemacht. Sie hat also ihre bewunderungswürdigen theoretischen und praktischen Erfolge auf dem alten, von GOETHE abgelehnten Wege errungen. — Dagegen hat die GOETHESche Farbenlehre niemals Fuß fassen können, schon weil sie ganzen Gebieten von Tatsachen ratlos gegenüberstand und für ihre Deutung gar keine Handhabe bot (Abhängigkeit der gesehenen Farben von Oberflächenbeschaffenheit und Beleuchtung, die gesamten Interferenzerscheinungen, die Abhängigkeit der Strahlung von der Temperatur usw.). Überdies konnte nicht übersehen werden, daß GOETHES Polemik gegen NEWTON zum Teil auf einer handgreiflichen mathematischen Täuschung beruhte. — Daß in jüngster Zeit die Physik eine bedeutungsvolle neue Wendung erkennen läßt, ist allerdings wohl richtig. Aber diese besteht in der erweiterten Anwendung der Mathematik, insbesondere dem Übergang zu abstrakt-mathematischer Betrachtung, auf dem z. B. das Relativitätsprinzip fußt, und steht gewiß GOETHESchem Geist so fern wie nur irgend denkbar.

All dies mag ja nun IPSEN vielleicht als gänzlich verkehrt und unsinnig ablehnen. Allein er erblickt ja selbst das erste Merkmal seiner „neuen Wendung“

darin, daß „die Wissenschaft ihr philosophisches Ingrediens nicht mehr als schändlichen Rückstand ansieht, der je eher je besser auszumerzen sei“, sondern als wertvoll, ja unentbehrlich gelten läßt. Diese Neuorientierung läuft nun aber, das sollte man doch nicht vergessen, der Gedankenrichtung GOETHES schnurstracks zuwider. War doch für ihn das unbefangene Vertrauen in die unmittelbaren Bekundungen unserer Sinneswerkzeuge das A und O alles Naturerkennens, während er die Einmischung philosophischer Betrachtung als unfruchtbar und verkehrt ablehnte und scherzend rühmte: „Ich habe nie über das Denken gedacht.“ Wir verdanken *diese* Wendung, die zudem nicht der Gegenwart angehört, sondern mindestens seit dem letzten Viertel des vorigen Jahrhunderts zu datieren ist, auch nicht einem Zurückgreifen auf GOETHESCHE Gedankengänge oder einer Anlehnung an solche. Wir verdanken sie vielmehr zum Teil dem in damaliger Zeit starken Einfluß der Neukantianer, vor allem aber dem Umstände, das ein Teil der bedeutenden Physiker den GOETHE fehlenden Sinn für philosophische Betrachtung in bedeutendem Maße besaß, und daß so in ihren Händen die Physik durch ihre naturgemäße Entwicklung von selbst, aus sich heraus, zum engen Anschluß an die Philosophie drängte.

Die naturwissenschaftlichen Schriften GOETHES sollten m. E. einem großen Leserkreis nicht vorgelegt werden, ohne daß wenigstens in Kürze darauf hingewiesen wird, daß die Naturwissenschaft nicht in *jeder* Hinsicht den von GOETHE vorgezeichneten Richtlinien folgen kann, daß wir vielfach andere Wege einschlagen haben und einschlagen müssen. Wenn IPSEN keinerlei Andeutung dieser Art gibt, wenn er den alten Geist, von dem wir durch den Anschluß an GOETHE erlöst worden sind oder erlöst werden sollen, als einen kennzeichnet, in dem „Unruhe, Langeweile, Verzagen und ein böses Gewissen einreißen“, so drängt sich wohl die Frage auf, ob er mit den Naturwissenschaften genugsam vertraut ist, um zu einem so weittragenden Urteil berechtigt zu sein.

J. v. KRIES, Freiburg i. Br.
SELZ, OTTO, **Kants Stellung in der Geistesgeschichte.**

Akademische Rede, gehalten bei der Jahresfeier der Handelshochschule Mannheim am 4. Juli 1924. Mannheim, Berlin, Leipzig: J. Bensheimer 1924. 16 S. Preis 0,50 Goldmark.

Diese kleine Schrift versucht, unter nachträglichem Hinweis auf das vorvorjährige KANT-Jubiläum (200. Geburtstag am 22. April 1924) in engstem Rahmen die geistesgeschichtliche Bedeutung KANTS darzulegen. Sie beschränkt sich dabei freilich ganz auf die Erkenntnislehre, auf den KANT der Kritik der reinen Vernunft, ohne irgend welche Berücksichtigung des übrigen so weitumfassenden Geisteswerkes KANTS, seiner Ethik, Ästhetik usw. Darin liegt auf alle Fälle eine Einseitigkeit, die im Widerspruch steht mit dem allgemein gehaltenen Titel. Die erkenntniskritische Stellung KANTS legt der Verfasser dabei fast ausschließlich unter Hinweis auf die Ergebnisse und Grundauffassungen der modernen Naturwissenschaft dar. Nur im Gegensatz hierzu spricht er dann auch von der neueren Metaphysik oder allgemeiner der neueren Philosophie, die ihm fast identisch scheint mit der der Durchdringung des Geisteslebens oder vor allem der Geschichte. Denn auch der Verfasser und das ist besonders bemerkenswert auch in diesem Falle, bei dem allgemeinen Rückblick auf KANT, zeigt sich ganz erfüllt von dem unsere Zeit so stark bewegenden Dualismus: Naturwissenschaft und Geschichtswissenschaft, Gesetzeserkenntnis und individualisierendes Erleben, Mechanismus und Teleologie, Positivismus und Metaphysik usw. So

schröff ist ihm dieser Dualismus, daß er meint, die heutigen philosophisch geschulten Naturforscher seien meistens Positivisten, die Vertreter der Geisteswissenschaften dagegen und der geisteswissenschaftlich orientierten Philosophie seien bewußt oder unbewußt zu meist Anhänger der neuen Metaphysik, „die oft auch nur unter dem Namen einer Erkenntnistheorie auftritt.“ Auch der Verfasser hofft freilich auf einen Brückenschlag zur Überwindung dieses schroffen Dualismus und weist dabei besonders auf die Ergebnisse der neuesten Psychologie hin. Diesen Hinweis kann man nur mit starkem Vorbehalt anerkennen. Bestehen bleibt vorläufig nur der Dualismus selbst und die daraus sich ergebende vielseitige Problematik, wie sie auch in der vorliegenden Schrift zutage tritt.

M. KRONENBERG, Berlin.

RIEZLER, KURT, **Über das Wunder gültiger Naturgesetze.** Eine naturphilosophische Studie. (Sonderdruck aus Dioskuren, Bd. II.) München: Meyer und Jessen 1923.

Diese Schrift ist nicht, wie es nach dem Titel zunächst leicht vermutet werden könnte, ein Panegyrikus auf die Naturgesetzmäßigkeit, sondern sie beschäftigt sich analytisch und teilweise auch kritisch mit deren Problematik, und zwar ebenso mit der inneren Problematik als auch mit all den Zweifelsfragen, die sich an den Grenzlinien nach der Seite der Geisteswissenschaften, wie vor allem der Erkenntnistheorie und Metaphysik, der Philosophie überhaupt, ergeben. Der Verfasser sagt darüber am Eingange seiner Schrift: „Die neuesten Entdeckungen der Naturwissenschaft, und zwar nicht nur die Zurückverschiebung der Invarianten der Naturordnung durch die allgemeine Relativitätslehre, sondern auch das halbentschleierte Wunder des Atombaues, die überraschenden Erfolge der Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung auf das Naturgeschehen, haben eine Reihe von Naturforschern veranlaßt, die Hoffnung auszusprechen oder wenigstens anzudeuten, daß an Hand dieser und vielleicht noch zu machender Entdeckungen Begriff und Bereich der Gültigkeit empirischer Naturgesetze in einer Weise umgestaltet werde, die es gestatten würde, die Brücke von dem Geschehen der Natur zu dem Geschehen der Geschichte zu erspähen und so die Kluft zu schließen, die Notwendigkeit und Freiheit zu trennen scheint.“ In der Hauptsache also handelt es sich hier um ein philosophisches Problem. Die allgemeine Frage ist: Können aus der auf jeden Fall zuzugestehenden Gültigkeit empirischer Naturgesetze weitgehende Folgerungen auf die Totalität des Weltbegriffes gezogen werden, und insbesondere kann auf diesem Wege jene Brücke zu der Welt der Freiheit und des Geistes gesucht und gefunden werden, die manche Naturforscher dieser Art zu erspähen glauben?

Nun ist die erste Frage, die die Philosophie hier zu stellen hat, „die nach dem Ursprung und Recht jenes Anspruchs auf absolute Geltung, den die Naturwissenschaft für die von ihr entdeckten empirischen Gesetze erhebt. Die Philosophie erkennt das Faktum solcher Gesetze an und ist bereit, es als ein Wunder anzupprechen, dessen Möglichkeit der Erklärung bedarf. Aber sie muß sich dagegen wehren, daß aus Bestand und Inhalt dieses Wunders auf ein absolutes Sosein bestimmter Art geschlossen werde, ehe dieses Wunder selbst kritisch geprüft und von allem nicht Wunderbaren gereinigt ist.“

In diesem Sinne also versucht der Verfasser durch kritische Prüfung Geltungsbereich und Begrenzung, innere wie äußere, der Naturgesetzmäßigkeit an der Hand wichtigster Beispiele, so der hauptsächlichlichen mathe-

mathematischen Normen, der Proportionalität von Ursache und Wirkung, des Energiegesetzes, des Hamilton'schen Aktionsprinzips usw. näher zu bestimmen, wie er denn auch dabei der Relativitätstheorie besondere Aufmerksamkeit widmet. In der Hauptsache handelt es sich bei dieser Prüfung um den alten Widerstreit von Erfahrung und Idee. Der Verfasser weiß nach beiden Seiten hin in sachkundigen und scharfsinnigen Deduktionen die notwendigen Grenzlinien zu ziehen. Und es erscheint ihm durchaus als eine vorläufig unausweichliche Forderung, diese sachlich begründeten Grenzlinien nicht zu verwischen, sondern festzuhalten. Er geht dabei so weit, selbst gegen KANT einmal zu bemerken: „Vor dem kosmischen Bilde der neueren Naturwissenschaft ist die Harmonie der Sphären nur ein erhabener Traum. Alle Ordnung ist hergestellt, nicht gegeben. Sie stammt nicht aus einem Ganzen der Sternenwelt, sondern ist der ewigen Verwirrung im einzelnen abgerungen. Gegen KANTS Gewißheit der Übereinstimmung einer wunderbaren Ordnung des Sternenhimmels mit dem moralischen Gesetze konnte heute bemerkt werden, daß das Übereinstimmende nur die Unordnung des Himmels und die Verwirrung der moralischen Welt sei.“

So weit nun aber dennoch dem natürlichen Verlangen und Streben denkender Betrachtung, alles Wirkliche, also auch die getrennten Sphären von Natur und Geschichte, einheitlich zu verknüpfen, stattgegeben werden soll, erscheint dem Verfasser auch nach der Seite der Idee hin das Feld weit geöffnet. Und so meint er dann schließlich: „Wenn wir von dem Element der Geschichte, dem Menschen, so wenig wüßten als von dem durch unsere heutige Kenntnis doch nur obenhin charakterisierten Uranatom, wir würden in dem Menschen wohl kaum die Einzigkeit einer Gestalt vermuten dürfen, es gäbe nichts, das, als Darstellung des Unwiederholbaren, Geschichte heißen könnte. Wie, wenn wir nun umgekehrt uns vorstellen, wir wüßten von dem Mikrokosmos, in dem die Naturbetrachtung endet, so viel wie von dem Menschen, könnte da nicht jedes dieser Elemente sich als einzige unwiederholbare Gestalt enthüllen und sich etwa zeigen, daß die Naturwissenschaft für ihre Zwecke diese Einzigkeit dank der großen Zahl und dem Ausgleich der Verschiedenheiten im Mittel vernachlässigen darf, um sich nur den Gemeinsamkeiten zuzuwenden, die für diese supponierten Elemente ebenso konstant sein können, als die ewig selbigen Triebe, die das Handeln der Menschen im Innersten durchwalten?“ Indessen wird sogleich hinzugefügt: „Aber freilich jede derartige Vorstellung bleibt nur ein müßiges Spiel der Phantasie. Die Erlaubnis, ihm nachzuhängen, hätte die Metaphysik — die Grenzen der menschlichen Erkenntnis entlang tastend — von einer erkenntniskritischen Einsicht in das Verhältnis der besonderen Gestaltung, welche unser Denken ist, zu der möglichen Gestaltung überhaupt in schwieriger und mühseliger Untersuchung zu erringen.“

M. KRONENBERG, Berlin.

EDDINGTON, A. S., *Relativitätstheorie in mathematischer Behandlung*. Übersetzung von A. OSTROWSKI und H. SCHMIDT. Berlin: Julius Springer 1925. XIV, 377 S. 16 × 24 cm. Preis geh. 18,—, geb. 19,50 Reichsmark.

Angesichts der Bedeutung und Gedankentiefe des EDDINGTONSchen Lehrbuches der Relativitätstheorie, die in dieser Zeitschrift bei Besprechung des englischen Originals von fachkundiger Seite bereits eine eingehende Würdigung erfahren hat¹⁾, ist es wärmstens zu be-

grüßen, daß nunmehr dieses Werk durch eine deutsche Ausgabe einem weiteren Leserkreis zugänglicher gemacht worden ist. Die Übersetzung ist mustergültig; überdies sind von den Übersetzern an mehreren Stellen noch besonders gekennzeichnete, erläuternde Fußnoten hinzugefügt. Wie im Vorwort angegeben, umfaßt die deutsche Ausgabe den gesamten Inhalt der zweiten englischen Auflage.

Von besonderem Interesse ist das letzte Kapitel des Buches („Die Weltgeometrie“), das von den theoretischen Ansätzen handelt, durch die eine innigere begriffliche Verschmelzung des elektromagnetischen und des Gravitationsfeldes angestrebt wird. Zu dieser weiteren Entwicklung der allgemeinen Relativitätstheorie, die bisher allerdings zu vollständig befriedigenden Resultaten nicht hat vordringen können, haben hauptsächlich WEYL, EDDINGTON selbst und EINSTEIN beigetragen. Sehr wertvoll ist es daher, daß am Schlusse des Buches eine Note von EINSTEIN über seinen eigenen Beitrag zu EDDINGTONS Theorie beigefügt ist.

Zwischen dem physikalischen Standpunkt der allgemeinen Relativitätstheorie in ihrer ursprünglich von EINSTEIN aufgestellten Form und demjenigen der erwähnten, einen näheren Zusammenhang zwischen Gravitation und Elektrizität anstrebenden Theorien besteht ein prinzipieller Unterschied, der in dem besprochenen Buch durch die Stichworte „natürliche Geometrie“ und „Weltgeometrie“ gekennzeichnet und eingehend erläutert wird. Die natürliche Geometrie bezieht sich auf die direkt beobachtbaren Angaben von Maßstäben und Uhren, durch die ursprünglich die 10 Tensorkomponenten des metrischen Feldes definiert sind. Die wesentlich neue physikalische Einsicht, welche die allgemeine Relativitätstheorie brachte, besteht in dem Zusammenhang dieser natürlichen Geometrie mit dem Gravitationsfeld und beruht auf der Erfahrungstatsache der Gleichheit von schwerer und träger Masse. Einem Versuch einer analogen geometrischen Deutung des elektromagnetischen Feldes steht nun die Schwierigkeit entgegen, daß hier keine der Gleichheit von schwerer und träger Masse entsprechende Erfahrungstatsache vorliegt, die eine solche Deutung als „natürlich“ erscheinen lassen würde. Man hat sich daher so geholfen, daß man eine hinreichend allgemeine Geometrie zugrunde legte, bei der zunächst von einem direkten Zusammenhang der eingeführten geometrischen Größen mit dem beobachteten Verhalten der Maßstäbe und Uhren keine Rede ist. Wie EDDINGTON treffend bemerkt, ist diese „Weltgeometrie“ eine Art *graphische Darstellung* der physikalischen Größen und Gesetze. Durch Konstruktion geeigneter Geometrien, in denen besonders ein verallgemeinerter Begriff der Parallelverschiebung eine wesentliche Rolle spielt, gelingt es in der Tat, die Gesetze des elektromagnetischen und des Gravitationsfeldes einheitlich zu formulieren, was jedoch im einzelnen auf verschiedene Weisen möglich ist.

Es ist aber im Auge zu behalten, daß es sich hierbei wohl mehr um eine rein formale, als um eine physikalische Einsicht handelt. Auch konnten durch diese Theorien bisher keine neuen, der Prüfung durch die Erfahrung zugänglichen Ergebnisse gewonnen werden. Man dürfte daher mit einer gewissen Befriedigung EINSTEINS Standpunkt zu diesen Theorien vernehmen, den er am Schluß der obenerwähnten Note über „EDDINGTONS Theorie und HAMILTONSches Prinzip“ in folgendem Satz zusammenfaßt: „Für mich besteht das Endergebnis dieser Betrachtung leider in dem Eindruck, daß uns die WEYL-EDDINGTONSche Vertiefung der geometrischen Grundlagen keinen Fortschritt der

¹⁾ Diese Zeitschr. 11, 382. 1923.

physikalischen Erkenntnis zu bringen vermag; hoffentlich wird die künftige Entwicklung zeigen, daß diese pessimistische Meinung unberechtigt gewesen ist."

Es scheint dem Ref., daß auch durch die neueste Arbeit von EINSTEIN über „Gravitation und Elektrizität“¹⁾ diese Sachlage sich noch nicht wesentlich verändert hat. Dagegen ist es nicht ausgeschlossen, daß das hiermit zusammenhängende Problem der Struktur des Elektrons durch die neuere Entwicklung der Quantentheorie wieder in den Vordergrund treten wird²⁾.

W. PAULI jr., Hamburg.

DRECKER, **Zeitmessung und Sternedeutung in geschichtlicher Darstellung.** Berlin: Gebr. Borntraeger 1925. 185 S. und 67 Abbild. 14×22 cm. Preis 6,75 Reichsmark.

Das Werkchen, Band 8 der Sammlung Bornträger, zerfällt in 3 miteinander in ziemlich losem Zusammenhang stehende Abschnitte von verschiedenem literarischen Reiz und Wert. Der erste Teil behandelt die *Chronologie* und verrät nicht nur den den Stoff beherrschenden Sachkenner, sondern auch den gewissenhaften und dabei stets eleganten und anregenden Darsteller. Pedantische Fachkritik würde mancherlei Schwachpunkte aufweisen können. Aber der Gesamteindruck dieses Abschnittes, der auf 55 Seiten einen immerhin ziemlich spröden Stoff erschöpfend, im besten Sinne gemeinverständlich und ohne alle ermüdenden Weitläufigkeiten darzustellen verstanden hat, ist so erfreulich, daß kleinliche Detailkritik geschmacklos wäre; Ref. glaubt, daß auch der strengste Fachmann diesen Abschnitt nicht anders haben möchte als er ist.

Der zweite Abschnitt befaßt sich mit der *Horologie*, d. h. mit der geschichtlichen Entwicklung der Unterteilung des Tages in Stunden, und allgemein der praktischen Bestimmung der empirischen Zeit. In diesem Abschnitt wird das ästhetische Urteil des fachmännischen Lesers einer erheblich härteren Belastung ausgesetzt. Zwar erfährt man über die historische Entwicklung der Stundeneinteilung des Tages alles Erforderliche, dann aber läuft auf dem Lieblingsgebiete des Verf., der Sonnenuhrenkunde, die Darstellung — im Verhältnis zum Gesamtumfang des Werkchens — zu sehr in die Breite, so daß für die modernen Probleme der Zeitdefinition und Zeitbestimmung, sowohl nach der prinzipiellen wie der praktisch instrumentellen Seite, fast gar kein Raum übrigbleibt, und der völlig harmlose Leser schließlich zu der Meinung gelangen kann, daß die Einführung einer präzis definierten mittleren Zeit auch im praktischen Leben eigentlich nur wegen des unbequem genauen Ganges der modernen Uhren erfolgt ist, und daß man noch heute die genaue Zeit mit der Sonnenuhr bestimmt. So wenig der Ref. die hübschen und interessanten Mitteilungen aus dem Gebiete der Gnomonik missen möchte, so wenig kann er sich damit einverstanden erklären, daß dies auf Kosten der Fortschritte der Zeitdefinition und -bestimmung der letzten 3 Jahrhunderte erreicht wird. Es dürfte dem Verf. keinerlei Schwierigkeiten machen, empfindliche Lücken, die hier geblieben sind, durch Ergänzung und Abglättung des Stoffes bei späterer Neubearbeitung zu schließen.

In dem dritten Teile endlich, der die *Astrologie* behandelt, ist dem Verf. jedenfalls das Verdienst zuerkennen, daß er in die völlig verworrene Materie so weit Ordnung und Klarheit gebracht hat, daß jeder

einigermaßen urteilsfähige Leser begreift, wieso *ex eventu* so ziemlich jedes Horoskop richtig gestellt werden kann.

Ob das Werkchen „notwendig“ war, darüber läßt sich streiten; es wird dem Verf. eine Kleinigkeit sein, in Zukunft die meisten Bedenken dagegen unwirksam zu machen. Hübsch und lesenswert ist es jedenfalls auch schon in seiner heutigen Form.

A. v. BRUNN, Danzig.

SOERGEL, W., **Die Gliederung und absolute Zeitrechnung des Eiszeitalters.** Fortschr. d. Geologie u. Paläontologie, H. 13, S. 125—251. Berlin: Gebr. Borntraeger 1925. 16×25 cm. Preis 8,25 Reichsmark.

Auf Grund der Berechnungen MILANKOVITSCHS, welche die Veränderungen der Strahlungsintensität des Sommerhalbjahres in höheren Breiten innerhalb der letzten 650 000 Jahre betreffen, haben KÖPPEN und WEGENER eine astronomische Gliederung des Eiszeitalters durchgeführt. Diese wird von den beiden Autoren in Breitenchwankungskurven wiedergegeben, welche sich durch vier gedoppelte Strahlungsminima auszeichnen; letztere entsprechen der alten geologischen, von PENCK und BRÜCKNER gegebenen Einteilung des Diluviums in Günz-, Mindel-, Riß- und Würmeiszeit. Auch der baltische Vorstoß und eine namenlose Eiszeit zwischen Mindel- und Rißeiszeit kommen deutlich bei den Kurven zum Vorschein. Doch ziehen sich die betreffenden Knicke nicht so weit herunter wie die sich auf die 4 Haupteiszeiten beziehenden Kurvenabschnitte.

SOERGEL hat im *nichtvereisten* Thüringen 11 kalte und 11 warme Perioden nachgewiesen, welche sich durch Terrassen- und Erosionsbildungen dokumentieren. Die Erosionen entsprechen dabei Inter- bzw. Nichtglazialzeiten. Diese 22 Perioden versucht SOERGEL mit 20 Perioden (10 kalte und 10 gemäßigte), welche er aus der Strahlungskurve abliest, zu parallelisieren, wobei als Vergleichsfundament für die Altersbestimmung vier „*eindeutig*“ altersbestimmte Terrassen im Ilm- und Saalegebiet dienen. Die überschüssige Eiszeit, welche in Thüringen durch eine Terrasse belegt wird, verlegt SOERGEL in die Zeit zwischen II. Riß- und I. Würmglazial und nennt sie Prärißeiszeit, so daß also die 11 geologisch nachgewiesenen Eiszeiten mit den 8 Hauptminima und 3 Nebenminima der KÖPPEN-WEGENERSchen Kurven zusammenfallen.

Verf. erweitert seine Anschauung über den 11maligen Klimawechsel, welchen er im nichtvereisten Gebiet nachgewiesen hat, auch auf die *vereisten* Gebiete, was aber vorerst nur als Arbeitshypothese angesehen werden kann, da sich, wie SOERGEL auseinandersetzt, diese nicht zur vollständigen Gliederung des Eiszeitalters eignen.

Da nun die Minima der Strahlungskurven zeitlich nach Jahrtausenden festgelegt sind, so gilt dies auch nach dem Vorhergehenden für die einzelnen kalten Diluvialzeiten, weil ja letztere mit den Kurvenminima zusammenfallen, was das KÖPPEN-WEGENERSche Diagramm deutlich für die 4 *Haupteiszeiten* zum Ausdruck bringt. SOERGEL geht noch weiter und legt die einzelnen 11 thüringischen Terrassen absolut zeitlich auf Grund der Strahlungskurvenknicke fest. Er gibt einen ausführlichen Kalender des Diluviums, aus dem man die Daten der Eis- und Zwischeneiszeiten und ihre absolute Dauer in Jahrtausenden ablesen kann. Gelingt es, irgend einen Absatz innerhalb des Diluviums geologisch genau zu fixieren, so können die Zeiten, welche zu seiner Bildung nötig waren, aus der Strahlungskurve abgelesen werden, was SOERGEL z. B. für die Travertine von Ehringsdorf ausführt.

SOERGEL hebt am Schluß der Arbeit den Wert der exakteren chronologischen Einteilung des Diluviums für verschiedene naturwissenschaftliche Disziplinen

¹⁾ Berl. Ber. 414. 1925.

²⁾ Vgl. hierzu die Note von S. GOUDSMIT und E. UHLENBECK, diese Zeitschr. 13, 953. 1925.

hervor, u. a. auch für die Prähistorie und Paläanthropologie. Von der Länge der einzelnen Kulturen geben die Zahlen SOERGELS einen Begriff; so dauerte das Acheuléen 193, das Celléen 53 bzw. 96, das Moustérien 73 bzw. 30, das Aurignacien 38, das Solutréen 5 und das Magdalénien 46 Tausend Jahre.

Man wird gegen SOERGELS Ansicht einwenden können, daß manche Kurvenknick des Strahlungsdiagramms, welche nicht weiter verwertet sind, mit nicht unbedeutender Wärmeabnahme in Zusammenhang stehen könnten, wobei etwa auf das doppelte Herunterdrücken der Kurve zwischen Mindel II und Präriß hingewiesen sei. Wenn auch diese Minima nicht so tief wie beim Präriß heruntergehen, so ist die Differenz doch minimal, so daß also die Zahl der Eiszeiten

bzw. Eisvorstoßzeiten noch um 2 vermehrt werden könnte, wenn man Präriß als Eiszeit bzw. als Eisvorstoßzeit ansieht. Doch sind derartige Einwände belanglos, denn es ist vollständig gleichgültig, ob man 10, 11 oder 13 Eiszeiten bzw. Eisvorstoßzeiten annimmt. Der Hauptwert der SOERGELSchen Arbeit ist, daß sie mit Nachdruck darauf hinweist, daß nicht nur eine großzügige Übereinstimmung zwischen geologischer und astronomischer Einteilung der Diluvialzeit besteht, wie dies KÖPPEN und WEGENER darstellen, sondern, daß auch die detaillierte Terrasseneinteilung des Ilm-Saalekomplexes in das Strahlungsdiagramm hineinpaßt, und daß auf diese Weise eine exaktere absolute Zeiteinteilung des Diluviums als bisher möglich erscheint.

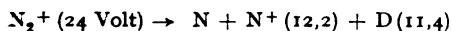
H. KLÄHN, Rostock.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Der Herausgeber hält sich für die Zuschriften und vorläufigen Mitteilungen nicht für verantwortlich.

Zur Frage der Dissoziationsarbeit von Stickstoff und Sauerstoff.

In einer kürzlich erschienenen Arbeit (Physical. Review 26, 786. 1925) bestimmen T. R. HOGNESS und E. G. LUNN die relative Zahl an Ionen N^+ und N_2^+ , die bei verschiedenen Drucken und Spannungen gebildet werden. Sie finden von 17 Volt ab nur N_2^+ -Ionen in Übereinstimmung mit anderen Beobachtungen. (Literatur siehe bei HOGNESS und LUNN.) Von 24 Volt ab beobachten sie daneben das Auftreten von N^+ -Ionen. Entsprechend der beobachteten Druckabhängigkeit schließen sie, daß das Auftreten dieser Ionen die Folge eines sekundären Prozesses ist. Sie nehmen an, daß bei 17 Volt und 24 Volt zwei verschiedenartige Moleküle gebildet werden, ein stabiles und ein instabiles, je nachdem ob ein „nicht bindendes“ oder ein „bindendes“ Elektron durch den Ionisationsprozeß entfernt wird. Nach ihrer Auffassung müßte man für das Stickstoffmolekül zwei verschiedene Ionisierungsspannungen und demnach auch zwei verschiedene Bandensysteme entgegen den Beobachtungen erwarten. Diese Schwierigkeit kann man umgehen, wenn man annimmt, daß die Differenz von 24 bis 17 Volt zur Anregung des Molekülsion verwandt wird. Daß das Molekülion unterhalb von 24 Volt nicht so dissoziieren kann, daß ein Atomion dabei auftritt, zeigt die folgende Überlegung. Das Molekülion muß als Energie mindestens die Dissoziationsenergie und die Ionisierungsenergie eines Stickstoffatoms enthalten, um bei einem Zusammenstoß mit einem N_2 ein Atomion liefern zu können. Die Dissoziationsarbeit des Stickstoffs habe ich kürzlich (Zeitschr. f. Physik 34, 622. 1925) zu etwa 11,4 Volt¹⁾ angegeben. Auf Grund einer Arbeit von C. G. KIESS (Journ. of Opt. Soc. 34, 622. 1925) und theoretischer Überlegungen gibt F. HUND (Zeitschr. f. Physik 34, 296. 1925) ein Termchema des N-Atoms, aus dem eine Ionisierungsenergie von 12,2 Volt folgt. Der Prozeß wäre also:



Die Übereinstimmung ist absolut innerhalb der Fehlergrenzen. Die Differenzenergie von 24 – 16,5 = 7,5 Volt (16,5 Volt für die Ionisierungsenergie aus neuen Messungen, H. SPONER, l. c.) würde die Dissoziationsarbeit des Molekülsion bestimmen.

Die oben stehende Energiegleichung kann man nun

¹⁾ LANGMUIR schätzte schon in früheren Arbeiten die Dissoziationsarbeit von N_2 höher als 10 Volt. (Lit. siehe bei HOGNESS und LUNN.)

benutzen, um zu einer Schätzung für die Dissoziationsenergie des Sauerstoffs zu kommen. Entnimmt man einer Arbeit von SMYTH (Proc. Roy. Soc. 105 A, 116. 1923) den Wert von 22 Volt für O_2 , der den 24 Volt für N_2 entspricht, und benutzt man die von J. J. HOPFIELD für Sauerstoff (Nature 112, 437. 1923) angegebene Ionisierungsspannung von 13,6 Volt, so erhält man für die Dissoziationsarbeit des Sauerstoffs etwa 8 Volt. Durch die Freundlichkeit von Dr. HOGNESS erhielt ich Kenntnis von noch nicht veröffentlichten gemeinsam mit Herrn LUNN ausgeführten Messungen in Sauerstoff, die für die Dissoziationsenergie etwa 6,5 Volt ergeben. Es scheint danach, daß der von SMYTH beobachtete Wert etwas zu hoch ist. WULF (Journ. of the Americ. Chem. Soc. 47, 1944. 1925) gewinnt als obere Grenze für die Dissoziationsarbeit des Sauerstoffs 5,9 Volt, da er als Ausgangsenergie für O_2^+ 19,5 Volt aus einer Arbeit von LOCKROW und DUFFENDACK (Physical. Review 25, 110. 1925) nimmt. Es ist aber sehr gut möglich, daß dieses Potential nicht der Dissoziation in ein neutrales und ein ionisiertes, sondern in ein neutrales und ein angeregtes Atom entspricht. Prof. BIRGE hat aus spektroskopischen Daten jetzt die Dissoziationsarbeit von O_2 zu 7 Volt bestimmt. Über dieses Resultat soll in Zusammenhang mit andern neuen Ergebnissen binnen kurzem ausführlich berichtet werden.

Berkeley, University of California, Departement of Physics. Januar 1926.

HERTHA SPONER.

Über Beziehungen zwischen den Übergangswahrscheinlichkeiten beim Zeemaneffekt (magnetischer f-Summensatz).

Durch eine Kombination der SOMMERFELD-HÖNLSchen Formeln¹⁾ für die Intensitäten der Komponenten von Multiplettlinien erster Stufe mit den HÖNLSchen Formeln²⁾ für die Intensitäten der Zeemankomponenten lassen sich die folgenden einfachen Beziehungen gewinnen. Man bezeichne das Produkt aus der Übergangswahrscheinlichkeit und der Abklingungszeit eines klassischen Oszillators mit f^2), und betrachte in einer

¹⁾ A. SOMMERFELD und H. HÖNL, Sitzungsber. d. preuß. Akad. d. Wiss. 1925, S. 141; H. HÖNL, Zeitschr. f. Phys. 31, 340. 1925. Vgl. ferner R. DE L. KRONIG, Zeitschr. f. Phys. 31, 885. 1925.

²⁾ Vgl. z. B. R. LADENBURG und F. REICHE, Naturwissenschaften 1923, S. 588; F. REICHE und W. THOMAS, Zeitschr. f. Phys. 34, 510. 1925.

magnetisch zerlegten Multiplettlinie ein bestimmtes magnetisches Niveau, das durch die Quantenzahlen (in SOMMERFELDS Normierung) j_a (Quantenzahl der Anregung $= k-1$), j (innere Quantenzahl), m (magnetische Quantenzahl) charakterisiert ist. Dann folgt für die auf dem betrachteten Niveau endigenden Übergänge, soweit sie der gesamten Multiplettlinie (d. h. allen ihren Komponenten $\Delta j = 0, \pm 1$) entsprechen:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{\Delta j = 0, \pm 1} (f_{m+1 \rightarrow m} - f_{m-1 \rightarrow m}) &= (2-g) \cdot m \cdot \frac{\sum f_a}{j_a + 1} \\ &\text{für die Übergänge } j_a + 1 \rightarrow j_a \\ \sum_{\Delta j = 0, \pm 1} (f'_{m+1 \rightarrow m} - f'_{m-1 \rightarrow m}) &= -(2-g) \cdot m \cdot \frac{\sum f'_a}{j_a} \\ &\text{für die Übergänge } j_a - 1 \rightarrow j_a \end{aligned} \right\} \text{(Ia)}$$

Hier bedeutet g den LANDÉSchen Aufspaltungsfaktor des betrachteten Niveaus; links stehen die Summen über die f -Differenzen der σ -Komponenten, während die rechts auftretenden Summen *alle* auf dem betrachteten Niveau endigenden Übergänge umfassen, soweit sie der Multiplettlinie angehören.

Ganz analog ergibt sich für die von einem bestimmten magnetischen Niveau (j_a, j, m) ausgehenden Übergänge:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{\Delta j = 0, \pm 1} (f_{m \rightarrow m-1} - f_{m \rightarrow m+1}) &= (2-g) \cdot m \cdot \frac{\sum f_a}{j_a} \\ &\text{für die Übergänge } j_a \rightarrow j_a - 1 \\ \sum_{\Delta j = 0, \pm 1} (f'_{m \rightarrow m-1} - f'_{m \rightarrow m+1}) &= -(2-g) \cdot m \cdot \frac{\sum f'_a}{j_a + 1} \\ &\text{für die Übergänge } j_a \rightarrow j_a + 1 \end{aligned} \right\} \text{(Ib)}$$

[In den Formeln (Ia) und (Ib) bezieht sich der Index a auf die Absorptionslinien, der Index e auf die Emissionslinien des betrachteten Niveaus. Der Strich an den Indices deutet hier, wie im folgenden, an, daß bei den betreffenden Übergängen j_a zunimmt.]

Die Beziehungen (Ia) (Ib) lassen eine Anwendung auf die von R. LADENBURG¹⁾ kürzlich aufgefundene longitudinale paramagnetische Drehung der Polarisationssebene zu. Aus LADENBURGS Formel (3) in der zitierten Arbeit folgt — da die Differenz ($\vartheta_- - \vartheta_+$) für jede Multiplettlinie, die zu der Drehung beiträgt, bekanntlich²⁾ proportional zu den linken Seiten der Formeln (Ia) und (Ib) ist³⁾ — daß die longitudinale paramagnetische Drehung außerhalb der Linien die Größe $(2-g)$ als Proportionalitätsfaktor enthält. Die Drehung verschwindet daher für alle s = Terme, also z. B. für die Grundzustände der Alkalien.

Die Formeln (Ia) (Ib) lassen sich ferner zu einem „magnetischen“ f -Sommensatz vereinigen, der dem von W. THOMAS⁴⁾ abgeleiteten analog ist. Die korrespondenzmäßige Rechnung liefert für ein mehrfach periodisches System im Magnetfeld bei hohen Quantenzahlen die Beziehung:

$$\sum_{\Delta j; \Delta j_a; \Delta j} (f_{jm+1} - f_{jm-1}) = m \quad (2)$$

¹⁾ R. LADENBURG, Zeitschr. f. Phys. 34, 898. 1925.

²⁾ R. LADENBURG, Zeitschr. f. Phys. 4, 451. 1921; H. A. KRAMERS, Nature 113, 673. 1924.

³⁾ Hierbei ist vorausgesetzt, daß die Komponenten der Multiplettlinie so nahe beieinander liegen, daß man die Verschiedenheit ihrer Frequenzen vernachlässigen kann.

⁴⁾ W. THOMAS, Naturwissenschaften 13, 627. 1925. Vgl. ferner F. REICHE und W. THOMAS, l. c.; W. KUHN, Zeitschr. f. Phys. 33, 408. 1925.

wobei über alle möglichen Sprünge der Hauptquantenzahl n , der Anregungsquantenzahl j_a und der inneren Quantenzahl j summiert ist. Eine naheliegende quantenmäßige Umdeutung der Formel (2) führt, unter Benützung von (Ia) (Ib), auf die Summenformel:

$$\frac{1}{2} \left\{ \sum_a (f_{m+1 \rightarrow m} - f_{m-1 \rightarrow m}) + \sum_e (f'_{m \rightarrow m-1} - f'_{m \rightarrow m+1}) \right\} = (2-g) \cdot m \cdot \Phi \quad (3)$$

Hier ist die a -Summe über die σ -Komponenten *aller* auf dem betrachteten Niveau (j, j_a, m) endigenden Absorptionslinien (ohne Einschränkung), die e -Summe über die σ -Komponenten *aller* von dem betrachteten Niveau ausgehenden Emissionslinien erstreckt. Die genaue Form der Größe Φ , die noch von den Quantenzahlen des betrachteten Niveaus abhängen kann, läßt sich, wie bekannt, durch Korrespondenzbetrachtungen nicht ermitteln. Jedoch unterliegt Φ den folgenden weitgehenden Einschränkungen:

1. Da für hohe Quantenzahlen (3) mit (2) identisch werden muß, g aber in diesem Fall dem Wert 1 zustrebt, so muß Φ für hohe Quantenzahlen ($j_a \gg 1$) gleich 1 werden.

2. Aus (Ia) (Ib) folgt durch Summation über *alle* Linien:

$$2 \Phi = \frac{\sum f_a - \sum f'_a}{j_a + 1} + \frac{\sum f'_a - \sum f_a}{j_a} \quad (4a)$$

Andererseits läßt sich der THOMASSche Sommensatz in die Gestalt bringen:

$$s \text{ (Periodizitätsgrad)} = \left(\frac{\sum f_a - \sum f'_a}{j_a} - \left(\frac{\sum f'_a - \sum f_a}{j_a} \right) \right) \quad (4b)$$

Für $j_a = 0$ (s -Term) fallen in (4a) (4b) rechts die zweiten Glieder identisch fort. Daher folgt:

$$\Phi_{j_a=0} = 0 = \frac{1}{2} s.$$

Es sei noch erwähnt, daß eine etwas andere Kombination der Formeln (Ia) (Ib) mit (4b) den folgenden Sommensatz liefert:

$$\left\{ \begin{aligned} &(j_a + 1) \cdot \sum_a (f_{m+1 \rightarrow m} - f_{m-1 \rightarrow m}) \\ &- j_a \cdot \sum_e (f'_{m+1 \rightarrow m} - f'_{m-1 \rightarrow m}) \\ &- [j_a \cdot \sum_e (f'_{m \rightarrow m-1} - f'_{m \rightarrow m+1}) \\ &- (j_a + 1) \sum_a (f_{m \rightarrow m-1} - f_{m \rightarrow m+1})] \end{aligned} \right\} = (2-g) m s \quad (5)$$

Breslau, Februar 1926.

F. REICHE.

Literatur über Radioaktivität.

Im Hinblick auf die Schwierigkeiten, in *alle* wissenschaftlichen Zeitschriften (insbesondere Sitzungsberichte der lokalen Akademien, Dissertationen im Sonderdruck usw.) Einblick zu erhalten, richte ich an alle Berufskollegen, die sich mit Radioaktivität und radioaktiver Strahlung beschäftigen, die Bitte mir Sonderdrucke ihrer Arbeiten freundlichst zuzusenden zu wollen. Da mir die Abfassung des Teilbandes „Radioaktivität“ im neuen „Handbuch der Experimentalphysik“ übertragen wurde, wäre dies für mich bzw. für das Buch von sehr großem Werte. Meine Anschrift ist:

Prof. Dr. K. W. F. KOHLRAUSCH, Graz, Österreich. Rechbauerstraße, physik. Institut der technischen Hochschule.

Graz, März 1926.

K. W. F. KOHLRAUSCH.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft.

(Berliner Zweigverein).

In der Sitzung am 1. Dezember 1925 gab zunächst Herr Geh. Rat Prof. Dr. SÜRING einen Bericht über die Tagung der internationalen Strahlungskommission in Davos.

Diese Kommission tagte vom 31. August bis 2. September in Davos. Von den einzelnen Ländern waren nur die Schweiz, Holland, Deutschland, Schweden und Polen vertreten. Leider konnte der Hauptpunkt der Tagesordnung, der der Strahlungskommission von der letzten internationalen Meteorologenkonferenz in Utrecht zugewiesen worden war, nämlich die Schaffung einer Zentrale zur Eichung und Kontrolle von Strahlungsapparaten, nicht zur Verhandlung kommen, da erst eine weitere Klärung der organisatorischen Verhältnisse in Schweden abgewartet werden sollte. Infolgedessen wurden die Verhandlungen in der Hauptsache zu einer Besprechung der heutigen Methoden der Strahlungsmessung.

In Amerika wird fast ausschließlich das sog. Silverdisk-Pyrheliometer in einer Modifikation nach MARVIN als Strahlungsinstrument gebraucht. Das Weather-Bureau hat seine Apparate zur Registrierung eingerichtet und verfügt aus seinem Stationsnetz über einige Reihen vergleichbarer Messungen. Der Nachteil des Silverdisk-Pyrheliometers liegt allerdings in seiner verhältnismäßig großen Trägheit. In Europa zieht man direkte Bestrahlung des Thermometerkörpers vor. Hier ist das ANGSTRÖMSche Kompensations-Pyrheliometer am verbreitetsten. Es wurde auf der Tagung als das beste Instrument angesprochen. Als Nachteil wird nur empfunden, daß bei ihm eine zu große Strahlungsflähe aufgenommen wird. Daneben sind noch Instrumente im Gebrauch, die ohne Kompensation arbeiten und als Relativinstrumente an ein Normalinstrument angeschlossen werden müssen; es sind dies die von DORNO, LINKE und GORCZYNSKI angegebenen Apparate. In Ost- und Südeuropa ist das genügende Werte liefernde Bimetallaktinometer nach MICHELSON vielfach in Gebrauch. Zwischen Amerika und Europa besteht insofern ein Gegensatz, als in Amerika in der

Strahlungsmessung Einheitlichkeit herrscht, in Europa dagegen Instrumente verschiedener Bauart ohne rechte Kontrolle benutzt werden.

Die Apparatur zur Messung der Gesamtstrahlung des Himmels ist in Amerika in Form der Pyranometer entwickelt. Von ihm liegen vier verschiedene Abarten nach CALENDAR, ABBOT-ALDRICH, ANGSTRÖM und KIMBALL vor. An Registrierungen sind längere Reihen nur in England und Amerika gewonnen worden; Europa verfügt nur über kürzere Reihen.

Ein von C. DORNO auf der Tagung gehaltener Vortrag beschäftigte sich mit der Wichtigkeit der Strahlungsforschung für die Klimatologie und betonte besonders die Notwendigkeit des Studiums der ultravioletten Strahlung, neben der die Strahlung im grün-gelb gleichfalls von Bedeutung ist.

Die von der Kommission gefaßten Beschlüsse bezogen sich auf das zu erstrebende weitere Studium der Apparate und Eichung durch Schweden, auf die Untersuchung der Filter, auf die Strahlungsmessungen vom Flugzeug aus und auf die Messungen mit photoelektrischen Zellen.

An zweiter Stelle sprach Herr Prof. Dr. KASSNER über Die Feuchtigkeits-Windrose von Helgoland.

Gegenüber den Verhältnissen im norddeutschen Flachland zeigt Helgoland eine auffallende Beziehung zwischen Windrichtung und den höchsten und tiefsten Werten der absoluten Feuchtigkeit. Der Höchstwert ist im Januar mit Westwind zu erwarten und wandert dann im Jahresgang über Süd nach Südost, wo er in der warmen Jahreshälfte vom Mai bis August bleibt, um aber dann wieder über Süd nach West im Dezember zurück zu drehen. Der tiefste Wert führt eine ganz entsprechende Drehung aus, die nur um 180° von der eben geschilderten entfernt ist. Die ihm zukommende Windrichtung verschiebt sich von Ost über Nord nach Nordwest und zurück über Nord nach Ost. Die Erklärung ist in den jeweiligen Gegensätzen in der Erwärmung vom festländischen Europa und dem Meere zu suchen.

KN.

Astronomische Mitteilungen.

Die Eigenbewegung der Hyaden. (Publ. of the Kapteyn Astronomical Laboratory at Groningen, Nr. 35: The proper motions of the Hyades derived from plates taken at the Helsingfors Observatory by Prof. A. DONNER, measured and discussed by Prof. Dr. P. J. VAN RHIJN, director and W. J. KLEIN WASSINK, assistant of the Kapteyn Laboratory. Groningen 1924.) Die bewegten Sternhaufen zeichnen sich dadurch aus, daß ihre Mitglieder identische räumliche Geschwindigkeiten haben. Ihre scheinbaren Bewegungen an der Sphäre konvergieren also gegen einen Fluchtpunkt; kennt man diesen sowie die Radialgeschwindigkeit eines Mitgliedes, so läßt sich die gemeinsame räumliche Geschwindigkeit und damit rückwärts auch die Tangentialgeschwindigkeit eines Sternes in km/sec angeben. Vergleichung der letzteren mit der Eigenbewegung in Winkelmaß liefert dann die Parallaxe des Sternes. Meist muß man sich auf die mittlere Eigenbewegung des Haufens und dementsprechend auf die mittlere Parallaxe beschränken. Sind aber die Einzel-Eigenbewegungen hinreichend genau bekannt (dies ist um so eher zu erreichen, je größer die Eigenbewegung ist), so kann man auch aus dem Vergleich dieser Eigenbewegungen mit

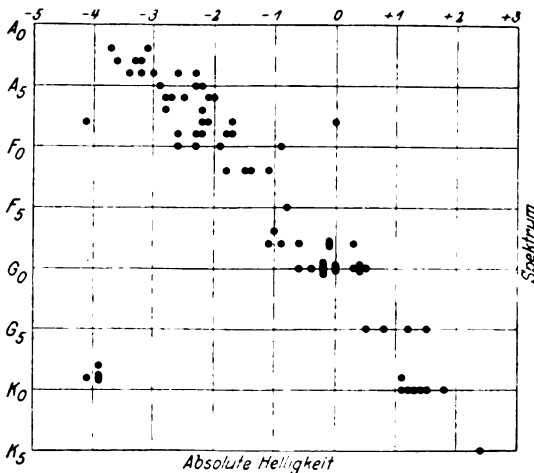
den auf Grund der mittleren Entfernung des Haufens berechneten genauere Entfernungen für die individuellen Sterne erhalten und damit die Tiefe des Haufens kennenlernen.

Der bewegte Sternhaufen der Hyaden ist gegenwärtig der bestbekannte seiner Art; in Zukunft wird er am ehesten Aufschluß über das Wesen dieser Sternhaufen sowie über die Entwicklung der Sterne im allgemeinen geben können. Neben zahlreichen spektroskopischen Doppelsternen gehören den Hyaden fünf visuelle Paare mit erkennbarer Bahnbewegung an. Für die scheinbaren Helligkeiten und Spektren liegen zuverlässige Angaben von mehreren Seiten vor. Nach photographischen Aufnahmen der Gruppe mit 20 Jahren Zwischenzeit lassen sich die physischen Mitglieder auf Grund ihrer großen Eigenbewegung (0'',10 im Jahr) von den Hintergrundsternen trennen. Für die helleren Sterne hat man zur weiteren Sicherung ihre Radialgeschwindigkeiten (rund 40 km/sec). Die mittlere Parallaxe (0'',027) ist zwar so klein, daß trigonometrische Messungen im einzelnen nur gegen, nicht für die Zugehörigkeit eines Sternes entscheiden können; sie ist aber groß genug, um für die länger beobachteten

Haufensterne eine Ableitung individueller Parallaxenwerte aus der perspektivischen Verschiedenheit ihrer Eigenbewegungen zu gestatten. Andererseits ist die scheinbare Ausdehnung des Haufens am Himmel noch so gering, daß eine *zufällige* Übereinstimmung der Geschwindigkeit eines Sternes mit derjenigen der Gruppe nur selten zu erwarten ist. (Ungünstiger liegen die Verhältnisse bei der Ursa-Gruppe, die wegen ihrer größeren Nähe ausgedehnter erscheint und deren räumliche Bewegung außerdem noch mit einer der beiden häufigsten Geschwindigkeiten sehr nahe übereinstimmt. So bleibt es zweifelhaft, ob gewisse vereinzelt über den ganzen Himmel verteilte Sterne noch physisch zur Ursa-Gruppe gehören.)

Am Himmelskartenrefraktor in Helsingfors wurden von den Zentralhyaden 2 Reihen von Aufnahmen in einem zeitlichen Abstände von 16–17 Jahren genommen. Die Platten wurden in Groningen ausgemessen. Die dabei erhaltenen rechtwinkligen Koordinaten der Sterne beziehen sich auf ein System von möglichst schwachen und wenig bewegten Anhaltsternen. Die Differenzen der alten und neuen Koordinaten eines Sternes geben dann nach einer linearen Transformation sofort seine Eigenbewegung, bezogen auf das Mittel der Anhaltsterne. Die Haufensterne heben sich durch ihre besondere Eigenbewegung deutlich aus der Menge der Hintergrundsterne heraus; zweifelhafte Fälle sind selten. Gewisse von der Helligkeit abhängige systematische Fehler stören, dank der großen Gesamt Eigenbewegung, nicht. Die Zahl der Hintergrundsterne ist geringer, als es dieser galaktischen Breite im Mittel zukommt. Allerdings liegen die bekannten Taurus-Sternleeren nicht weit.

Anlaßlich dieser Erweiterung unserer Kenntnis der Hyaden erscheint es wünschenswert, sich die Verteilung der Spektren auf die absoluten visuellen Helligkeiten von neuem zu veranschaulichen, wie im beigefügten Diagramm geschehen. Berücksichtigt habe ich hier



sämtliche physischen Mitglieder mit bekanntem Spektrum (an Zahl 73), also auch die außerhalb des in Groningen vermessenen Mittelfeldes gelegenen. Die schwächeren Sterne, deren Spektrum noch unbekannt ist, gehören ihrer Farbe nach zu den Typen G und K. Die Spektralangaben sind als Mittel aus den verschiedenen Bestimmungen gebildet, wobei jede Quelle ein festbleibendes Gewicht erhielt. Bei engen Doppel-

sternen ist die Helligkeit des Begleiters eliminiert worden. Für die in Medd. fr. Lunds Astron. Observ. ser. II, Nr. 26 (RASMUSON) vorkommenden Sterne wurden die dort berechneten hypothetischen Einzelparallaxen, für die übrigen der mittlere Wert $0''.0275$ angenommen. Selbstverständlich kann sich später doch noch der eine oder andere Stern als Nichtmitglied erweisen. An diesem sog. RUSSELL-Diagramm¹⁾ ist nun folgendes bemerkenswert: Übergiganten und Sterne mit dem Spektrum B kommen nicht vor; die Riesen sind gegen die Zwerge sehr in der Minderzahl; Zwischenglieder zwischen beiden und Riesen vom Spektrum F fehlen, Zwerge vom Spektrum F sind verhältnismäßig selten; die Zwerge liegen mit geringer Streuung (wenig mehr als $\pm 1/2$ Größenklasse) auf einer Linie, mit der einen Ausnahme bei $M = 0^m.0$, Spektr. A8. Ganz ähnliche Besonderheiten weist das entsprechende Diagramm für die der Sonne nächsten Fixsterne auf.

Die Helsingfors Platten erfassen *vollständig* nur ein Gebiet von etwa 16 Quadratgrad, und zwar bis zur photographischen Größe $10^m.5$ hinab. Dementsprechend läßt sich die Häufigkeit der absoluten visuellen Helligkeiten nur bis zur absoluten Größe $+2^m$ verfolgen. Das folgende Täfelchen gibt die Anzahl der auf ein Intervall von 1^m entfallenden Sterne in jenem Feld.

mittl. M	-4,3	-3,6	-2,4	-1,3	-0,4	+0,4	+1,4	+2,5	+3,2
Anzahl	1	7	7	3	6	7	10	5	2

Nehmen wir die Tiefe des Haufens im betrachteten Mittelfeld seiner seitlichen Ausdehnung entsprechend zu rund 10 parsec an, so erhalten wir als Mindestwert der räumlichen Dichte 0,7 Sterne/parsec³, während die Dichte in der Nähe der Sonne kleiner als 0,01 ist. Die Häufigkeit der M hat zwischen -2^m und -1^m ein ausgeprägtes Minimum, wiederum ganz analog zu den Verhältnissen in der Nachbarschaft der Sonne; ein gleiches gilt übrigens auch für die Plejaden. Offenbar liegt dies an der Seltenheit der F-Zwerge. Demnach scheint es so, als ob die Entwicklung eines Sternes bei der entsprechenden Temperatur vergleichsweise schnell fortschritte; wobei noch zu beachten ist, daß gerade die Veränderlichen von δ Cephei-Art dieses Spektrum bevorzugen.

Mehr als 80 Sterne darf man zur Zeit zum bewegten Hyadenhaufen rechnen. Sie liegen über eine Fläche von etwa $16^\circ \times 16^\circ$ (entsprechend 11×11 parsec) verstreut. Die schwächeren gehören natürlich dem von den photographischen Aufnahmen erfaßten Mittelfeld an, aber auch die helleren drängen sich zur Mitte zusammen. Bis zur absoluten Helligkeit -2^m dürften jetzt alle Mitglieder bekannt sein.

Einige Fragen liegen nahe: Nimmt die Häufigkeit über $M = +2^m$ hinaus noch zu? Welche Spektren haben die schwächsten Sterne, kommen dabei weiße Typen (Liliputaner), kommt der bisher bei keinem Zwerg beobachtete Typus M8 (Mc) vor? Die Grenzgröße der Aufnahmen um 2^m hinauszuschieben, würde keine Schwierigkeiten machen; auch die Spektren ließen sich bestimmen. Und sicher würde es sich auch lohnen, die Untersuchung auf ein größeres Feld auszudehnen.

HAAS.

¹⁾ Die Sterne, die links der Linie $M = -3^m.5$ (etwa) liegen, heißen „Riesen“ (großes Volumen, geringe Dichte), die rechts davon „Zwerge“ (geringes Volumen, große Dichte). Die „Übergiganten“ sind heller als -5^m absolut (Beispiel: α Orionis).

N.G.C. 6822. A remote Stellar System. (E. HUBBLE, Astroph. Journ. 61, 409 und Mt. Wils. Contr. 304.) Das Gebilde liegt bei $19^h 40^m$ Rektaszension und -12° Deklination. Seine galaktische Breite beträgt -20° . Es ist ein nur mit den stärksten Instrumenten auflösbarer ziemlich unregelmäßiger Sternhaufen von einer Ausdehnung von $20' \times 10'$ mit einem wesentlich dichteren Kern von $8' \times 3'$. In einem kleinen Instrument ist er leicht zu sehen, in einem großen Instrument fallen Einzelheiten des Kerns ins Auge, wogegen er in mittleren Instrumenten völlig unsichtbar bleibt.

Seit einer Reihe von Jahren wurde N.G.C. 6822 am 100zölligen Reflektor des Mt. Wilson eingehend untersucht und eine große Zahl von photographischen Aufnahmen wurde gewonnen. Das Gebilde hat große Ähnlichkeit mit den MAGELLANSchen Wolken, ist unregelmäßig und zeigt keine Spur von spiraler Struktur. Nur erscheint es wegen seiner größeren Entfernung erheblich kleiner.

In dem Haufen wurden bisher 15 veränderliche Sterne und 10 Nebelgebilde entdeckt. 11 von den 15 Veränderlichen entpuppten sich als Cepheiden, und es konnten von diesen recht zuverlässige Lichtkurven bestimmt werden. Die Perioden liegen zwischen 11 und 64 Tagen. Auf Grund der von SHAPLEY empirisch gefundenen Beziehung zwischen den absoluten Helligkeiten und den Perioden der Cepheiden konnte also aus der Differenz *absolute minus scheinbare Größe* die Entfernung festgelegt werden. Die einzelnen Veränderlichen des Haufens passen sich sehr gut der Perioden-Helligkeitsbeziehung von SHAPLEY an. Der hellste Cepheid ($P = 64$ Tage) hat im Maximum die Helligkeit 17,45, der schwächste ($P = 11,77$ Tage) entsprechend 19,05.

Unter der Annahme, daß die SHAPLEYSche Beziehung allgemeine Gültigkeit besitzt und daß keine kosmische Absorption existiert, findet HUBBLE für das System die Entfernung von 214 000 Parsek oder 700 000 Lichtjahren. Die 4 Variablen, deren Perioden nicht ermittelt werden konnten, scheinen unregelmäßigen Charakter zu besitzen.

Auch die kleineren Nebel, die sich in N.G.C. 6822 befinden, wurden näher untersucht. Fünf von ihnen zeigen die Form diffuser galaktischer Nebel, die 5 anderen sind kleine kugelige Gebilde, deren Durchmesser mit der Exposition zunimmt und die sich an allen Teilen der Sphäre außerhalb der Milchstraße finden. Sie

werden deswegen als „non galactic“-Typus (NG) bezeichnet.

Mittels des spaltlosen Spektrographen gelang es von 6 Objekten Spektra zu erhalten, nämlich von 4 diffusen und von 2 NG-Nebeln. Die diffusen zeigen ein reines Emissionsspektrum mit den Nebuliumlinien N_1 und N_2 , den Balmer- und einigen Heliumlinien. Sie unterscheiden sich in nichts von den unregelmäßigen Nebeln unserer näheren Umgebung, z. B. dem Orionnebel. Die 2 NG-Nebel zeigen ein reines kontinuierliches Spektrum ohne eine Spur von Emission. HUBBLE macht den Versuch, sie als Kugelsternhaufen aufzufassen, wie sie auch an den MAGELLANSchen Wolken vorkommen, findet aber, daß sie an Leuchtkraft wie an Dimension zu klein sind und hält es deswegen für wahrscheinlich, daß sie gewöhnliche NG-Nebel seien, die mit dem System N.G.C. 6822 nichts zu tun haben, sondern nur auf dieses projiziert sind.

Einige Sternabzählungen und statistische Untersuchungen führen zu dem Ergebnis, daß die hellsten dem Haufen physisch zugehörenden Sterne von der 16. Größe sind und daß ihre absolute Helligkeit der der hellsten Sterne unserer Umgebung gleichkommt (RIGEL und BETELGEUZE). Auch die relative Häufigkeit der absoluten Helligkeiten scheint ungefähr dasselbe Gesetz zu befolgen wie in unserem „local cluster“. Ferner wurden durch Filteraufnahmen Farbenindices gewonnen, deren Reduktion allerdings noch nicht ganz fertiggestellt wurde. Jedenfalls ist sicher, daß die hellsten Sterne intensiv rot, die etwas lichtschwächeren Cepheiden gelb gefärbt sind, entsprechend den Verhältnissen in unserer Umgebung.

Das ganze Gebilde hat in den beiden uns zugänglichen Koordinaten die Dimension von 4000×2000 Lichtjahren, der Kern von 1600×600 Lichtjahren.

Es sei noch eine kurze Tabelle aller der extragalaktischen Objekte gegeben, deren Entfernung in den letzten Jahren auf ähnliche Weise bestimmt wurde wie bei N.G.C. 6822.

Objekt	Entfernung in Lichtjahren
Kleine MAGELLANSche Wolke .	100 000
Große MAGELLANSche Wolke .	110 000
N.G.C. 6822	700 000
Spiralnebel M31	925 000
M33	925 000
Andromedanebel	950 000

BOTTINGER.

Aus Akademieberichten.

National Academy of Sciences of the U. S. A.

September 1925. Bd. 11, Nr. 9.

C. D. BEERS, *Encystierung und Lebenszyklus der Ziliat Didinium nasutum*. CALKINS meinte bewiesen zu haben, daß neben der Encystierung von Didinium als Abwehr gegen äußere schädliche Einflüsse noch eine andere Art von Einkapselung periodisch auftritt, die Verjüngung zur Folge hätte. MASTS Schüler BEERS fand, daß dies Ergebnis auf zu geringer Nahrungszufuhr beruhte, weiter, daß die Generationszahl seit der letzten Konjugation ohne Einfluß auf die Bereitschaft zur Encystierung bleibe, daß Exkretionsprodukte von Paramaecien sie ganz verhindern, von Didimien sie dagegen hervorrufen. Wasserstoffionenkonzentrationen außerhalb des Gebietes p_H 6,4 und 8,0 hemmen sie, und auch das Alter von Heuaufgüssen ist von Einfluß. — S. SATINA und A. F. BLAKESLEE,

Studien über biochemische Unterschiede zwischen (+)- und (-)-Formen von Mucor. Auf der Suche nach biochemischen Unterschieden der beiden Geschlechter bedienten sich die Verfasser an Mucor der Methode von GOSIO. Diese beruht auf der Fähigkeit der lebenden Zelle, Te- und Se-Salze zu absorbieren und sie zu ihren Elementen zu reduzieren. Einwandfreie Erfolge waren nicht zu verzeichnen. — TH. B. FROST, *Eine tetraploide Form von Citrus*. Unter den Sämlingen von Citrus treten neben den sexuell erzeugten Formen in hohem Prozentsatz apogame auf, und zwischen diesen zeigen sich hin und wieder besonders spätblühende und dickblättrige Exemplare. Während die haploide Chromosomengarnitur 9 beträgt, fand man hier nach der Reduktionsteilung die doppelte Anzahl. Frost hofft, hiervon ausgehend, zu einer triploiden Form zu gelangen, die vermutlich samenlos ist. — C. E. SEASHORE und M. METFESSEL, *Abweichung von der Regelmäßigkeit als*

ein Kunstprinzip. Indem die Verfasser die auf photographischem Wege gewonnenen Bilder von durch Künstler gesungenen Worten analysierten, machten sie die Feststellung, daß diese sowohl in bezug auf die Tonhöhe als auch Rhythmus und Tonstärke ein wenig vom Richtigen abwichen. In dieser das Gemüt bewegenden Abweichung vom Regelmäßigen sehen die Verfasser ein maßgebendes Prinzip der Kunst. — F. G. BENEDICT, *Hauttemperatur und Wärmeverlust*. Mittels einer Thermosäule konnte die Temperatur der menschlichen Haut unter verschiedenen Bedingungen mit einer Genauigkeit von 0,1% gemessen werden. Die rectale Temperatur betrug ca. 37° C, die Hauttemperatur dagegen bei Mädchen, die wohlzugedeckt Nachtruhe gehalten hatten, im Durchschnitt 33,2°; bei Studenten, die an kaltem Wintertage ins Laboratorium kamen, am Rumpf 31, an den Beinen 24–25°. Durch Entblößung von der Kleidung sank sie schnell auf 15°, wurde aber unter sonst gleichen Bedingungen durch Muskelarbeit auf 27,5° erhalten. Die Haut strahlt nach Dr. ABBOTS Beobachtungen wie ein schwarzer Körper, und die Hauttemperatur gibt mit der der Umgebung ein Maß für die ausgestrahlte Wärmemenge.

Oktober 1925. Bd. 11, Nr. 10.

F. G. BENEDICT und E. E. CROFTS, *Die Unveränderlichkeit des Grundumsatzes* (The fixity of basal-metabolism). Die Größe des Stoffwechsels, gemessen am Sauerstoffverbrauch, zeigte sich als praktisch gleich bei gesunden Personen, untersucht nach Bettruhe, 12 Stunden nach der letzten Mahlzeit und untersucht nach dem Aufstehen, 10–20 Minuten Spazierengehen, Treppensteinen und halbstündigem Ausruhen hiernach. — W. H. GATES, *Abstammung und Vererbung der japanischen Tanzmaus*. Die japanische Maus, die nichttanzende sowohl wie die Tanzmaus, stammt nicht, wie früher angenommen wurde, von der Hausmaus, *Mus musculus*, sondern von *Mus Wagneri* ab. Das bezeugte Auftreten der Tanzmaus im zentralasiatischen Gebiet von WAGNERS Maus, ehe die europäische Maus dort eingebürgert war, die Ähnlichkeit ihrer Körpermaße und ihrer Augenpigmentation sprechen dafür. Die Blut-Eiweißreaktionen und das Luxurieren der Bastarde von Tanzmaus und Hausmaus machen deren nahe Verwandtschaft sehr unwahrscheinlich. In der F₂-Generation und bei der Rückkreuzung strebten die Eigenschaften der Tanzmaus bei mehr als 2400 Individuen danach, zusammenzubleiben, und zwar 5- und 6mal mehr als der wahrscheinliche Fehler betrug. — E. W. STEARN, B. F. STURDIVANT und A. E. STEARN, *Lebensgeschichte eines von Carcinomgewebe isolierten Mikroparasiten*. Zur Bestätigung und Erweiterung der Ergebnisse von YOUNG, LOUDEN und McCORMACK, SCOTT u. a. berichten die Verfasser von Kulturmethoden und Wachstumsstadien eines Mikroorganismus, der ständig aus malignen, niemals aber aus gutartigen Geschwülsten gezüchtet werden konnte. Als Stoffwechselprodukt wurde Milchsäure nachgewiesen.

Aus Proc. Roy. Soc., London, A 759 und 750.

M. E. LAING, *The Composition of Soap Films*. Verf. findet durch direkte Analyse, daß die in den Seifenhäutchen angereicherte Substanz nicht freie Fettsäure ist, sondern eine saure Natriumseife der Zusammensetzung Na-Oleat · 0,61 Ölsäure. Die Resultate sind in Übereinstimmung mit W. BRAGGS Annahme (vgl.

diese Zeitschr. 13, 346), daß der schwarze Fleck einer Seifenblase einer direkten Berührung der beiden adsorbierten Schichten entspricht; nur daß diese Schichten aus saurer Na-Seife, die wahrscheinlich hydratisiert ist, bestehen, statt aus freier Fettsäure. Die Stabilität dieser Schichten läßt sich jetzt auch viel leichter verstehen, da diese saure Na-Seife im Gegensatz zur flüssigen Ölsäure ein Kolloid darstellt. — E. H. BOOMER, *Experiments on the Chemical Activity of Helium*. Es werden Versuche beschrieben über intensive Elektronenentladungen eines Wolframdrahtes in Helium bei niedrigen Drucken, die zu der Annahme führen, daß eine wohldefinierte stabile Verbindung der Formel WHe_2 existiert; erwärmt man die Substanz, so beginnt ungefähr bei der Erweichungstemperatur des Glases das Helium plötzlich zu entweichen. Es scheint auch so, als ob Helium mit den Dämpfen von Quecksilber, Jod, Phosphor und Schwefel Verbindungen eingeht, die allerdings nur bei tiefen Temperaturen stabil sind.

Académie des sciences de Paris.

(Revue générale des sciences 36, Nr. 21 und 22.)

12. Oktober.

RISBEC, *Production de lumière par un Mollusque nudibranche de la Nouvelle-Calédonie*. Der Autor hat in der Bucht von Numea eine Molluske entdeckt, die während der Nacht bei der geringsten Erregung schnell nacheinander Serien von kurzen Lichtblitzen aussendet, die elektrischen Funken ähnlich sehen. Das Licht ist sehr weiß. Die Molluske wird vorläufig *Triopa fulgurans* genannt. — P. LASAREFF, *Sur le changement de la conductibilité du pourpre visuel au cours de l'éclairage*. Der Leitfähigkeitszuwachs, der durch Belichtung hervorgerufen wird, entspricht einer monomolekularen Reaktion im Sehpurpur. Im Dunkeln beobachtet man eine Verminderung der Leitfähigkeit, die durch den Einfluß eines schwarzen Pigmentes entsteht, das sich in der Pigmentschicht der Netzhaut vorfindet.

19. Oktober.

J. J. TRILLAT, *Sur une méthode permettant de suivre, au moyen des spectres de rayons X, la marche de certaines réactions chimiques (oxydation des acides gras non saturés)*. Die Oxydation von ungesättigten Fettsäuren erfolgt durch sukzessive Addition stets gleicher Mengen Sauerstoff und ist von einer fast konstanten Verlängerung des Moleküles begleitet, die etwa 6–7 Angström beträgt. Das Gebilde wird hierdurch instabil und neigt nun zur Polymerisation.

3. November.

C. FÉRY et C. CHÉNEVEAU, *Réaction secondaire dans la décharge des accumulateurs*. Die Autoren haben die Gewichtsveränderung der Akkumulatorplatten bei der Ladung und bei der Entladung gemessen. Die Ergebnisse widersprechen der Theorie der doppelten Sulfatation. Sie widersprechen auch der Theorie der Autoren und deuten auf das Dazwischentreten einer sekundären Reaktion hin, die in einer Reduktion des Bleisuperoxydes durch das Bleion an der positiven Platte zu bestehen scheint. — H. GUILLEMARD, *Sur l'azotémie au cours du mal de montagne*. Eine bemerkenswerte Anreicherung stickstoffhaltiger Substanzen, die nicht Eiweißstoffe sind, im menschlichen Blute scheint mit der Krise der Bergkrankheit zusammenzufallen.

Gedanken zur Unterstützung des Auges durch optische Vorkehrungen.

Von M. v. ROHR, Jena.

Bevor man an den eigentlichen Gegenstand dieses Aufsatzes gelangen kann, muß man sich etwas näher mit dem Gebrauch des Auges beschäftigen, wenn es sich um die Wahrnehmung eines einigermaßen ausgedehnten Feldes handelt.

Daß in der Tat die Berücksichtigung des blickenden Auges in der technischen Optik keine leichte Sache war, zeigt ein kurzer Hinweis auf die Geschichte. Obgleich KEPLER schon 1604 ein auf die Wichtigkeit des Augendrehpunktes (seines *centrum oculi*) in der Verbindung von Auge und Brillenglas hingewiesen hatte, dauerte es nach unserer gegenwärtigen Kenntnis mindestens 200 Jahre, ehe ähnliche Gedankenrichtungen weiter verfolgt wurden. Da WOLLASTONS Kenntnis des Augendrehpunktes zweifelhaft ist — so weit ich seine Schriften durchforscht habe, hat er den Augendrehpunkt weder gezeichnet noch sein Vorhandensein deutlich ausgesprochen —, so wird man wohl bis 1842 gehen müssen, wo L. SCHLEIERMACHER ihn über allen Zweifel hin beschrieben und in seiner Wichtigkeit hervorgehoben hat. Aber auch SCHLEIERMACHER war es, so wenig wie KEPLER und SCHEINER, beschieden, auf die technische Optik zu wirken, und selbst ein derartig umfassender und das Wesentliche klar erkennender Geist wie E. ABBE hat das Menschaugen und also auch seine Verbindung mit der vorgeschalteten optischen Vorkehrung ohne seine sonstige Vertiefung behandelt. Soweit ich die Lage übersehe, hat erst das Bemühen des Augenarztes FR. OSTWALT um 1898 die Aufmerksamkeit anderer Augenforscher auf dieses Gebiet gelenkt, und ihrer einer, A. GULLSTRAND, hat 1902 die von ihm noch vertiefte und erweiterte Aufgabe den technischen Optikern nahe gebracht. Ich kann aus eigener Erfahrung bezeugen, wie erstaunlich einem besonders begabten Kollegen und mir die neuen Auffassungen noch in den ersten Monaten von 1903 erschienen, wie sich unsere Schulung in dem schönen, von ABBE für alle während des Gebrauchs ruhenden Geräte geschaffenen Lehrgebäude gegen diese Neuerung sträubte, und wie erst ganz bestimmte zur Entscheidung zwischen beiden Auffassungen angelegte Versuche uns Klarheit verschafften. Da — von allem anderen abgesehen — eine wissenschaftliche Behandlung der Brille überhaupt erst durch diese neue Betonung von Auffassungen ehrwürdigen Alters möglich wurde, so lohnt es sich schon, ihrer Entwicklung und ihrer Anwendung einige Zeit zu opfern.

Der Gebrauch des Auges im freien Blicken.

Wenn man auch zur Wahrnehmung ausreichend ferner Flächenstücke in unmittelbarer Nähe der Gesichtslinie das Auge in erster Annäherung auf-

fassen kann als eine ruhende optische Vorkehrung mit bestimmter Eintrittspupille und festem Aufnahmeschirm, so ist eine solche Vereinfachung nicht mehr zulässig, sobald es sich um die aufmerksame Betrachtung eines weiter ausgedehnten Feldes handelt. Alsdann wenden wir ganz unwillkürlich zur Betrachtung eines einigermaßen seitlich (oder oberhalb oder unterhalb) gelegenen Dingpunktes unser Auge in seiner Höhle wie in einem Kugelgelenk. Wir können uns diese Bewegung vielleicht bequemer vorstellen, wenn wir sagen, das Auge bewege sich um einen bestimmten (vom Hornhautscheitel etwa 13 mm nach innen anzunehmenden) Punkt, den *Augendrehpunkt*, herum, so daß dieser im ruhend angenommenen Kopfe ebenfalls ruhend zu denken ist. Dieser Sehvorgang spielt sich im allgemeinen so ab, daß die Lichtempfindung auf den wenig empfindlichen Seitenteilen der Netzhaut nur verwandt wird, um einen gewissen Anhalt für die Augenbewegung zu haben und eben die Gesichtslinie schnell auf den seitlichen Dingpunkt zu richten, der die Aufmerksamkeit fesselt. Der nahe Zusammenhang zwischen der Aufmerksamkeit und dem auf einen Punkt zu richtenden Augenmerk ist schon in ziemlich früher Zeit durch die Sprache belegt worden. Diesen Sehvorgang nennt man *Blicken* oder *Fixieren* und die verschiedenen Lagen der Gesichtslinie das *Blicklinienbündel*; man kann sie auf dieser Stufe der Betrachtung alle durch den Augendrehpunkt *Z* gehend annehmen. Selbst wenn spätere, genauere Untersuchungen zeigen sollten, daß bei größeren Drehwinkeln *w* der Augendrehpunkt keine ganz feste Lage im Augeninnern bewahren sollte, so wird man die hier aufrecht erhaltene Annahme als eine brauchbare erste Annäherung festhalten dürfen. Verständlicherweise ist die Betrachtung der Blickbewegungen des Auges in seiner Höhle von großer Wichtigkeit und zum optischen Verständnis des Blickens durchaus notwendig.

Zunächst sei kurz darauf hingewiesen, daß den Griechen die Blickbewegungen an den Verschiebungen der Pupille aufgefallen waren, doch sind uns die griechischen Anschauungen darüber nicht genau genug bekannt, um festzustellen, ob sie auch den Unterschied zwischen dem *direkten* und dem *indirekten* Sehen klar erfaßt hatten; der Verfasser dieser Darstellung möchte das auch nicht annehmen. — Dieser Unterschied erscheint indessen schon 15 Jahre nach der ersten wissenschaftlichen Optik, nämlich den Paralipomena J. KEPLERS, und zwar auf einen recht vollkommenen Ausdruck gebracht, in dem Augenbuch des schwäbischen Jesuiten CHR. SCHEINER vom Jahre 1619. Die allgemeine Höhe der optischen Kenntnisse genügte damals

aber noch nicht, um diese ausgezeichneten Hinweise auszunutzen. Vielmehr wurde die Augendrehung erst mehr denn 200 Jahre später, nämlich 1826, von J. MÜLLER in ihrer Bedeutung wieder hervorgehoben; der Augendrehpunkt wurde sogar erst 1835 von A. W. VOLKMANN mit dieser Bezeichnung versehen und von demselben Forscher mit anerkennenswerter Genauigkeit festgelegt. In den Besitz der technischen Optiker ist das Bewußtsein von der Bedeutung der Augendrehung und von der Notwendigkeit, sie bei der Anlage bestimmter optischer Geräte zu berücksichtigen, erst sehr spät — nicht vor 1903 — eingegangen.

Im nachstehenden wird es sich zunächst darum handeln, einige kennzeichnende Abweichungen von der als kollinearen Abbildung bekannten Erweiterung des GAUSSISCHEN RAUMES gleichsam auf endliche Achsenabstände hervorzuheben, damit man leichter die Bedingungen bestimmen könne, deren Erfüllung man sich bei der Anlage der optischen Vorkehrungen als Ziel setzen sollte.

Die Mannigfaltigkeit der Schärfenkegel für das bewegte Auge.

Hält man an einem bestimmten Akkommodationszustande A_k des Auges fest — er mag einem bestimmten Dingpunkt Q entsprechen — und läßt

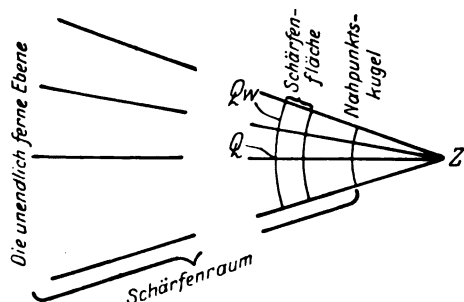


Fig. 1. Schärfenraum und Schärfenflächen bei einem rechtsichtigen Auge.

alsdann die Blicklinie verschiedene Richtungen einnehmen, so liegen die verschiedenen Dingpunkte Q_w , die alle zu dieser Einstellung des Auges gehören, auf der Kugeloberfläche, die man mit ZQ als Halbmesser (Fig. 1) um den Augendrehpunkt Z beschreiben kann.

Setzt man zu leichter Vorstellung das Blickfeld allseitig etwa 40° von der Anfangs- oder Nulllage der Blicklinie an, so handelt es sich bei dem Schärfenraum um Teile eines Kreiskegels mit einem Öffnungswinkel von $2 \times 40^\circ = 80^\circ$. Bei einem rechtsichtigen Auge reicht dieser Schärfenraum bis in das Unendlich-Ferne und umfaßt dort den unter diesem Winkel erscheinenden Teil der unendlich fernen Ebene. Für nähere Punkte wird er, wieder für Rechtsichtige, aus konzentrischen Schichten von einer mit wachsendem A_k immer zunehmenden Krümmung gebildet. Die dem blickenden Auge nächste Kreisfläche bezeichnet man verständ-

licherweise als *Nahpunkt-kugel*, während eben die *Fernpunkt-kugel* hier mit der unendlich fernen Ebene zusammenfällt. Fig. 1 wird das verdeutlichen.

Bei Fehlsichtigen hat — der Begriffsbestimmung der Fehlsichtigkeit entsprechend — die Fernpunkt-kugel eine bestimmte Lage im Endlichen, so daß sie mit der Nahpunkt-kugel zusammen bei Kurzsichtigen die unendlich ferne Ebene aus dem Schärfenraum aus-, bei Übersichtigen in ihn einschließt. Beides findet man in den Figuren 2 und 3 dargestellt.

Da man meistens von der üblichen, aus einer Erweiterung des GAUSSISCHEN RAUMES folgenden

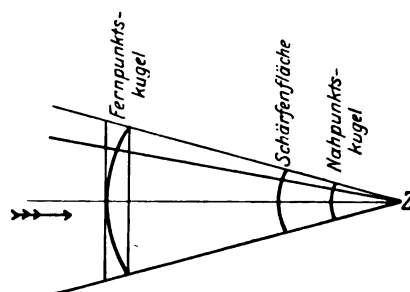


Fig. 2. Schärfenraum und Schärfenflächen bei einem kurzsichtigen Auge. In der Nähe der Fernpunkt-kugel ist die in der mittleren Blickrichtung berührende und eine etwas genäherte Ebene angebracht, die von der Fernpunkt-kugel eine Kugelkappe abschneidet.

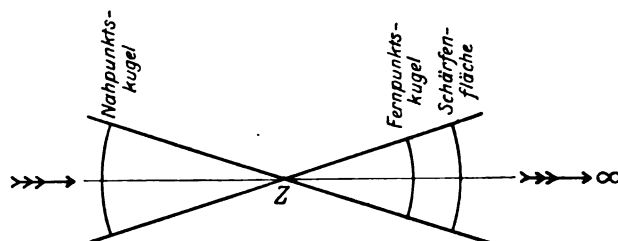


Fig. 3. Schärfenraum und Schärfenflächen bei einem übersichtigen Auge. Bei der Akkommodationsanspannung verschiebt sich der eingestellte Punkt auch hier im Sinne der Lichtrichtung. Hier ist angenommen, daß die Akkommodationsbreite größer ist als der Brechungsfehler, sodaß die Nahpunkt-kugel links von dem Auge liegt.

Mannigfaltigkeit achsensenkrechter, der Abbildung unterliegender Dingen ebenen ausgeht, so muß man sich deutlich bewußt werden, daß man beim blickenden Auge an Stelle davon eben jene Mannigfaltigkeit von Schärfenkegeln anzusetzen hat.

Stellt man etwa bei einem kurzsichtigen Beobachter wie in Fig. 2 eine ebene Darstellung, z. B. eine Leseprobe, so auf, daß sie seine Fernpunkt-kugel gerade in dem Scheitel berührt, so vermag der Beobachter wohl in dieser mittleren Richtung die Probetypen deutlich wahrzunehmen, aber nicht mehr die an den Rändern, denn er kann ja nach der Voraussetzung seine Akkommodation nicht weiter erschlaffen. In einem solchen Falle bleibt nichts weiter übrig, als die Ebene der Probe-

tafel dem Auge entsprechend zu nähern, so daß nunmehr alle ihre 4 Ecken auf der Fernpunktskugel liegen, während alle innerhalb des Begrenzungsrandes liegenden Teile mit einem nach innen zu wachsenden Akkommodationszustande des Auges betrachtet werden. Namentlich beim Brillenglase wird noch auf die Bedeutung der Schärfeakugeln einzugehen sein.

Die Abbildungsfehler in den Seitenteilen des Blickfeldes.

Eine sehr ähnliche Überlegung führt uns zu der richtigen Auffassung der verschiedenen Bildfehler. Da der Augapfel als Ganzes in seiner Höhle gedreht wird, so bestehen für das ganze endlich ausgedehnte Blickfeld nur eben *die* Abbildungsfehler, die wir entlang der Gesichtslinie des ruhenden Auges feststellen können, nämlich die Kugelabweichung im engeren Sinne, die Farbenfehler längs der Achse und gegebenenfalls der Augenastigmatismus. Der Grund für diese, bei keiner optischen Vorkehrung mit einer einzelnen Symmetrieachse vorkommende Unveränderlichkeit der Fehler trotz wechselnder Hauptstrahlneigung liegt gerade in der Augendrehung. Durch sie wird die Hauptstrahlneigung ohne Rücksicht auf die Lage der Eintrittspupille bestimmt, und die Eintrittspupille nimmt eben an der durch die Blickschiefe w bestimmten Drehung teil: sie verschiebt sich auf einer bestimmten, zum Augendrehpunkt konzentrischen Kugelkappe. Bei den künstlichen Vorkehrungen, die während der Benutzung in Ruhe bleiben, ist, wie die jene Gruppe vollkommen umfassende ABBESCHE Darstellung der Strahlenbegrenzung lehrt, die Spitze des Hauptstrahlenbündels in der Mitte der Eintrittspupille anzunehmen, so daß bei Hauptstrahlneigungen w andere und andere Teile der brechenden Kugelflächen von dem Öffnungsbündel aus dem seitlichen Dingpunkt getroffen werden. Dadurch entstehen ganz andere Einfallswinkel und Brechungswinkel und daraus wieder sind die schwieriger zu behandelnden Fehler schiefer Bündel abzuleiten.

Beim blickenden Auge ist also der Hauptstrahlenkreuzungspunkt Z streng von dem Orte P der Mitte der Eintrittspupille zu trennen, und auf diese Weise werden beim blickenden Auge eben die Fehler schiefer Bündel vermieden.

So z. B. besteht keinerlei Verzeichnung, da die Winkel w der Blickschiefe gegen die etwa wagrecht und geradeaus nach vorn angenommene Nullstrahlenrichtung durch eine einfache Drehung des Augapfels erhalten werden; sie kommen uns durch die Muskelbetätigung zum Bewußtsein, die wir wörtlich in jedem Augenblick ausüben.

Auch nimmt die Helligkeit beim Blick nach dem Rande des Blickfeldes in einem geringeren Maße ab als bei der Annahme einer ruhenden Blende. Man braucht sich dafür nur zu vergegenwärtigen, daß ja die Neigung der von seitlichen Blickpunkten an die Netzhautgrube gelangenden Strahlenbündel gegen diesen Auffangschirm ebenso unverändert bleibt wie der Bildabstand von der Austrittspupille.

Also liegen die Lichtverhältnisse hier ungemein viel günstiger als bei den nach Art photographischer Linsen wirkenden Vorkehrungen, wo sich die Helligkeit nach dem Rande ändert wie $\cos^4 w$.

Was die Farbfehler angeht, so bleibt auch bei den größten Blickschiefen die farbige Längsabweichung des Auges unverändert und wird nicht besonders empfunden, da sich das Auge an diesen Fehler gewöhnt hat und die Empfindlichkeit zu beiden Seiten des etwa bei $\lambda = 540\mu\mu$ liegenden Gipfels ziemlich rasch abfällt. Da durch die Augendrehung für den seitlich gerichteten Blick keine neuen Farbfehler eingeführt werden, so gibt es beim Blicken auch keine Farbenverschiedenheit der Vergrößerung. Aus solcher Erkenntnis muß man für die Anlage von Geräten zur Unterstützung des blickenden Auges den Schluß ziehen, daß es zwar auf eine vollkommene Hebung der farbigen Längsabweichung für die verschiedenen Hauptstrahlneigungen nicht weiter ankommt — sie ist ja, wie oben gesagt, auch beim Sehen mit unbewaffnetem Auge vorhanden —, daß aber das Auge für Farbenunterschiede in der Vergrößerung außerordentlich empfindlich ist.

Die beiden Perspektiven beim gewöhnlichen Gebrauch des Auges im freien, unbehinderten Sehen.

Verbindet man irgendeinen Punkt Q des Augenraumes mit dem Augendrehpunkt Z , so ergibt sich, wie schon oben angedeutet, die Blicklinie ZQ . Allen möglichen Blicklinien ist also der Punkt Z gemeinsam, und er dient somit dem blickenden Auge als perspektivisches Zentrum.

Jedem Punkte der Oberfläche eines Raumdinges, der innerhalb des Blicklinienkegels von Z aus überhaupt sichtbar ist, entspricht — soweit er die Aufmerksamkeit erregt — nach Fig. 4 eine

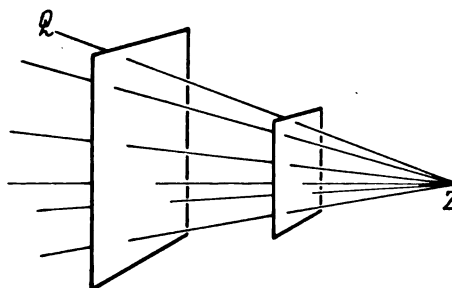


Fig. 4. Das Blicklinienbündel und die zugehörigen ebenen Perspektiven; ihre Ebenen stehen auf der mittleren Blickrichtung senkrecht.

Blicklinie, und allen in diesem Bereich irgendwie auffälligen Oberflächenpunkten das gesamte kegelförmige Blicklinienbündel von Z aus. Man sieht aber leicht ein, daß nur Punkte, die von Z aus nach Breite oder Höhe, oder Breite und Höhe unterschieden sind, mit anderen Worten, verschiedene Seitenabstände haben, zu neuen Blickrichtungen Anlaß geben, während von Z Oberflächenpunkten, die zwar auf derselben Blickrichtung aber in ver-

schiedener Entfernung liegen, der dem Beobachter nähere den fernen verdeckt. Mithin hat das Blicklinienbündel nur die Ausdehnungen von rechts nach links und von oben nach unten, obwohl es von den Oberflächenpunkten eines räumlich, also nach allen *drei* Richtungen ausgedehnten Gegenstandes hervorgerufen ist. Man kann also dieses nur zweifach ausgedehnte Blicklinienbündel durch eine Ebene schneiden, auf der eine jede Blicklinie einen Durchstoßpunkt aussticht, und die Gesamtheit aller dieser Punkte liefert die *ebene* Perspektive des vorliegenden Raumdinges.

Nach ihrer Entstehung deckt sich also die ebene

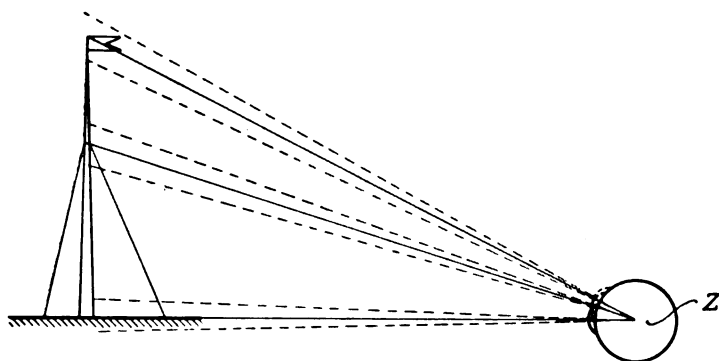


Fig. 5. Der Augapfel (in ganz unrichtigen Größenverhältnissen) ist in drei Lagen dargestellt worden, wenn nacheinander Fuß, Mitte und Spitze des Flaggenstocks fixiert wurden. Die scheinbare Größe dieser drei Abschnitte wird offenbar nach den Augendrehungen von den Mittelpunkt *Z* beim Blicken beurteilt. Für die Zwischenteile, die nach Voraussetzung dem Beschauer weniger wichtig erscheinen, treten die roh angedeuteten Füllperspektiven ein, die von der jeweiligen Lage der Mitte der Augenpupille entworfen sind. Wie weit sie sich erstrecken, ist schwer zu entscheiden; es wurde auf der Zeichnung unbestimmt gelassen.

Perspektive von *Z* aus Punkt für Punkt mit der Oberfläche des Raumdinges und kann dieses überall da vertreten, wo es nur auf die Richtung des Gesehenen ankommt. Für einäugige Betrachtung kann man also durch eine ebene Darstellung, ein Gemälde oder eine Zeichnung, sehr vollkommen ein Raumd Ding darstellen, wenn man nur den Drehpunkt *Z* des betrachtenden Auges an das richtige perspektivische Zentrum der Darstellung bringt. In der Malkunst der Renaissancezeit hat man auch die geometrischen Gesetze allgemein abgeleitet, wonach der denkende Künstler ein Raumbild (und namentlich wichtig ist ihre Beobachtung bei der Wiedergabe von Bauwerken) auf seiner Mal- und Zeichenfläche wiedergibt. Solche Wiedergaben wirken dann naturgetreu auch auf Ungelehrte, die keine Kenntnis der perspektivischen Gesetze haben.

War bis jetzt die Perspektive des blickenden Auges vom Augendrehpunkt *Z* aus bevorzugt, so muß man aber darauf hinweisen, daß unser Blick einen vorliegenden Winkelraum nie stetig, sondern in Rucken durchläuft. Während der Ruhepause nach einem Ruck bis zum nächsten gilt für die Umgebung des soeben ins Auge gefaßten oder

Blickpunktes als Zentrum der Perspektive die Mitte der Augenpupille in ihrer jeweiligen Ruhelage, und die kleinen in dieser Weise mit hinreichender Deutlichkeit wahrgenommenen Gebiete wirken im indirekten Sehen auf unser Auge.

Man kommt mithin nach Fig. 5 zu der Einsicht, daß für unsere Gesichtswahrnehmung eines Raumdinges von beträchtlicher Winkelausdehnung zwei verschiedene perspektivische Zentren maßgebend sind, ein wichtiges, ruhendes, für die Blickpunkte, die unsere Aufmerksamkeit fesselten — der Augendrehpunkt — und ein unwichtigeres, wanderndes — die ruckweise bewegte Augenpupille — für die Nachbarschaft der Blickpunkte. Diese *Füllperspektiven* überdecken sich gegenseitig, ohne indessen an der Eindeutigkeit der Gesichtswahrnehmung größeren Schaden anzurichten, weil ja alle wichtigen Punkte durch die Blicklinien bestimmt sind. Daß diese Verhältnisse wenig auffallen, liegt einmal an dem Mangel an Übung im indirekten Sehen und ferner an dem Umstand, daß der Abstand von Pupille und Drehpunkt wenig über 1 cm beträgt, während die Gegenstände stets eine merklich und meistens eine sehr viel größere Entfernung vom Auge haben.

Da das Auge gewöhnt ist, schnell Bewegungen um seinen Drehpunkt auszuführen, so gibt es beim Blicken keine bestimmte bevorzugte Achsenrichtung. Der Entwurf einer ebenen Perspektive für das blickende Auge wäre also willkürlich, weil die Lage der Entwurfsebene unbestimmt wäre. Man hilft sich aber damit, daß man die Zeichenebene im Raume senkrecht zur Achse des wagrecht und geradeaus nach vorn gerichteten Auges annimmt, wie es auch in Fig. 4 dargestellt wurde.

Das unbehinderte Sehen mit beiden Augen.

Stellt man sich nun (Fig. 6) beide Augen vor, deren Drehpunkte einen gegenseitigen Abstand *I* haben, für den bei Menschen je nach Alter, Geschlecht und Stammeszugehörigkeit gilt

$$5 \text{ cm} \leq I \leq 7\frac{1}{2} \text{ cm},$$

so richten sich bei einem Augenpaare mit ungestörter Muskeltätigkeit von selbst beide Achsen auf den gleichen seitlichen Punkt (Fig. 6). Da nun, wie schon oben benutzt, die Blicklinie eines jeden Auges durch den Drehpunkt geht, so bestimmt irgendein Blickpunkt *Q* mit den beiden Drehpunkten *Z₁* und *Z₂* eine ganz eindeutig festgelegte Ebene im Raum, innerhalb deren die beiden Blicklinien auf *Q* hinführen. Die Neigung dieser Ebene gegen die wagrechte Ausgangsebene nennt man nach einer Anregung HELMHOLTZENS den *Hub-* oder *Senkwinkel*,

und man kann für das ungestörte beidäugige Sehen die Forderung stellen, daß die beiden durch die Augenstand- und die Blicklinien bestimmten Hub- oder Senkwinkel bei beiden Augen einander gleich seien. Namentlich bei den astigmatischen Brillen wird man auf diese Forderung zurückkommen müssen.

Innerhalb der im allgemeinen gehobenen oder gesenkten Blickebene tritt nun, je nach der Entfernung des Blickpunktes und seiner mehr oder weniger seitlichen Lage noch ein Paar anderer Winkel auf. Man rechnet sie von den in der Blickebene aus den beiden Augendrehpunkten Z_l und Z_r , senkrecht zur Augenstandlinie $Z_l Z_r$, gezogenen Richtungen aus und nennt sie — wiederum nach einer von HELMHOLTZ ausgegangenen Anregung — *Seitenwendwinkel*. Man erkennt, daß durch den Hub- oder Senkwinkel und die beiden Seitenwendwinkel bei einer bestimmten Augenstandlinie jeder Raumpunkt Q eindeutig festgelegt ist; und auch umgekehrt liefert irgendein durch seine

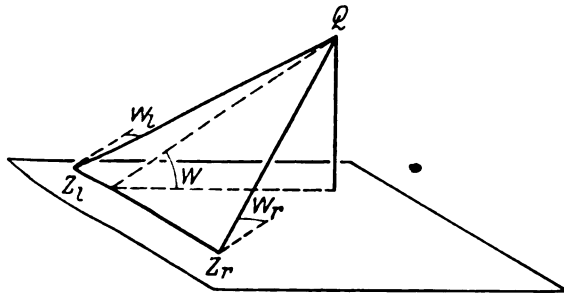


Fig. 6. Die Ebene der Blicklinien nach Q . Der Hubwinkel W ; die Seitenwendwinkel w_l und w_r in der Hubebene.

Raumkoordinaten xyz festgelegter Raumpunkt auf eindeutige Weise eine derartige Winkel-Dreierheit.

Man würde auf solche Weise auch rechnerisch der beidäugigen Tiefenwahrnehmung folgen können, doch geht man — wieder nach HELMHOLTZENS Vorgänge — auf die für die rechnerische Verwertung bequemerem *stereoskopischen Differenzen* ein, worüber man in dem Handbuch der physiologischen Optik alle Einzelheiten findet.

Jedenfalls wird klar geworden sein, daß man sich im beidäugigen Sehen von Entfernungsunterschieden Rechenschaft zu geben vermag, indem man die Änderung der Seitenwendwinkel feststellt. Liegen beim Sehen auch zur Seite geeignete Ziele vor, so kann man auf Grund der Schärfe der Breitenwahrnehmung mit einer beträchtlichen Genauigkeit rechnen; bei den gewöhnlichen Sehdingen reicht die Tiefenwahrnehmung lange nicht so weit: schon bei Dingabständen von 50 m und darüber haben die Unterschiede in den Perspektiven beider Augen nur ein geringes Gewicht, und man bildet seine Raumanschauung vielmehr auf Grund früherer Erfahrungen und des Formengedächtnisses. Namentlich in den photographischen Gesellschaften, Englands sind diese Fragen gelegentlich recht an-

sprechend behandelt worden, wenn es sich darum handelte, die Wirkung von Halbbildpaaren aus Zwillingskammern zu verstehen. Sicherlich ist bei solchen Aufnahmen aus einigermaßen beträchtlichem Abstände von den nächsten Gegenständen das Formengedächtnis viel stärker als die eigentliche beidäugige Tiefenwahrnehmung.

Das Blicken mit behindertem Auge.

Wenn wir soeben das gänzlich unbehinderte Blicken im allgemeinen behandelt hatten, so wollen wir hier noch besonders darauf hinweisen, daß wir bei freier Bewegung durch Einnehmen eines bestimmten Orts für den Drehpunkt eines Einzelauges die Perspektive wählen können, die uns zuzagt. Um einige Beispiele zu geben, lehnt man sich unwillkürlich aus dem offenen Fenster hinaus, um einen möglichst weiten Überblick zu haben, und man verschiebt den Kopf im Innenraum bei geschlossenem Fenster ganz unbewußt von der linken Rahmenseite weg, wenn man nach links, und von der rechten Rahmenseite weg, wenn man nach rechts eine weitere Aussicht zu erfassen sucht.

Durch die mit den Kopfbewegungen verbundenen perspektivischen Verschiebungen der Außen- dinge (sie werden häufig unwillkürlich herbeigeführt) vermag sich selbst der Einäugige einige Auskunft über die Tiefenanordnung der Teile des Raumdinges vor ihm zu geben; und in der ersten Zeit der Eisenbahnen fielen aufmerksamen Beobachtern bei schneller Fahrt vorbei an den Gegenständen zur Seite der Bahnstrecke häufig sehr merkbare Größenunterschätzungen dieser Gegenstände auf.

Während in den beiden soeben angeführten Beispielen die Drehbewegungen des Auges um den (nicht allzu rasch), zur Seite bewegten Drehpunkt nur durch die Beschaffenheit des gerade betrachteten Raumdinges bestimmt wurden, kommen wir zu dem eigentlichen Gegenstande dieses Abschnitts, wenn wir die Aufgabe stellen, durch eine verhältnismäßig enge Öffnung — etwa ein Schlüsselloch — (Fig. 7a und 7b) in einen nach allen 3 Richtungen ausgedehnten Raum zu sehen.

Da man mit ruhig gehaltenem Kopf nur einen verhältnismäßig engen Winkelraum überschauen könnte, so bewegt man ganz von selbst den Kopf hinter der Öffnung herum, richtet das Auge aber immer so, daß die Gesichtslinie durch die Mitte der lichten Öffnung tritt. Die Drehbewegungen des Auges sind hier also nicht frei sondern mit den Verschiebungen des Kopfes gekuppelt und zwar in einer leicht zu beschreibenden Weise. Stellt man in der Öffnung den Punkt fest, von dem aus der vordere und der hintere Lochrand etwa unter gleichem Winkel erscheinen, so kann man diesen Punkt etwa als Hauptstrahlenkreuzungspunkt I auffassen. Durch I vermag ein von den beiden Lochrändern bestimmtes Hauptstrahlenbündel durch die Wand hindurchzutreten. Kopfbewegungen in dem diesseitigen (augenseitigen) Teile des Bündels führen auf bestimmte Hauptstrahlenei-

gungen w , und wenn man etwa von einer mittleren oder Nullage des Kopfes ($w = 0$) ausgeht, so dreht sich bei einer durch $w = \bar{w}$ bestimmten Hauptstrahlneigung auch bei so behindertem Blick das Auge in seiner Höhle eben um den Drehwinkel $\bar{w}$.

Diese neue Gesichtswahrnehmung mit behindertem Blick weicht übrigens nicht in allen Punkten grundsätzlich vom natürlichen freien Sehen ab: auch hier wird die Öffnung der eingelassenen Bündel durch die Augenpupille bestimmt; das Hauptbild kommt nacheinander auf Grund der Zusammensetzung von Einzelbildern zustande, und die Einzelbilder werden durch den Winkelraum bestimmt, unter dem die gerade wirksame lichte Weite der Lochöffnung von der Mitte der Augenpupille aus erscheint. Daher wird es also kommen, daß die Schlüssellochbeobachtung auch solchen Personen unmittelbar verständlich ist, die keine

so hat man schon seit langer Zeit zu dieser Aushilfe gegriffen.

Die Ermittlung der auch in diesem Falle kuglig und zwar konzentrisch zu I angeordneten Schärfenflächen würde keine besondere Mühe machen, doch mag es bei diesem Hinweise bleiben.

Erst nach diesen ziemlich umfangreichen einleitenden Bemerkungen kann man sich zu dem vorliegenden hauptsächlichlichen Gegenstande wenden und das ist

Die Unterstützung des blickenden Auges durch optische Vorkehrungen.

Da die Anlage unseres Auges mit seiner auf die nächste Umgebung der Netzhautgrube beschränkten Deutlichkeit der Wahrnehmung ein für allemal gegeben ist, so müssen wir auch optische Geräte, sobald sie ein Feld merklicher Ausdehnung

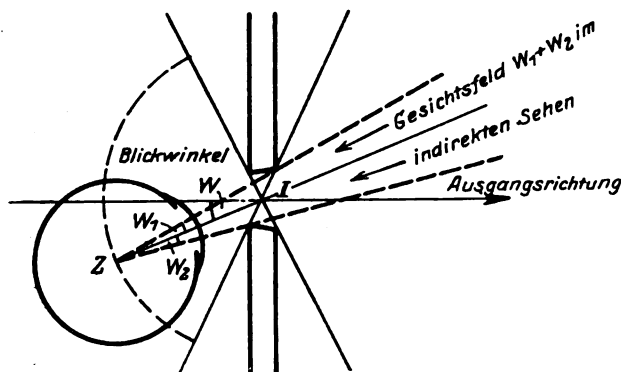


Fig. 7a. Das behinderte Blicken durch die Lochöffnung um I .

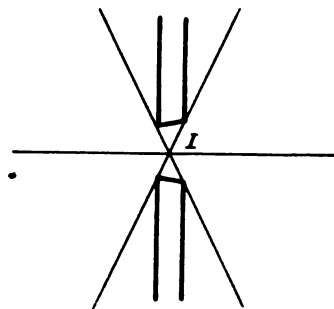


Fig. 7b. Die für die Hauptperspektive des behinderten Blicks maßgebende Lochmitte I .

deutliche Vorstellung von ihrer geometrischen Grundlage haben.

An Unterschieden sei zunächst auf den Fortfall des großen indirekten Sehfeldes hingewiesen, mit dessen Hilfe die Regelung der freien Augendrehung so zweckmäßig vorgenommen wurde. Von besonderer und unterscheidender Wichtigkeit aber ist es, daß der Hauptstrahlenkreuzungspunkt I hier außerhalb des Auges liegt und von ihm nicht verändert werden kann. In dem jenseitigen Raum wirkt in perspektivischer Hinsicht allein das durch die geometrische Begrenzung bestimmte Hauptstrahlenbündel und als Zentrum der Perspektive gilt natürlich der Punkt I . Es handelt sich also um eine von der Lochöffnung gesetzte und von dem hin und her bewegten blickenden Auge nur aufgenommene Perspektive.

In der Tat ist die Anbringung einer solchen Lochöffnung eines der hauptsächlichsten Mittel, eine bestimmte perspektivische Wirkung zu erzwingen, und wenn es beispielsweise darauf ankommt, ein besonders naturgetreu ausgeführtes Gemälde nicht anders als vom richtigen Standpunkt aus betrachten zu lassen — etwa bei einigen Gemälden der WIRTZischen Sammlung in Brüssel —,

haben, mit blickendem Auge benutzen, wenn uns in den Seitenteilen des Feldes etwas auffällt. Selbstverständlich sind auch bei den optischen Vorkehrungen der beiden Fälle möglich, daß das gerade vorliegende Stück einen eigenen Strahlengang hat — das ist bei zusammengesetzten Vorkehrungen sogar die Regel —, und daß sein Strahlengang erst durch den Drehpunkt des unterstützten Auges gesetzt wird — hier ist in erster Linie auf die Brille hinzuweisen. Wir wenden uns zunächst zu dem Fall, der bei den zusammengesetzten Vorkehrungen meistens verwirklicht ist, und behandeln:

Die Instrumente mit eigenem Strahlengange.

Hält man das Okularende einer solchen Vorrichtung in genügender Entfernung vom Auge — etwa 30 cm — ruhig fest, während das Objektiv etwa auf den hellen Himmel gerichtet ist, so sieht man in naher Entfernung vor der Okularfassung die Austrittspupille als einen kleinen hellen Kreis in der Luft schweben; man könnte sie dort auch mit einer Mattscheibe auffangen. Setzen wir hier zu leichter Vorstellung etwa ein Fernrohr voraus, so entspricht der Austrittspupille im Dingraum als

Gegenstand in der Regel die Öffnung in der Objektivfassung in bezug auf die gesamte von Objektiv und Okular zusammen gebildete Linsenfolge des Fernrohres. Es sei hier darauf hingedeutet, daß die Lehre von der Strahlenbegrenzung zeigt, wie man aus der Kenntnis dieser dingseitigen Blende die Abbildungstiefe und die Perspektive des Fernrohres finden kann, während sich mit der aus den Durchmessern beider Pupillen zu ermittelnden Fernrohrvergrößerung die Fälschung der dingseitigen Perspektive ermessen läßt, mit der man die Fernrohrvergrößerung, d. h. die Verdeutlichung ferner Einzelheiten, zu bezahlen hat.

All dieses gehört in den Abschnitt von der Strahlenbegrenzung, und daran soll hier nur erinnert werden. Die ältere Lehre von der Benutzung optischer Vorkehrungen nahm nun an, daß man bei der Benutzung die Augenpupille mit der Austrittspupille der Vorkehrung und ihre Achse mit der Gesichtslinie zusammenfallen lasse, so daß dann ein Netzhautbild von einer Größe entworfen würde, wie sie dem scheinbaren Gesichtsfelde entspräche. Tatsächlich würde man in dieser Weise vorgehen, wenn man — etwa zu Prüfzwecken — das Gesichtsfeld eines bestimmten Fernrohres mit einer kleinen Aufnahmekammer auf der photographischen Platte festhalten wollte.

Aber wenn das Auge auch wie ein kleiner Dunkelkasten gebaut ist, so unterscheidet es sich doch insofern wesentlich von ihm, als es sich beim Gebrauch um seinen Drehpunkt bewegen muß, wenn man überhaupt deutliche Bilder von seitlichen Dingflächenstücken wahrnehmen will. Infolgedessen eignet sich jene Vorschrift der älteren Lehre mit ihrer stillschweigend und irrig gemachten Voraussetzung nicht für die Verbindung von Fernrohr und Auge, sondern man muß auf die im vorhergehenden behandelte Schlüsselochbeobachtung zurückgreifen, um die Einzelheiten richtig zu verstehen. Da an der Beschaffenheit der durch solch ein Fernrohr überhaupt hindurchtretenden Strahlenbündel vom Auge in keiner Weise etwas Wesentliches geändert werden kann, wenn das Auge die größte, ihm unter diesen Umständen mögliche Helligkeit erhalten soll, so muß man es wie vor einem Schlüsseloch vor der Austrittspupille hin- und herbewegen und mit diesen Drehpunktverschiebungen Augendrehungen kuppeln. Auf diese Weise kann man *nacheinander* das gesamte scheinbare Blickfeld gleichsam absuchen, und man hat noch über den Fall der Schlüsselochbeobachtung hinaus den Vorteil, daß man in jeder Stellung das ganze scheinbare Gesichtsfeld im indirekten Sehen empfängt und danach seine Kopfbewegungen regeln kann.

Es sei hier übrigens darauf hingewiesen, daß der kleine Abstand der Austrittspupille von der Okularfassung noch den Vorteil hat, die notwendigen Kopfbewegungen sehr weitgehend zu beschränken. Denn wenn man sein Auge von dem Lochrand in einer greifbaren Blendenwand aus leicht begreiflichen Gründen einigermaßen weit

entfernt halten muß, so gilt das von dem Luftbildchen der Austrittspupille durchaus nicht: sie kann man im Auge, und sogar nahe an der Augenpupille entwerfen lassen, ohne das Auge zu gefährden, und vermindert dadurch die Kopfverschiebungen in einem sehr hohen Maße. Die Größe der Augendrehungen überhaupt ist natürlich durch das scheinbare Gesichtsfeld des Fernrohres bestimmt.

Zu den Bildfehlern sei hier nichts weiter bemerkt, da sie bei der Behandlung der zusammengesetzten Geräte zu beschreiben sind. Nur darauf sei hingewiesen, daß man bei Geräten wie den Mikroskopen, wo die Bildkrümmung infolge überwiegender Sammelwirkungen sehr auffällig ist, bei der Beobachtung in Seitenteilen des Gesichtsfeldes die Feineinstellung spielen läßt, um auch dem seitlich blickenden Auge ein wenigstens nahezu auf den Schärfenkugeln um die Blendenmitte liegendes Bild vorzuführen.

Als eine ergänzende Bemerkung sei noch hinzugefügt, daß man in der gleichen Weise auch Doppelfernrohre mit parallelen Achsen benutzen kann, wenn sie nur eine Vorkehrung haben, den bildseitigen Achsenabstand dem Drehpunktsabstand des Benutzers anzupassen. Und in der Tat hat man diese Notwendigkeit bei den doppelten Erdfernrohren mit ihren kleinen Austrittspupillen schon früh erkannt und durch eine entsprechende Schwenkvorrichtung verwirklicht. Ist das aber geschehen, so kann man die seitlichen Teile der beiden Gesichtsfelder mit denselben kleinen Kopfverschiebungen durchforschen, die bald an das linke Okular die linke Nasenseite pressen, bald die rechte Nasenseite an das rechte.

Zu der räumlichen Auffassung ist hier aber noch ein Zusatz zu machen: während bei einäugiger Beobachtung die Raumvorstellung allein abhängt von der Tiefenvorstellung auf Grund der Erfahrung, kann sich bei einem Doppelfernrohr an nicht allzuweiten Sehdingen eine räumliche, beidäugige Tiefenwahrnehmung einstellen. Obwohl für die beiden einzelnen Abbildsbilder genau das gleiche gilt wie im Falle einäugiger Betrachtung, faßt man, sobald man eine, sei es richtige, sei es umgekehrte, Tiefenwahrnehmung hat, den Bildort am Schnittpunkt der gegen die Lichtrichtung verlängerten bildseitigen Hauptstrahlenrichtungen auf.

Bei Geräten mit selbständigem Strahlengang läßt sich die Austrittspupille nicht in den Drehpunkt des Benutzerauges verlegen.

Aus Fig. 8 sieht man, daß hier alle Hauptstrahlen nach der Mitte P' der Austrittspupille zielen, und zwar ist mindestens für mittlere Neigungen jeder Hauptstrahl die Achse eines nur von der Austrittspupille begrenzten Strahlenzylinders.

Nach den Auseinandersetzungen über die Lage des Luftbildes der Austrittspupille könnte man auf den Gedanken kommen, man müsse, wenn möglich, die Austrittspupille so weit in den Augenraum hinein verlegen, daß man den Augendrehpunkt Z' mit P' ,

der Mitte der Austrittspupille, zusammenfallen lassen könnte. Indessen haben Versuche, die wir in Jena bald nach dem Hinweis auf den Augendrehpunkt angestellt haben, das Irrtümliche dieses Planes sofort erkennen lassen. Das läßt sich auf folgende Weise einsehen.

Man stellt sich vor dem Augendrehpunkt Z' , durch den die Achsen von Strahlenzylindern nach der Größe $2p'$ der Austrittspupille treten, das etwas gehobene (also einen oberen Punkt des Feldes betrachtende) Auge, durch die Pupille P'_a gekenn-

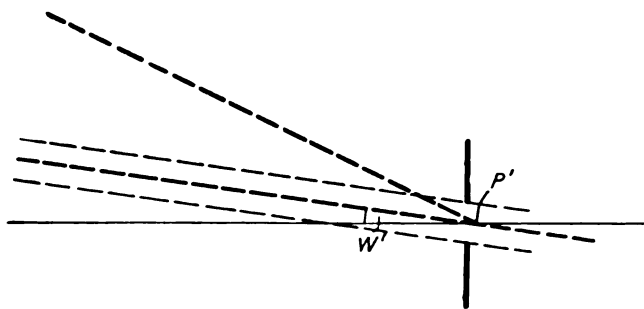


Fig. 8. Ein zu der Hauptstrahlneigung w' gehörender, vollständiger Strahlenzylinder.

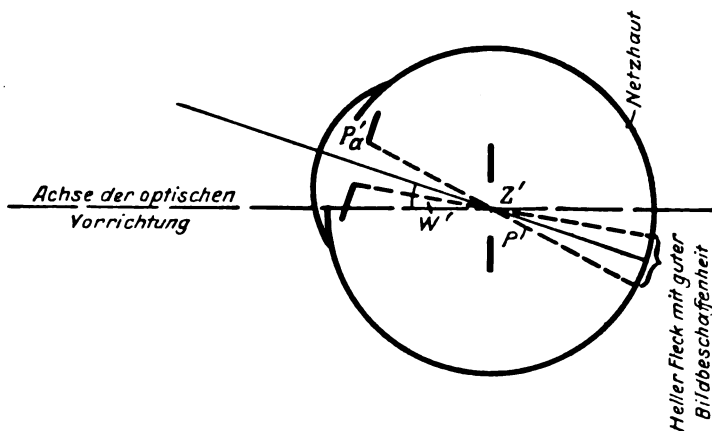


Fig. 9. Ein Übersichtsbild für die Gesichtsfeldbeschränkende Wirkung der Austrittspupille P'_a des Auges bei enger Austrittspupille P' des Geräts im Augendrehpunkt Z' .

zeichnet (Fig. 9), vor. Alsdann erscheint die Austrittspupille des Auges von Z' aus unter einem bestimmten Winkel $2w'$, wie ihn der Kegel der Hauptstrahlen ausschneidet, der gerade noch von der Austrittspupille durchgelassen wird. Die Randzylinder werden nur mit halber Öffnung durchgelassen und bei einem üblichen Durchmesser der Augenaustrittspupille handelt es sich nur um etwa $11\frac{1}{2}^\circ$ Ausdehnung. Alle übrigen aus der Augenlinse tretenden Zylinder werden noch stärker oder völlig durch die Augeniris abgeblendet. Dadurch ergibt sich aber eine sehr unerfreuliche Gesichtswahrnehmung, insofern als alle überhaupt sichtbaren Punkte nacheinander deutlich abgebildet werden,

daß mithin stets nur ein kleines Feld erleuchtet, die zur Zurechtfindung sehr erwünschte Umgebung aber abgeblendet ist.

Damit würde aber der Vorteil, auf die Kopfverschiebungen zu verzichten, zu teuer erkauft sein, und daher gibt man die soeben geschilderte Anlage als unzweckmäßig auf und geht zu der alten Art zurück, wo man die Austrittspupille des Geräts in die Nähe der Augenpupille bringt und durch sie wie durch ein Schlüsselloch hindurch, aber mit ganz geringen, fast unmerklichen Augenbewegungen die Seitenteile des scheinbaren Gesichtsfeldes auf sich wirken läßt.

Die Benutzung von Geräten mit einem durch den Augendrehpunkt des Benutzers gesetzten Strahlengange.

Nun gibt es aber auch optische Vorkehrungen, bei denen die Austrittspupille — sie läßt sich in diesen Fällen in der Regel nicht auf einer Mattscheibe auffangen — von der augennahen Fassung des Geräts eingerahmt, wie eine Fensteröffnung aussieht. Hierher gehört namentlich das Brillenglas und das holländische Fernrohr, und wir wollen auf jede dieser beiden Vorkehrungen etwas genauer eingehen.

In Fig. 10 sei das holländische Fernrohr schwacher Vergrößerung besprochen. Wir bringen ganz von selbst das Auge möglichst nahe vor die augennahe Okularfläche und wollen annehmen, daß das ganze scheinbare Gesichtsfeld von $2 \times 15^\circ = 30^\circ$ zunächst im indirekten Sehen wahrgenommen wird, wo das Auge der Fernrohrachse entlang schaut, der Augendrehpunkt also ebenfalls auf der Achse, etwa 10 mm hinter der Augenpupille, anzunehmen ist. Da es nun ganz ausgeschlossen ist, daß wir auch nur 5° seitlich von der Achse eine deutliche Gesichtswahrnehmung haben, so drehen wir ganz unwillkürlich unser Auge um seinen Drehpunkt so lange, bis seine Gesichtslinie in dem augenseitigen Hauptstrahl zu dem die Aufmerksamkeit erregenden Punkte liegt. Nach den vorstehenden Überlegungen erkennt man leicht, daß hiermit ein ganz bestimmtes Strahlenbündel, nämlich das Blicklinienbündel aus dem beim Gebrauch gewählten Augendrehpunkt Z' heraus, als augenseitiges Hauptstrahlenbündel ausgewählt wird, und daß die Güte der Leistung des Geräts in hohem Maße von dieser Wahl abhängt.

Wir müssen bei diesen Verhältnissen etwas länger verweilen, da sie natürlich aufgetreten sind, solange man schwache holländische Fernrohre benutzt hat, auch wenn der Beobachter von der Art keine Vorstellung hatte, in der er sein Gerät beanspruchte.

Was die Fehler gegen die Strahlenvereinigung betrifft, so werden besonders auffällig sein die Fehler schiefer Bündel, wie Farbenverschiedenheit

der Vergrößerung, Astigmatismus schiefer Bündel und auch die Verzeichnung. Bei einer nicht achsenrechten Lage des Drehpunkts können sich namentlich ungemein störende einseitige Farbensäume einstellen, die man bei den Fernrohrbrillen von ähnlicher Anlage als deutliche Kennzeichen unrichtiger Anpassung zu besserer Ausrichtung des Geräts in seiner Fassung vor dem Auge verwendet.

Auch bei der Strahlenbegrenzung muß der Drehpunkt berücksichtigt werden. Die bisher am sorglichsten ausgeführte Behandlung der Strahlenbegrenzung am holländischen Fernrohr stammte von S. CZAPSKI, und sie ist vollkommen zutreffend, wenn man etwa einen kleinen Dunkelkasten mit einer auf 2–3 mm abgeblendeten Eintrittspupille dicht hinter ein holländisches Fernrohr schaltet, z. B. um dessen scheinbares Gesichtsfeld aufzunehmen. Bei der eigentlichen Benutzung eines solchen schwachen Fernglases aber liegen, wie wir oben sahen, die Verhältnisse ganz anders, weil ein festes Gerät mit einem während des Gebrauchs bewegten Auge verbunden wird, was eben aus der

P 112 mm und Z 160 mm vom Objektiv aus in der Richtung auf das Okular zu, wie es auch sein muß, in dem $2^{\text{te}} = 4$ fachen Abstand von P' und Z' , und man erkennt, daß das Gesichtsfeld des ruhenden Auges $\frac{160}{112} = 1,4$ mal so groß ist als das des blickenden, natürlich gilt genau die gleiche Zahl auch von dem scheinbaren Gesichtsfeld und dem scheinbaren Blickfeld.

Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die Behandlung des holländischen Fernrohrs in der Verbindung mit den blickenden Auge zuerst von A. GULLSTRAND als notwendig hervorgehoben worden ist.

Die wichtigste optische Vorkehrung, die mit blickendem Auge benutzt wird, ist aber das Brillenglas, zugleich das verbreitetste und älteste optische Hilfsmittel überhaupt. Hier wird das scheinbare Blickfeld durch den inneren Rand der Glasfassung begrenzt, wenn eine solche überhaupt vorhanden ist, bei Glasbrillen also durch die Randkante selber. Die Blicklinien des bewegten Auges geben die bild-

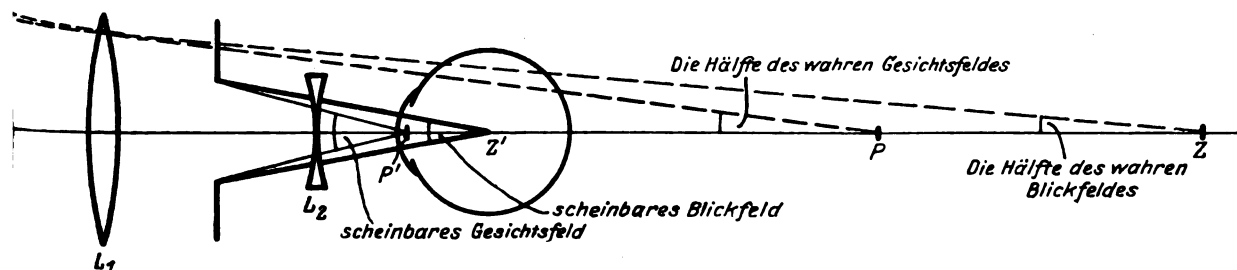


Fig. 10. Blick- und Gesichtsfeld auf der Ding- und der Augenseite eines schwachen holländischen Fernrohrs.

alten ABBESCHEN Lehre herausfällt, die zwar die beim Gebrauche ruhenden Geräte völlig einschließt, aber das blickende Auge nicht umfaßt. Daß sich gewisse Abweichungen einstellen, zeigt schon ein Blick auf die Strahlungsvermittlung. Während nämlich ein Flächenstückchen zur Seite der Achse, dem ein scheinbarer Abstand von 10° zukommen möge, in die ruhende Pupille einen elliptischen Zylinder schickt, dessen große Achse zwar 3 mm ist, dessen kleine Achse aber nur $3 \text{ mm} \times \cos 10^\circ$ beträgt, erhält das lebende in diese Richtung des Bildraumes gewandte Auge genau wie in der Mittelstellung einen Zylinder mit kreisförmiger Grundfläche von 3 mm Durchmesser.

Hier sei nur noch auf die perspektivischen Grundlagen hingewiesen. Man suche etwa bei einem besonders einfachen holländischen Fernrohr mit 60 mm Objektiv- und 30 mm Okularbrennweite in einem Abstand von 30 mm, wo die Gesamtbrennweite, wie es auch sein muß, unendlich groß ist, die für die Strahlenbegrenzung auf der Dingseite maßgebenden Punkte auf, d. h. also die scheinbare Mitte der Augenpupille und den scheinbaren Augendrehpunkt. Dabei sei angenommen, daß die Pupille P' 13, der Augendrehpunkt Z' 25 mm von der letzten Okularfläche entfernt sei. Dann liegt

seitigen Hauptstrahlen am Brillenglase ab, und man erkennt ohne weiteres, daß die Lagerung des Augendrehpunktes zum Brillenglase für die bei der Benutzung auftretenden Fehler schiefer Bündel bestimmend ist. Obwohl in frühen Zeiten tappende Verbesserungsversuche gemacht wurden, die zuerst auf Gläser mit einer Planfläche, dann auf Menisken führten, deren Anlage 1804 durch W. H. WOLLASTON auf eine den damaligen Ansprüchen genügende Grundlage gestellt wurden, kam man in der Theorie zunächst nicht weiter. Da die bewunderungswürdigen Darlegungen L. SCHLEIERMACHERS zu den Vertretern der technischen Optik nicht durchdrangen, so geht die neuzeitige, in Jena seit dem Januar 1908 gepflegte Behandlung des Brillenglases für das blickende Auge auf eine 1898 durch FR. OSTWALT gelieferte Anregung zurück. Namentlich die Behandlung der zweifach symmetrischen Gläser zur Hebung des Augenastigmatismus bereitet im Hinblick auf die vollständige Hebung der Fehler schiefer Bündel gewisse Schwierigkeiten.

An dieser Stelle, wo die perspektivischen Besonderheiten in erster Linie von Wichtigkeit sind, sei bemerkt, daß die Brillengläser wegen ihrer nicht verschwindenden Entfernung vom Hornhaut-

scheitel die Tiefenvorstellung ändern müssen, und zwar die zerstreuten im Sinne einer Überbreitung, die sammelnden im Sinne einer Abflachung der Tiefenwerte. Bei astigmatischen Brillen sind die Änderungen der Winkel w in w' sogar in zwei zueinander senkrechten Ebenen durch die Hauptachse des Brillenglases ganz verschieden, und es kann gelegentlich dadurch eine Verschiedenheit

der Augenwendwinkel beider Augen herbeigeführt werden, die zu deutlicher Fälschung der Tiefenwahrnehmung Anlaß gibt. Immerhin pflegt man sich bei dauerndem Tragen der Brille, deren Raumvorstellung ja durch die Greifbewegungen der eigenen Hände u. a. m. ständig berichtigt wird, an die fehlerhafte Wiedergabe zu gewöhnen und ihre Wirkung unwillkürlich auszuschalten.

Bericht über die durchdringende Strahlung in der Atmosphäre.

VON WERNER KOLHÖRSTER, Berlin.

Zusammenfassende Darstellungen über die durchdringende Strahlung in der Atmosphäre sind zum ersten Male 1912 von GÖCKEL¹⁾, BRAUN²⁾, STRONG³⁾ und CHAUVEAU⁴⁾ erschienen, sodann 1924 von KOLHÖRSTER⁵⁾ und WIGAND⁶⁾. In dieser Zeitschrift haben KÄHLER⁷⁾ 1914 und LUDEWIG⁸⁾ 1918 den derzeitigen Stand des Problems behandelt. Es wären daher hier nur die Arbeiten von 1918 bis Mitte 1925 zu besprechen. Da jedoch LUDEWIG im wesentlichen nicht über die Literatur bis etwa 1915 hinausgeht, so soll der Vollständigkeit halber bis auf diesen Zeitpunkt zurückgegriffen werden.

Bekanntlich mißt man die durchdringende Strahlung an der Ionisierungsstärke eines von dicken Metallwänden eingeschlossenen Gasvolumens. Zu diesem Zweck ist im Inneren der Ionisationsgefäße eine isolierte Elektrode oder gleich ein Elektrometer angebracht, das man durch eine Ladesonde aufladen und ablesen kann, ohne das Gefäß öffnen zu müssen. Man beobachtet den Potentialabfall des isolierten Systems, während das Gehäuse geerdet ist; oder dessen Aufladung, wenn das Gehäuse auf konstanter hoher Spannung gehalten wird, nachdem vorher das Elektrometer geerdet war. Aus der gewonnenen Spannungsänderung, der Kapazität und dem Volumen läßt sich mit Hilfe der Elementarladung die Anzahl der Ionen im Kubikzentimeter und in der Sekunde ermitteln, die Ionisierungsstärke I . Sie wird hervorgerufen von den von außen in das Gefäß eindringenden γ -Strahlen radioaktiver Substanzen, deren α bzw. β -Strahlen in den entsprechend stark gehaltenen Wandungen völlig absorbiert werden. Je nach der Herkunft der γ -Strahlen von den radioaktiven Substanzen des Bodens oder der Luft bezeichnet man ihre Wirkungen als Erd- oder Luftstrahlung. Dazu tritt, am Boden und geringer Höhe wenig wahrnehmbar, in größerer Erhebung dagegen ver-

stärkt anwachsend, die Höhenstrahlung. Aber selbst wenn man diese 3 Komponenten völlig ausschaltet, bleibt noch eine, leider recht große, Leitfähigkeit des Gasinhalts dauernd vorhanden, die man Rest- oder auch Eigenstrahlung der Gefäße nennt. Sie dürfte von Spuren radioaktiver Verunreinigungen, daneben vielleicht auch von der Eigenaktivität des verwendeten Materials herühren. Schließlich sind bei den Messungen — es handelt sich um elektrostatische Strommessungen von der Größenordnung 10^{-15} Ampere — noch die recht geringen, meist nur wenige Prozente betragenden Isolationsverluste zu berücksichtigen. Alle diese Komponenten machen zusammen etwa eine Ionisierungsstärke von 7–10 I aus. Es handelt sich also um Beobachtungen, die zwar im Prinzip recht einfach erscheinen, die aber in der Ausführung heikel und schwierig sind, weil sie meist an der Grenze des noch eben Meßbaren liegen. Daher ist gerade für diese Untersuchungen jeder Fortschritt in der Verbesserung der Instrumente von besonderer Bedeutung und rechtfertigt die hier im Folgenden getroffene Einteilung, wonach zunächst Instrumente, dann Beobachtungen behandelt werden, worauf der Abschnitt über die Hypothesen folgt.

Instrumente: Von transportfähigem Gerät ist der von KOLHÖRSTER besonders für Ballonfahrten neukonstruierte WULFSche Strahlungsapparat weiter von ihm verbessert und zuletzt auf einer Hochfahrt bis 9300 m erprobt worden (Fig. 1). Auch für Dauerbeobachtungen und Absorptionsversuche unter Wasser hat er sich als zuverlässig und störungsfrei arbeitend erwiesen. Er besitzt, wie bereits die erste Konstruktion, magnetische Ladesonde, ist jedoch insofern prinzipiell geändert worden, als der Träger für das Elektrometer mit samt dem Ablesemikroskop an einer Platte befestigt ist, wodurch Druckeinflüsse jeglicher Art ausgeschlossen werden. Ferner ist die Temperaturkompensation durch Verwendung von Quarz und Nickelstahl soweit vervollkommen worden, wie es bei einer Kompensation möglich sein kann. Aus dem Bestreben, auch diese noch zu vermeiden, konstruierte KOLHÖRSTER schließlich ein neues Elektrometer, bei dem jegliche Temperaturkompensation unnötig wird. Mit solchen Instrumenten ausgerüstete Strahlungsapparate hat er dann zu seinen Beobachtungen am Jungfraujoch 1923 und 1924 verwendet (Fig. 2).

¹⁾ A. GÖCKEL, Jahrb. d. Rad. u. Elektr. 9, 1. 1912.

²⁾ K. BRAUN, Jahrb. d. Rad. u. Elektr. 9, 204. 1912.

³⁾ W. W. STRONG, Terr. Magn. a. Atm. El. 17, 49. 1912.

⁴⁾ A. B. CHAUVEAU, Le Radium 10, 17 und 69. 1913.

⁵⁾ W. KOLHÖRSTER, Die durchdringende Strahlung in der Atmosphäre. Hamburg 1924.

⁶⁾ A. WIGAND, Phys. Zeitschr. 25, 445. 1924.

⁷⁾ K. KÄHLER, Die Naturwissenschaften 2, 501. 1914.

⁸⁾ P. LUDEWIG, Die Naturwissenschaften 5, 89 und 101. 1918.

Von größeren, nicht ohne weiteres transportfähigen, meist registrierenden Instrumenten sind in der Berichtszeit verschiedene Konstruktionen ausgeführt und in Gebrauch genommen worden. In Verbindung mit einem Registrierapparat hat BERGWITZ die erste Neukonstruktion des WULF-KOLHÖRSTERschen Apparates gebracht, während KOLHÖRSTER einen großen Ionisationszylinder mit einem WULFschen Einfadenelektrometer für JENSEN in Hamburg zusammengestellt hat, eine Anordnung, bei der nach der Auflademethode gearbeitet wird. Nach derselben Methode verfährt ISING, der ein hochempfindliches Fadenelektrometer eigener

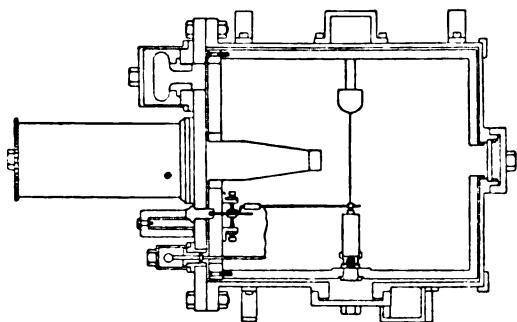


Fig. 1. Strahlungsapparat nach KOLHÖRSTER. Type III.

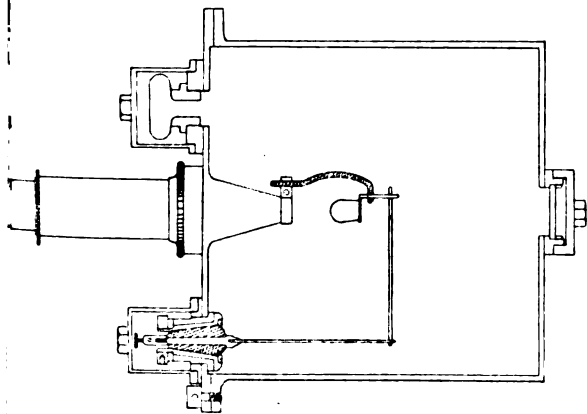


Fig. 2. Strahlungsapparat nach KOLHÖRSTER. Type IV.

Konstruktion, ähnlich dem Lurzschen Einfadeninstrument alter Bauart als Nullinstrument verwendet, indem er die Elektrometerrausschläge durch einen veränderlichen Luftkondensator ausgleicht. GÖCKEL benutzte ein großes Ionisationsgefäß mit BENNDORF-Elektrometer, dem von luftelektrischen Beobachtungen her bekannten, mechanisch registrierenden Quadrantelektrometer. Als Mikroquadrantelektrometer ist das HOFFMANNsche Instrument anzusprechen, das empfindlichste Instrument, welches wir zur Zeit besitzen. In Verbindung mit besonderen Ionisationsgefäßen hat HOFFMANN in letzter Zeit Beobachtungen der durchdringenden Strahlung mit dieser Anordnung begonnen. Jedoch ist der ganzen Sachlage nach dies Gerät nur im Laboratorium verwendbar, vor

allem muß es gegen Wärmeeinflüsse sehr sorgfältig geschützt werden.

Vereinzel sind in der Berichtszeit auch noch Arbeiten mit älteren Elektrometerkonstruktionen ausgeführt worden, wie z. B. die von MARSDEN, der WILSONsche kompensierende Goldblattelektrometer benutzte oder die von KUNSMAN, der einfache Blattelektrometer verwendete.

Betreffs der Ionisierungsgefäße war ja bereits seit langem bekannt, daß Zink elektrolytisch verzinkt, die niedrigsten Werte der Eigenstrahlung liefert. Aluminium und Eisen kommen ihm fast gleich, während Kupfer und die schweren Metalle, Zinn, Wismut und Blei, beträchtlich höhere Ionenzahlen liefern, wie auch die neuen Messungen von MARSDEN und von KOLHÖRSTER wieder gezeigt haben. Die Ionisationsgefäße sind daher meistens aus Zink hergestellt worden. Denn es ist bei den geringen Effekten von Bedeutung, die Eigenstrahlung, die nur unnützen Ballast bedeutet, so klein als nur irgend möglich zu halten, damit die anderen schwachen Strahlungskomponenten, die gleichzeitig mitgemessen werden müssen, um so sicherer bestimmt werden können. Deren Wirkung beruht hauptsächlich auf der von ihren γ -Strahlen an den Gefäßwandungen erzeugten sekundären β -Strahlung. Die Ausbeute an Sekundärstrahlen wächst mit der Atomnummer der verwendeten Metalle, also würde man vorteilhafter die Ionisationsgefäße aus schwereren Metallen als Zink herstellen. Doch wird die Eigenstrahlung dabei meist über das zulässige Maß erhöht. Neues Blei, Zinn und Wismut haben sich stets als ungeeignet erwiesen, altes Blei ist gerade noch brauchbar, ebenso möglichst thorfreies Wolfram (KOLHÖRSTER). Altes Blei erhöht die Ionisationswirkung um etwa das Doppelte gegenüber gleichartigen Aluminium- bzw. Zinkgefäßen, ebenso wie eine 0,3 mm dicke Schicht aus Wolfram. Jedoch fand KOLHÖRSTER bei weiteren Versuchen das zunächst merkwürdig erscheinende Ergebnis, daß die Verstärkung durch Wolfram gegenüber Zink nur noch die Hälfte beträgt, wenn die zur Messung benutzten γ -Strahlen des RaC erst durch 2 cm Blei gehärtet werden. Dasselbe hatte sich auch bei seinen Messungen mit der Höhenstrahlung gezeigt, deren Wirkung in Wolframgefäßen nicht um 100, sondern nur um etwa 50% vergrößert wurde. Dies würde also wieder auf die außerordentliche Härte der Höhenstrahlung hindeuten, für die eine Wolframschicht von 0,3 mm anscheinend zu dünn ist, um das Maximum der Austrittsstrahlung liefern zu können. Auch dürfte bei sehr harten Strahlen der Unterschied des Materials weniger in Frage kommen. In entsprechender Weise mag man die Ergebnisse von MARSDEN deuten. Seine mit altem Blei ausgelegten und mit schwefliger Säure als Füllgas beschickten Ionisationszylinder lieferten bei Eichung mit ungefilterten γ -Strahlen des RaC eine Zunahme von 3,7 : 1 gegenüber Messing als Wandmaterial. Bei Beobachtungen auf dem Ruapehu in Australien (2800 m) fand er jedoch kaum eine

Zunahme der Höhenstrahlung, ein Ergebnis, das in erster Linie wohl auf ungünstige Beobachtungsbedingungen zurückzuführen ist, sodann auf das schon erwähnte Verhalten der harten Strahlen.

Das zweite Mittel zur Steigerung der Ionisationswirkung, die Verwendung dichter Füllgase als Luft, war bereits eben erwähnt worden. Wegen der in dichteren Gasen vermehrten Absorption müßte auch stärkere Ionisationswirkung eintreten. Doch dürfte diese nicht auf eine direkte Wirkung der primären γ -Strahlen auf das Gas oder der corpuscularen Sekundärstrahlung von seiten des Gases unter dem Einfluß der Primärstrahlen zurückzuführen sein. Denn SWANN, DOWNEY und FRUTH haben aus ihren Versuchen über die Ionisation von Gasen unter wachsendem Druck schließen können, daß beträchtlich weniger als 1 I. durch diese Effekte bei Atmosphärendruck erzeugt wird. Vielmehr werden unter diesen Verhältnissen die sekundären Corpuscularstrahlen der Wandungen, die eine ganz erhebliche Reichweite besitzen, besser ausgenutzt, während die Eigenstrahlung des Wandmaterials — wahrscheinlich α -Teilchen und andere weiche Strahlen — in ihrer Wirkung im großen und ganzen gleich bleiben. Es erscheint merkwürdig, daß von diesen günstigen Bedingungen bisher nur so vereinzelt Gebrauch gemacht wurde, wenigstens berichten nur MARSDEN und KOLHÖRSTER und HOFFMANN über Verwendung von schwefliger Säure bzw. Kohlensäure. Der Grund hierfür dürfte zum Teil in dem noch wenig erforschten Verhalten solcher Gase liegen, bei denen man, besonders außerhalb des Laboratoriums, Komplikationen befürchtet. Wenigstens berichtet MARSDEN, daß er mit solchen Instrumenten bei Beobachtungen am Apia-Observatorium auf Samoa in Seehöhe von Tag zu Tag unregelmäßige Schwankungen von mehr als $\pm 30\%$ gegenüber dem Mittel fand, die vermutlich als Störungen anzusprechen sind. KOLHÖRSTER hat bei Kohlensäure dergleichen bisher nicht beobachten können.

Die erwähnten Anordnungen gehen also darauf hinaus, die Ionisationswirkung der γ -Strahlen zu erhöhen und damit die Meßgenauigkeit zu steigern; zu gleichem Zweck versucht man die Eigenstrahlung möglichst zu verringern. Man kann annehmen, daß ihre stark ionisierenden Strahlen rund 5 cm von den Wandungen ins Innere der Ionisationsgefäße reichen. Ihr Einfluß tritt also mit Vergrößerung der Abmessungen der Gefäße mehr und mehr zurück. Darauf lassen sich wenigstens teilweise die geringen Ionisierungsstärken zurückführen, die man mit größeren Ionisationskammern neuerdings erzielt hat (BERGWITZ gelangte bis 0,8 I.). Muß man sich mit kleineren Abmessungen begnügen, so kann man gleiche Wirkungen durch Erhöhungen des Gasdrucks im Ionisationsgefäß erreichen. Doch bietet das Arbeiten dann technisch immer die große Schwierigkeit, die Gefäße über längere Zeit auch wirklich gasdicht zu erhalten, und ist daher noch wenig in Gebrauch gekommen. In den oben erwähnten

Arbeiten von DOWNEY und FRUTH haben derartige Ionisationskammern bis zu Drucken von 70 Atmosphären gedient. Wahrscheinlich verwenden auch MILLIKAN und seine Schüler zu ihren Registrierapparaten für Pilotballone dieses Prinzip, um die Instrumente möglichst leicht zu haben. In anderer Weise hat KOLHÖRSTER die Wandstrahlung herabzusetzen versucht, indem er durch dünnes Papier die α -Teilchen der Gefäßwände absorbieren ließ. Daneben geht natürlich auch ein Teil der corpuscularen Sekundärstrahlung der Wände verloren, aber trotzdem bietet die Papiereinlage, besonders bei Wolfram- und Bleiwänden Vorteile. Ähnliche Wirkungen erzielt HOFFMANN, indem er im Innern des Gefäßes ein weitmaschiges Drahtnetz anbringt. Die weiche Eigenstrahlung der Metallwände dringt nicht in das Innere des so abgegrenzten Volumens und das zwischen Netz und Wand bestehende Feld vernichtet die hier entstehenden Ionen, die also nicht mehr durch Diffusion in den eigentlichen Ionisationsraum dringen können. Die dadurch absichtlich verringerte Ionisationswirkung wird durch erhöhte Empfindlichkeit der Elektrometer wieder ausgeglichen. Leider bleibt bis heute noch die Verwendbarkeit solcher Anordnungen auf das Laboratorium beschränkt.

Schließlich ist in diesem Zusammenhange noch anzuführen, daß der Unterschied im Verhalten leichter und schwerer Substanzen dazu dienen kann, die Richtung der von außen in das Gefäß eindringenden Strahlen zu bestimmen. Wenn man nämlich die eine Hälfte der Ionisationskammer z. B. aus Blei, die andere aus Aluminium herstellt, so beobachtet man unter sonst ganz gleichen Verhältnissen verschiedene Ionisierungsstärken, je nachdem die Blei- oder Aluminiumhälfte der Strahlenquelle zugewandt ist. Dies beruht auf dem Unterschied in der Stärke der von den γ -Strahlen erzeugten Ein- und Austrittsstrahlung bei verschieden dichten Substanzen, doch ist man bisher über etwa 10% Differenz noch nicht hinausgekommen. Mit derartigen Anordnungen haben ISING, SWANN, HERRICK gearbeitet.

Experimentelle Ergebnisse: Wie bereits angedeutet, hatte man bei der durchdringenden Strahlung, d. h. bei der Messung der Ionisation im geschlossenen dickwandigen Gefäß, die Trennung der einzelnen Komponenten in Erd-, Luft- und Höhenstrahlung schon früher durchgeführt und daneben auch die Erdstrahlung unterschieden. Zu ihr gehören alle die Wirkungen, die von einer selbständigen Ionisation der Gasfüllung, von radioaktiven Verunreinigungen des Gases und von der Eigenstrahlung der Gefäßwände herrühren können.

Eine selbständige Ionisation der Gasfüllung durch die Wärmebewegung der Moleküle muß, nachdem BERGWITZ 0,8 I. für die gesamte Reststrahlung in Zinkgefäßen bei seinen Beobachtungen im Steinsalzgebirge unter Tage gefunden hatte, unter diesem Werte liegen. LANGEVIN und REY berechneten unter bestimmten Voraussetzungen schon früher einen Ausdruck hierfür, fanden

aber, daß er mit den Beobachtungen keine Übereinstimmung zeigte und schlossen daraus, daß die Wärmebewegung bei gewöhnlicher Temperatur nicht in Betracht käme. WOLKE und auch KINGDON kamen zu entgegengesetztem Schluß, jedoch konnte KINGDON keine experimentellen Beweise für die Richtigkeit seiner Formeln aus eigenen, zu diesem Zweck unternommenen Versuchen beibringen. Ganz allgemein hat dann von HAUER das Problem gefaßt, wodurch er zu Ausdrücken geführt wurde, die erst bei Temperaturen von 2000° herum einen Einfluß der Wärmebewegung auf die Ionisation der Gase erwarten lassen und bei niedrigeren Temperaturen in Übereinstimmung mit den Beobachtungsergebnissen (z. B. KINGDON) sind. Die Wärmebewegung trägt also bei den gewöhnlichen Temperaturen nicht zur Ionisation bei, und die Frage dürfte danach im negativen Sinne entschieden sein.

Der Einfluß des Emanationsgehaltes der Gasfüllung ist im Gegensatz zum Temperatureffekt erheblich, gut nachweisbar und daher längst erkannt. Er ist durch sorgfältiges Altern der Füllgase oder durch Absorption bzw. Kondensation der in ihnen enthaltenen Emanationen unschwer zu vermeiden. Es sei angeführt, daß von SCHWEIDLER eine Methode der Bestimmung des Emanationsgehaltes der Außenluft hierauf begründet hat.

Bleibt also nur die Eigenstrahlung der Gefäßwände übrig und damit die Berechtigung, die Reststrahlung als Eigenstrahlung zu bezeichnen, wie es manchmal geschieht. Sie kann ihren Grund in einer wahren Eigenaktivität der verwendeten Metalle oder in radioaktiven Verunreinigungen oder in beiden zusammen haben. Während man aber früher ziemlich allgemein an radioaktive Infektionen dachte, zieht man neuerdings wieder eine Eigenaktivität der Metalle in Betracht, besonders als HOFFMANN mit Versuchen hervortrat, die eine Eigenaktivität des Platins anzudeuten scheinen. Sodann hat sich bei den neueren Untersuchungen verschiedener Metallsorten auf ihre Brauchbarkeit zu Ionisationsgefäßen doch wesentlich bessere Übereinstimmung ergeben als früher gefunden worden war. Im Verein mit der Anschauung, die Radioaktivität als eine aller Materie innewohnende Eigenschaft zu betrachten, eine Ansicht, die neuerdings wieder von NERNST sehr betont wird, scheint man dieser Frage heute bei weitem weniger ablehnend gegenüber zu stehen, als es noch bis vor kurzem der Fall war. Daß nur die beiden Gesichtspunkte, wahre Eigenaktivität oder radioaktive Verunreinigung, nicht bloß eine vorübergehende Infektion durch kurzlebige Radioprodukte, für die Eigenstrahlung in Betracht kommen, dürfte schon daraus hervorgehen, daß die Eigenstrahlung selbst über längere Zeiten merklich konstant bleibt. So berichtet z. B. KOLHÖRSTER, daß sein Strahlungsapparat III über 6 Jahre völlig konstante Eigenstrahlung aufwies. Selbstverständlich wurde das Instrument von radioaktiven Infektionen peinlichst geschützt und völlig geschlossen gehalten,

war aber dauernd zu allen möglichen Versuchen ein Freiballon, im Wasser und am Erdboden im Gebrauch.

Von der *Luftstrahlung* war bereits seit EVE bekannt, daß sie nur wenige Zehntel Ionen zur Ionisation im geschlossenen Gefäß beiträgt. Das wurde auch wieder rechnerisch sowie experimentell in der Berichtszeit von KOLHÖRSTER bestätigt. Ihre Wirkung ist nicht leicht nachweisbar, und da kein weiteres Interesse für sie vorliegt, so hat man sich auch verhältnismäßig wenig mit ihr beschäftigt. Nach den direkten Emanationsbestimmungen, die bis etwa 4 km Höhe in Luftfahrzeugen von WIGAND und WENK ausgeführt worden sind, nimmt zudem der Gehalt der Luft an aktiven Substanzen noch viel schneller ab, als man theoretisch hätte voraussehen können (HESS und SCHMIDT). Daher kommt die Luftstrahlung in etwas größerer Erhebung vom Erdboden noch bedeutend weniger in Betracht als in Bodennähe. In Zusammenhang mit diesen Fragen ist wiederholt geprüft worden, ob Ionisationsgefäße dadurch, daß sie längere Zeit auf Spannung gehalten werden, nicht eine merklich höhere Zerstreuung erwerben. Dabei würden sich nämlich die aktiven Substanzen der Freiluft auf den Außenwandungen in größerer Menge bis zum Gleichgewicht niederschlagen und verstärkt strahlen. GÖCKELS Versuche haben diese Frage verneint, dagegen gelangte BERGWITZ bei Ausschaltung der Erdstrahlung durch Steinsalz zu positivem Ergebnis, wonach einige Zehntel Ionen von den aktiven Niederschlägen der Luft auf der Außenwand der Gefäße herrühren können. Da diese von den radioaktiven Substanzen des Erdbodens stammen und die gegenteilige Ansicht von BONGARDS, daß Emanationsmengen vom Kosmos her in die Atmosphäre bis in tiefere Luftschichten dringen, mit WIGAND und WENK abzulehnen ist, so müssen wir vorerst an der Tatsache festhalten, daß die Luftstrahlung gegenüber den anderen Komponenten nur untergeordnete Bedeutung besitzt.

Das der *Erdstrahlung* in der Berichtszeit erwiesene Interesse beruht auch mehr auf Nützlichkeitsgründen als auf allen anderen. Denn die Kenntnis ihres Verhaltens, wenigstens in großen Zügen, ist unerlässlich, will man nicht Beobachtungen der durchdringenden Strahlung durch unständliche Abschirmungen und dergleichen andere Komplikationen dauernd erschweren. Zudem ist sie mit ihrer Ionisierungsstärke von 2—3 Ionen und den starken von der Bodenbeschaffenheit und besonders den meteorologischen Einflüssen abhängigen Schwankungen für die Änderung der Ionisation in geschlossene Gefäße nahe am Erdboden in erster Linie verantwortlich. Messungsreihen der durchdringenden Strahlung, also der gesamten Komponenten, sind von BERGWITZ in Braunschweig, GÖCKEL in Freiburg (Schweiz), KÄHLER in Kolberg und HESS und KOFLER auf dem Obir (2000 m) durchgeführt worden. Mit dem ausgesprochenen Zweck des Studiums der Erdstrah-

lung in ihrem Verhalten zu den meteorologischen Elementen hat KOLHÖRSTER über $1\frac{1}{4}$ Jahr lang in Waniköi bei Konstantinopel gemessen, während OBERGUGGENBERGER in der Nähe von Innsbruck die örtliche Abhängigkeit der durchdringenden Strahlung von den anstehenden Gesteinsformationen studiert hat. Gegenüber den älteren Messungsreihen weisen diese neueren eine erfreuliche Einheitlichkeit in bezug auf die verwendeten Instrumente auf, die mit dem WULFSchen bzw. WULF-KOLHÖRSTERSchen Apparaten gewonnen wurden. Auch trotz der erheblichen örtlichen Unterschiede sind die Ergebnisse im allgemeinen soweit übereinstimmend, daß sie zusammenfassend besprochen werden können.

Die von allen Beobachtern nunmehr einwandfrei nachgewiesene *jährliche Periode* der Gesamtstrahlung — unter der Annahme, daß die Eigenstrahlung konstant bleibt und die Höhenstrahlung in Erdnähe nur unwesentlich schwankt, sind diese Änderungen der Erdstrahlung zuzuschreiben — hat

achtungsreihen angeführt wurden; die über 4 Monate sich erstreckenden, sonst aber recht ausführlichen Registrierungen von BERGWITZ mußten daher wegleiben. Für die tägliche Periode sind allein die Ergebnisse von Waniköi wiedergegeben. Denn nur diese Reihe hat genügend zahlreiche Termine (bis zu 12), während HESS und KOFLER 5 mal, KÄHLER 2 mal am Tage beobachteten. Die angegebenen Zahlen der Tab. 2 beziehen sich auf osteuropäische Zeit (MEZ = OEZ. — 1 Stunde).

Die Erklärung für die Perioden folgt aus dem Vergleich der Strahlung mit den meteorologischen Elementen; sie beruht auf der Verlagerung aktiver Substanzen in den obersten Bodenschichten unter dem Einfluß der Bodenatmung, hervorgerufen durch die Druckschwankungen der Luft in den Erdcapillaren gegenüber der Außenluft. Die Änderungen sind also von der Witterung und der physikalischen Beschaffenheit, insbesondere der Durchlässigkeit und Erwärmung des Erdbodens abhängig. Dies Verhalten wird an der Reihe von Waniköi bis ins

Tabelle 1. *Jährliche Periode der durchdringenden Strahlung.*

Beobachter	Ort	Zeit	Jahresmittel	Maxima	Minima	Amplitude	% des Jahresmittels
HESS und KOFLER	Obir (2000 m)	1913/4	11,1 J	11,4 J (Aug.)	10,8 J (April)	0,6 J	5,4
GOCKEL	Freiburg (500 m)	1914/5	11,4 J	12,2 J (Juni)	10,7 J (Febr.)	1,5 J	13,1
KOLHÖRSTER . .	Waniköi (115 m)	1916/8	7,6 J	7,8 J (Juni)	7,3 J (Jan.)	0,5 J	6,6
KÄHLER	Kolberg (10 m)	1914/5	7,5 J	7,6 J (Sept.)	7,3 J (Febr.)	0,3 J	4,0

Tabelle 2. *Tägliche Periode der durchdringenden Strahlung in Waniköi (1916/8). Mitternacht 0^h.*

	Erste Schwingung		Amplitude	Zweite Schwingung		Amplitude
	Maxima	Minima		Maxima	Minima	
Gesamtmittel	15–16 ^h	9 ^h	0,77 J	4–5 ^h	0–1 ^h	0,12 J
Sommer	16 ^h	8 ^h	1,07 J	4 ^h	1–2 ^h	0,04 J
Winter	15 ^h	9–10 ^h	0,56 J	5 ^h	0 ^h	0,13 J

im Sommer ihr Maximum und im Winter ihr Minimum mit einer Amplitude von etwa 20% ihres Mittelwertes von 2,5 J; die Einzelwerte schwanken im Sommer stärker als im Winter. Hierzu sei bemerkt, daß die jährliche Periode auch für feinere Ionisationsmessungen im Laboratorium in Betracht zu kommen scheint. Denn KOHLRAUSCH fand bei seinen Untersuchungen über γ -Strahlen eine regelmäßige Zunahme der natürlichen Zerstreuung vom Winter zum Sommer.

Die *tägliche Periode* zeigt eine doppelte Welle mit Maxima gegen 15^h und 4^h, Minima gegen 9^h und 1^h. Die Eintrittszeiten der Extreme schwanken um diese Stunden mit der Jahreszeit von Monat zu Monat, örtlich beeinflusst von der Bodendurchlässigkeit. Die Amplitude der Hauptschwingung wächst mit zunehmender und fällt mit abnehmender Jahreszeit, während sie sich bei der zweiten Schwingung umgekehrt verhält und im Winter deutlicher hervortritt. GOCKEL konnte, abweichend von allen anderen Beobachtern, eine tägliche Periode nicht finden. Zu den hier folgenden Tabellen 1 und 2 sei bemerkt, daß nur die Ergebnisse von mindestens ganzjährigen Beob-

achtungsreihen diskutiert und sei hier kurz zusammengefaßt. Niederschläge, gleich in welcher Form, erhöhen zunächst immer die Werte der Strahlung; die mit ihnen verbundene Verminderung der Bodendurchlässigkeit tritt dem bald entgegen. Dies ist auch der Grund für die geringeren Intensitäten bei gefrorenem Boden. Luftdruck und -gang zeigen entgegengesetztes Verhalten zur Strahlung, besonders ausgeprägt im täglichen Gang. Gleichsinnig ist die Beziehung zur Temperatur und zum Dampfdruck, bei diesem nur scheinbar, denn die relative Feuchtigkeit spielt nur eine sehr bescheidene Rolle, so daß selbst Nebel kaum eine Zunahme herbeiführt. Deutlicher zeigt sich der entgegengesetzte Gang zur Bewölkung, der also mit der Einstrahlung parallel verläuft. Die Beziehung zur Windgeschwindigkeit ist in Waniköi recht ausgeprägt, in dem Sinne, daß der Wind saugende Wirkung auf die Bodenluft ausübt, wobei die Bodendurchlässigkeit, beeinflusst durch die vorangegangene Witterung, stark ins Gewicht fällt.

Anders dagegen auf dem während längerer Zeit im Jahre vereisten Gipfel des Obir, wo aus diesem

Grunde die Erdstrahlung etwas an Einfluß verliert, während die Beziehungen zur Luftstrahlung mehr hervortreten.

KOLHÖRSTER faßt die Wirkung der Erdstrahlung folgendermaßen zusammen: Die aktiven Substanzen der „wirksamen Zone“ (etwa 1 m mächtige Oberflächenschicht), insbesondere die ersten Dezimeter Tiefe, sind für ihre Schwankungen maßgebend, während die folgenden Dezimeter noch eine gewisse Bedeutung für die Absolutwerte der Strahlungsintensität gewinnen.

Gerade das zeigt sich an den Untersuchungen OBERGUGGENBERGERS, der in der Umgebung Innsbrucks das Verhalten der Erdstrahlung zu den anstehenden Gesteinsformationen geprüft hat. Er

fand zunächst die von direkten Gehaltsbestimmungen her bekannte Tatsache auch an γ -Strahlungsmessungen bestätigt, daß Sedimentgestein schwächer als Urgestein strahlen. Weiter konnte er nachweisen, daß die Strahlungsstärke an verschiedenen Orten bei gleichen anstehenden Formationen nahezu dieselbe war, ein wichtiger Umstand für alle die Beobachtungen, bei denen man nicht in der Lage ist, die Erdstrahlung gesondert zu bestimmen, oder bei denen man die Höhenstrahlung nicht anders als durch Messung in Höhlen abschirmen kann. Immerhin wird man natürlich darauf bedacht sein müssen, die Erdstrahlung nach Möglichkeit auszuschalten, wenn man die anderen Komponenten studieren will. (Schluß folgt.)

Über das krystallochemische und geochemische Verhalten des Germaniums.

Von V. M. GOLDSCHMIDT, Oslo.

Bisher lagen über das geochemische Verhalten des Germaniums nur vereinzelt und teilweise widerspruchsvolle Angaben und Vermutungen vor. D. MENDELEJEFF erwartete das „Eksilicium“ in Mineralen säurebildender vierwertiger Elemente, wie Titan oder Zirkonium, doch erwies sich die bisher einzige näher geprüfte Angabe über ein solches Vorkommen, nämlich im Samarskit, als unzutreffend. CL. WINKLER entdeckte das Germanium bekanntlich in dem Sulfosalze Argyrodit, und das Vorkommen in sulfidischen Mineralen ist bisher das wichtigste geblieben; es mag an Germanit und an die Germanium-haltigen Zinkblendern erinnert werden. Ein derartiges Vorkommen des Germaniums, vorzugsweise gebunden an Schwefel, ist in Übereinstimmung mit dem geochemischen Charakter anderer Elemente der „Nebenreihen“ des periodischen Systems, und ich habe deshalb vor einigen Jahren¹⁾ das Germanium ohne Bedenken den typisch „chalkophilen“ Elementen zugezählt, Elementen, welche wie Kupfer oder Arsen ganz überwiegend in sulfidischen Erzen vorkommen. Indessen konnte ich schon damals auf Beobachtungen mehrerer Fachgenossen hinweisen, welche einen gewissen Grad von Lithophilie bei Germanium vermuten ließen, der sich im Auftreten dieses Elementes in Sauerstoffverbindungen bemerkbar macht, so A. HADDINGS Angabe über Germanium im Zinnstein, F. ULRICHS über Germanium im Brookit.

Seitdem die Erkenntnis gewonnen war, daß die krystallochemischen Eigenschaften der Elemente und ihrer Verbindungen von maßgebendem Einfluß auf Fragen der geochemischen Verteilungsweise sind, lag es nahe, auf krystallochemischem Wege Aufschluß über die Geochemie des Germaniums zu gewinnen. Im allgemeinen ist das krystallochemische Verhalten eines Elementes in einfacher Weise durch dessen Platz im periodischen System bestimmt. Wir beobachten eine

regelmäßige Zunahme der Strukturdimensionen in homologen Reihen, es sei etwa an die Zunahme der Gitterdimensionen analoger Verbindungen in der Reihe Magnesium, Calcium, Strontium, Baryum oder in der Reihe Lithium, Natrium, Kalium, Rubidium, Cäsium erinnert. Zunahme ähnlicher Art treffen wir auch in den sog. „Nebenreihen“ des periodischen Systems, etwa zwischen Zink und Cadmium, Arsen und Antimon.

Die krystallochemischen Beziehungen zwischen Elementen der Hauptreihen und der zugehörigen Nebenreihen werden durch den Umstand gekennzeichnet, daß zwischen einem Elemente der Hauptreihe und dem nachfolgenden Elemente der Nebenreihe, etwa zwischen Kalium und Kupfer oder zwischen Strontium und Cadmium nicht ein Zuwachs der Strukturdimensionen eintritt, sondern im Gegenteil eine Abnahme, bewirkt durch eine Kontraktion des Atombaues im zwischenliegenden Gebiete. Solche Kontraktionen beobachten wir in den Gebieten zwischen Titan und Kupfer, zwischen Zirkonium und Silber, zwischen Hafnium und Gold, in welchen Gebieten der Rückgang der krystallochemischen Dimensionen bereits von NIGGLI klar erkannt und als „Recurrenz“ bezeichnet wurde. Hierzu kommt dann noch die große Kontraktion des Atombaues zwischen Lanthan und Cassiopeium, die als Lanthanidenkontraktion¹⁾ bezeichnet worden ist.

Die Kontraktion im Gebiete Titan-Kupfer bewirkt nicht nur, daß einwertiges Kupfer keine größeren Strukturdimensionen besitzt als Kalium, oder Zink als Calcium, sondern sie kompensiert sogar jene Vergrößerung der Strukturdimensionen, welche zwischen der Neon-Periode und der Argon-Periode stattgefunden hat, so daß Kupfer krystallochemisch dem Natrium relativ nahe steht, Zink dem Magnesium.

Diese „Rückbildung“ der krystallochemischen Dimensionen kommt bei den nachfolgenden Ele-

¹⁾ Geochemische Verteilungsgesetze der Elemente I und II. Vid. Selsk. Skr., Mathem.-naturw. Kl. 1923, Nr. 3 und 1924, Nr. 4.

¹⁾ Vgl. GOLDSCHMIDT, BARTH und LUNDE, Geochemische Verteilungsgesetze der Elemente V. Skrifter, Vid. Akad. Oslo, Mathem.-naturw. Kl. 1925, Nr. 7.

menten ebenfalls zum Ausdruck; so ist Gallium dem Aluminium krystallochemisch sehr nahe verwandt¹⁾, Arsen dem Phosphor, und bringen wir diese Verwandtschaftsbeziehungen tabellarisch zum Ausdruck, so ersieht man leicht, daß zwischen Germanium und Silicium nahe krystallochemische Beziehungen zu erwarten sind.

	Atom- nummer		Atom- nummer
Natrium	11	ist einigermassen verwandt mit Kupfer	29
Magnesium	12	ist nahe verwandt mit Zink	30
Aluminium	13	ist sehr nahe verwandt mit Gallium.	31
Silicium	14	entspräche dann dem Germanium.	32
Phosphor	15	ist nahe verwandt mit Arsen	33

Daß tatsächlich nahe krystallochemische Beziehungen zwischen Germanium und Silicium vorliegen, zeigt sich schon im Molekularvolumen analoger Verbindungen²⁾. So ist das Molekularvolumen des flüssigen Siliciumtetrachlorids 111,6, dasjenige des Germaniumtetrachlorids 114,4, also nur 2,5% Unterschied. In den Strukturdimensionen der Elemente kommt ebenfalls eine relativ nahe Verwandtschaft zum Ausdruck, wie sich aus folgender Reihe ergibt:

	$a \cdot 10^{-8}$ cm
C	3,55
Si	5,42
Ge	5,61
Sn	6,46

Von besonderem Interesse erschien die Frage, wie sich Germaniumdioxyd in krystallochemischer Beziehung verhält.

Ausgedehnte Untersuchungen über die Krystallochemie der Dioxyde und analoger Verbindungen, welche in meinem Institute in den letzten Jahren ausgeführt worden sind, ergaben nämlich, daß ein einfacher Zusammenhang zwischen Chemismus und Krystalstruktur besteht, derart, daß bei relativ großem Durchmesser des Metallatoms der Fluorit-Typus auftritt (Beispiel CeO_2), bei relativ kleinerem Durchmesser des Metallatoms hingegen der Rutiltypus (Beispiele SnO_2 , TiO_2), endlich bei noch kleinerem Durchmesser des Metallatoms die Gitterarten des Siliciumdioxydes (oder allgemeiner ausgedrückt Schichtengitter und Molekülgitter³⁾).

Bereits die vorliegenden Dichteangaben für

¹⁾ Man vergleiche V. M. GOLDSCHMIDT, T. BARTH, G. LUNDE, l. c.

²⁾ Über die Eigenschaften reiner Germanium-Verbindungen findet man zahlreiche Angaben in den wichtigen Arbeiten von DENNIS und seinen Schülern in den letzten Jahrgängen von Journ. of the American Chem. Soc.

³⁾ Die Theorie eines Zusammenhanges zwischen diesen Gittertypen ist zuerst von F. HUND entwickelt worden (Zeitschr. f. Physik 34, 833. 1925). Eine Zusammenstellung zahlreicher neuer Strukturdaten von Verbindungen der Formel RX_2 aus meinem Institute ist zur Zeit im Drucke.

Germaniumdioxyd ließen erwarten, daß zwischen Siliciumdioxyd und Germaniumdioxyd nähere krystallographische Verwandtschaft zu erwarten sei. Dies wurde durch krystallographische und röntgenographische Untersuchung des Germaniumdioxydes bestätigt.

Die gewöhnliche (wasserlösliche) Modifikation des Germaniumdioxydes, erhalten durch Krystallisation aus wässriger Lösung bei 16° C, 90° C, sowie durch starkes Glühen der Krystallisationsprodukte (bei 400°, 600° und bis dreistündiges Glühen bei 950° C) erwies sich stets als eine trigonale oder pseudotrigonale Krystallart, welche in bezug auf Gitterdimensionen und Atomanordnung dem *trigonal trapezoedrischem Quarz* am nächsten verwandt ist. Eine ausführliche Veröffentlichung der Ergebnisse soll an anderer Stelle erfolgen. Es wurden Germaniumpräparate verschiedener Herkunft benutzt, erstens ein Präparat, welches ich vor 18 Jahren aus bolivianischem Argyrodit hergestellt hatte, zweitens Dioxyd aus einer kleinen Menge spektralreinen Germaniums der Firma Adam Hilger in London. Leider stand mir nur eine so geringe Materialmenge zur Verfügung, daß von der Herstellung und Untersuchung der „wasserunlöslichen Modifikation“ vorläufig abgesehen werden mußte. Bei den Röntgenaufnahmen wurde ich in dankenswerter Weise von meinen Mitarbeitern T. BARTH, D. HOLMSEN, K. KVAAL unterstützt.

Die krystallochemische Analogie zwischen Germaniumdioxyd und Siliciumdioxyd, welche ich gefunden habe, kommt bekanntlich auch im physikalischen und chemischen Verhalten des Germaniumdioxydes zum Ausdruck. So hat schon DENNIS darauf hingewiesen, daß Germaniumdioxyd, analog dem Siliciumdioxyd leicht als Glas erhalten werden kann, ferner fanden DENNIS und LAUBENGAYER, daß Germaniumdioxyd das Siliciumdioxyd in zusammengesetzten Gläsern ersetzen kann.

Nach dem vorliegenden Material, insbesondere über die Krystalstruktur der Dioxyde, liegt die Vermutung nahe, daß Germanium in der Natur durchaus nicht ausschließlich chalkophil auftritt, sondern, daß es auch als Vertreter von Silicium in oxydische Verbindungen eintritt, analog dem Eintreten von Gallium in Verbindungen des Aluminiums. Es erscheint mir nicht ausgeschlossen, daß ein sehr wesentlicher Teil des Germaniums in der Erde auf diese Weise sozusagen im Silicium versteckt ist, und daß die bisher angenommene außerordentliche Seltenheit dieses Elementes nur eine *scheinbare* sei, vorgetäuscht dadurch, daß Germanium in der großen Menge Silicium verborgen sei, ebenso wie Gallium im Aluminium. Für solche Fälle verborgenen Auftretens eines relativ seltenen Elementes in einem relativ häufigen, habe ich die Bezeichnung „Camouflage“ (Tarnung) vorgeschlagen¹⁾. Camouflage oder Tarnung tritt ein, wenn Expansion und Kontraktion der Elektronenhüllen gerade zur Kompensation

¹⁾ Vortrag des Verf. in der norwegischen Akademie der Wissenschaften am 22. I. 1926.

der Gitterunterschiede (bei Elementen gleicher Valenz) führen, so ist Hafnium in Mineralen durch Zirkonium camouffiert, Gallium durch Aluminium, zweiwertiges Europium¹⁾ mitunter durch Strontium.

Es wäre nun außerordentlich erwünscht, diese Vermutung durch den direkten Nachweis von Germanium in Silicium-Materialien zu bestätigen. Untersuchungen, welche einen solchen Nachweis bezwecken, sind seit einiger Zeit in meinem Institute in Angriff genommen, bieten aber große Schwierigkeiten, welche in den chemischen Eigenschaften des Germaniums begründet sind. Der wesentliche Zweck meiner Darlegungen ist, die Aufmerksamkeit auf das vorliegende Problem zu lenken, damit der Nachweis des Germaniums in Silicium-Materialien auch von anderer Seite versucht werden möge. Man kann im allgemeinen bereits voraussagen, in welchen Silicium-Mineralen das Germanium vorzugsweise angereichert sein müßte. Die relativ sehr große Löslichkeit von Germaniumdioxid in Wasser, verglichen mit der Löslichkeit von Siliciumdioxid läßt erwarten, daß

¹⁾ Unveröffentlichte Untersuchungen des Verf., gemeinsam mit T. BARTH.

Germanium vor allem in magmatischen Restlösungen angereichert sein muß, also in pegmatitischen Mineralen, basaltischen Zeolithen, Chalcidon und Opal erwartet werden sollte. In Übereinstimmung hiermit ist Germanium in granitpegmatitischem Alvit und in Orangit aus Nephelinsyenitpegmatit nachgewiesen worden. Ferner sollte man erwarten, daß sowohl juvenile wie vadose Quellen durch Auslaugung des Nebengesteins relativ viel Germanium lösen sollten, verglichen mit Silicium. Dies wird insofern bereits durch die Erfahrung bestätigt, als J. H. MÜLLER¹⁾ in amerikanischem Grubenwasser (aus einem Zinkbergwerk) einen relativ sehr hohen Germaniumgehalt gefunden hat (0,3% GeO₂ in der Trockensubstanz).

Die Frage nach dem Vorkommen des Germaniums in Quellwässern erscheint insofern ganz besonders wichtig, als die bekannten starken physiologischen Wirkungen von Germaniumverbindungen es möglich erscheinen ließen, die Heilwirkungen mancher Mineralquellen auf einen Gehalt an Germanium zurückzuführen.

¹⁾ J. H. MÜLLER, Industrial and Engineering Chemistry 16, 604. 1925.

Besprechungen.

RENNER, O., **Untersuchungen über die faktorielle Konstitution einiger komplex-heterozygotischer Oenotheren**. Bibliotheca genetica, Bd. IX. Berlin: Gebr. Borntraeger 1925. 168 S. und 58 Abbild. 18 × 26 cm. Preis 22 Goldmark.

Über das Oenotherenproblem und seine Wandlungen, über die geklärten Grundlagen, auf denen es nach langer Forschungsarbeit Fuß faßte, hat der Verfasser selbst in dieser Zeitschrift (1918, 4, S. 37–41 und 49–52) ausführlich Bericht gegeben.

Die Tatsache, daß die meisten wild vorkommenden Oenotheraarten Heterozygoten und zudem heterogametisch sind, ist inzwischen noch viel tiefer beleuchtet worden, nicht zum wenigsten durch die Untersuchungen des Verf. selbst, die uns vor allem über das Wesen der haplontischen Biotypen wichtige Tatsachen aufgedeckt haben. Wir wissen seitdem, daß die Verschiedenheit der Pollenkörner einer Art, die sich zunächst nur in Kreuzungsprodukten manifestierte, sowohl *morphologisch wie physiologisch* nachweisbar ist. Und wir wissen, daß im weiblichen Geschlecht bei bestimmten Oenotheren *nicht*, wie das sonst der Fall ist, die *Lage* der Tetradenzone über ihre Entwicklung zur Eizelle entscheidet, sondern daß die ihrer *genotypischen Konstitution* nach *kräftigere* Zelle ein gefährlicher Konkurrent wird, auch dann, wenn sie unten, d. h. örtlich benachteiligt, in der Tetrade liegt.

Die verschiedenen Partner der haploiden Generation besitzen nun Eigenschaftsgruppen, die in den einzelnen Oenotheraarten als festgebundene Komplexe erscheinen. Führt man in diese Komplexe, die man anfänglich kaum für angreifbar hielt, durch Kreuzung andere Faktorengruppen ein, so lassen sie sich in labilere Verbindungen überführen, und es können nach und nach die einzelnen Faktoren herausgespalten werden. Aber erst seitdem die Zahlenverhältnisse der Nachkommenschaften durch die früheren grundlegenden Klärungen einem Verständnis zugänglich sind, kann hier die *Faktorenanalyse im Mendelschen Sinne* fruchtbare,

wenn auch unendlich mühsame Arbeit leisten. Solche Arbeit ist auf breiter Basis in dem vorliegenden Buche des Verf. niedergelegt, und ihre Methoden sind es, die in neuerer Zeit das Gesamtgebiet der Oenotherenforschung mehr und mehr beanspruchen.

In 34 Gruppen, je nach dem Zusammenschütten der Komplexe, werden die Ergebnisse der ausgeführten Kreuzungsreaktionen beschrieben, wobei neben der Wechselwirkung der Faktoren und Faktorengruppen der wesentliche Einfluß des jeweiligen Plasmas von Bedeutung ist.

Es ist nicht möglich, in engem Rahmen das reiche Material zu veranschaulichen. Es kann lediglich angedeutet werden, daß Verf. bereits klare faktorielle Zusammenhänge zwischen den einzelnen Haploidkomplexen der verwendeten wilden Arten: *Oenothera muricata*, *Lamarckiana*, *biennis*, *suaveolens* und *Hookeri* konstruieren konnte, und durch diese naturgemäß auch zwischen den diploiden Biotypen selbst. Es zeigt sich dabei, daß die Faktoren für Blütengröße in den meisten Arten einander entsprechen und demnach ausgetauscht werden können. Ob dasselbe für die sonstigen beschriebenen Eigenschaften, wie Blattgestalt und andere, auch gilt, muß sich erst erweisen. Alles in allem ist hier ein großes Material an zum Teil vorläufigen Erfahrungen zusammengestellt und durchdacht, und bietet der weiteren analytischen Arbeit erprobte Grundlagen.

Eine wichtige Rolle spielt bei den Oenotheren die *Lebensunfähigkeit einzelner Komplexe in homozygotischem Zustand*. Drei „Lethalfaktoren“ sind durch den Verf. klar herausgestellt, aber im übrigen hält seine Kritik davor zurück, ungeprüfte Tatsachen einfach in den oft gar zu leicht verwendeten „Lethalfaktorbegriff“ einzukleiden. Ebenso wird vor der Vorstellung „gametischer (oder gonischer) Lethalfaktoren“ gewarnt, und zwar, weil die oben angedeuteten entwicklungsphysiologischen Untersuchungen betreffs des weiblichen Geschlechtes diesen Vorstellungen

für die Oenotheren ganz klar widersprechen, und weil für die in ihren Ursachen leider schwer zu ergründenden Störungen der Pollenentwicklung die Sachlage noch nicht geklärt ist.

Außerordentlich merkwürdig und von großem Interesse sind die Beobachtungen des Verf. über die *Kopplungsverhältnisse* der Faktoren, die heute durch die Studien an *Drosophila* (MORGANS crossing-over-Theorie) im Mittelpunkt genetischen Interesses stehen. Nur ein einziger Fall aus den vorliegenden Untersuchungen fügt sich in den Rahmen der MORGANSchen Vorstellungen ein. Im übrigen verhalten sich die Faktoren bezüglich der Koppelung und ihres Grades gänzlich verschieden, je nach der Affinität der Partnerkomplexe.

Es ist wohl kein Zufall, daß Verf. mit besonderer Vorliebe Ausdrücke gebraucht, die die *genetischen Vorstellungen* mit *chemischen* verbinden. Das klar ausgesprochene und schon 1920 in einer Arbeit begründete Bestreben geht auf eine *Erklärung des Faktorentausches* als *chemisch reversible Reaktion* hinaus. Eine solche würde nichts weniger als die tatsächliche Verankerung der Koppelungserscheinungen auf festem Boden bedeuten, und damit auch neue Wege zeigen, die zu konkreter Erfassung des Faktorenbegriffes selbst führen können.

Möchte das strenggerichtete Suchen nach Grundlagen von solcher Bedeutung in der weiteren, mühevollen Arbeit seine Stützpunkte finden.

EMMY STEIN, Berlin-Dahlem.

STOLZE, K. V., *Die Chromosomenzahlen der hauptsächlichsten Getreidearten nebst allgemeinen Betrachtungen über Chromosomen, Chromosomenzahl und Chromosomengröße im Pflanzenreich*. Bibliotheca genetica Bd. VIII. Berlin: Gebr. Borntraeger 1925. 71 S. und 54 Abbild. 18×26 cm. Preis 9,60 Goldmark.

Nach dem vielversprechenden Titel auf einem Bande der Bibliotheca genetica ist der Inhalt der Arbeit etwas enttäuschend. In bezug auf die Chromosomen des Weizens hat lange die Haploidzahl 8 eine Rolle gespielt, die das Resultat einer ganzen Reihe von Arbeiten war. In nie erklärtem Widerspruch dazu erwiesen dann die Untersuchungen von SAKAMURA und KIHARA die verschiedenen Weizen mit 7, 14 und 21 Chromosomen als einer Polyploidreihe angehörig. Diese Unstimmigkeit zwischen alten und neuen Zahlen möchte Verf. aufhellen. Da er nun aber ebenfalls 21 Chromosomen findet, so meint er die fehlende experimentelle Erklärung durch die gewagte theoretische Vorstellung ersetzen zu müssen, daß hier die 8 chromosomigen Formen inzwischen durch 21 chromosomige verdrängt seien. Verf. erhebt nur gegen TISCHLER den Vorwurf, daß er die neuen Zahlen als die einzig richtigen anerkenne und meint, daß z. B. KIHARA seine Ergebnisse nur neben diejenigen früherer Forscher stelle. Das ist irrig. KIHARA sagt auf S. 3 seiner Arbeit von 1924: „Bei den Triticumarten sind erst im Jahre 1918 von SAKAMURA die richtigen Chromosomenzahlen gefunden worden. Bis dahin war eine irrtümliche Zahl allgemein für richtig akzeptiert worden, was aber für die Fortschritte der cytologischen Studien dieser Pflanze kein geringes Hindernis bedeutete.“

Verf. hat ferner die Chromosomen anderer Getreide gezählt und auch hier decken sich die Ergebnisse mit KIHARAS Befunden.

Den theoretischen Erörterungen, beispielsweise in bezug auf den Begriff der Chromomeren, vermag Ref. nicht immer zuzustimmen, und ebenso wenig manchen aus der Literatur gewonnenen Vorstellungen. Daß z. B. „WINKLER die Polyploidie innerhalb einer Pflanze als Mittel zum Zweck ansieht, um in bestimmten Geweben

eine Zellvergrößerung zu erreichen“, dürfte nicht im Sinne des genannten Autors sein.

EMMY STEIN, Berlin-Dahlem.

LAMPA, ANTON, *Die Physik in der Kultur*. München: Kunstwart-Verlag D. W. Callway 1925. Kunstwart-Bücherei 29. Band. Preis 1 R.-M.

Das vorliegende kleine Buch ist, obwohl es überall die Liebe des Forschers für sein Spezialgebiet wieder spiegelt, aus der tiefen Überzeugung heraus geschrieben, daß jede Fachwissenschaft nur in der organischen Verknüpfung mit dem allgemeinen Kulturzusammenhang wirklichen Wert für die Menschheit besitzt.

Es gliedert sich in 3 Teile. Der 1. Teil gibt einen Überblick über den Werdegang der Physik von der Urzeit bis zur Gegenwart. In überaus reizvoller Weise wird gezeigt, wie die Menschen, von Zufall und Notwendigkeit geleitet, den weiten Weg von der ersten Erzeugung des Feuers, der Werkzeuge und Waffen bis zu den jüngsten Errungenschaften moderner Wissenschaft und Technik gegangen sind; wie an Stelle der fast unbewußten Beeinflussung durch biologische und physikalische Erfahrungen, allmählich das bewußte Forschen, die mathematische Betrachtung der Natur tritt, deren erste Ansätze sich bei Pythagoras finden, deren Rückwirkung auf die Technik aber erst in der Neuzeit zur Geltung gelangt; wie noch später die Wechselwirkung zwischen Physik und Technik eine so innige wird, daß auch die Physik insbesondere seit der Erfindung der Dampfmaschine von der Technik vielfache Anregungen erhält; wie aber wieder gegenwärtig „die durch das Eigenleben der Physik heraufgeführten Probleme und Ideen von weitaus größerer Bedeutung für sie sind als die von der Technik bei ihr ausgelöst“.

Der 2. Teil zeigt die vielfachen Beziehungen, die zwischen der Physik und anderen Wissenschaften bestehen. Nicht nur Mathematik und Physik haben sich wechselseitig befruchtet, die Physik hat insbesondere in der Blütezeit ihrer mechanistischen Entwicklung tief in die physiologische und psychologische Erkenntnisweise eingegriffen, und sie hat schon seit NEWTON auch zur Diskussion philosophischer und erkenntnistheoretischer Fragen gezwungen. Die ganze Entwicklung des Fragenkomplexes, der sich aus der Unterscheidung von relativer und absoluter Bewegung ergeben hatte, wird an Hand kurzer aber übersichtlicher Zitate aus NEWTON, EULER, MACH bis EINSTEIN dargestellt. Schließlich wird noch kurz die Bedeutung der Physik für die Chemie, Astronomie und Kosmologie erörtert.

Im 3. Teil wird die Frage behandelt, welche Rolle „der Physik in der Bildung der Gegenwart zufallen sollte“. Zu diesem Zweck wird zuerst eine sehr interessante Definition des Bildungsbegriffes, oder vielleicht richtiger des Bildungszieles gegeben und dann dargestellt, wie sehr die Physik gerade infolge ihrer Verknüpfung mit anderen Erkenntnisgebieten, aber auch weil sie zum wunschfreien Respekt vor Tatsachen erzieht, geeignet ist, den erstrebenswerten Bildungsprozeß des Menschen zu fördern und ihn so zu dem wahren Bildungsziel, zu einer festgefügteten Weltanschauung hinzuleiten.

Es ist wirklich ein besonderer Genuß, dieses Buch zu lesen, nicht nur weil man sich dauernd von der Hand eines physikalischen Fachmannes geführt fühlt, der zugleich über eine philosophische Bildung verfügt, wie sie nur dem selbsttätig auf dem Gebiet Arbeitenden zugänglich ist, sondern auch weil es so leicht verständlich, sehr flüssig und mit einer außerordentlichen Wärme geschrieben ist, die sich notwendigerweise auch auf den Leser überträgt. Und so kann man nur wünschen, daß das Buch die Verbreitung findet, die ihm gebührt.

L. MEITNER, Berlin-Dahlem.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Der Herausgeber hält sich für die Zuschriften und die vorläufigen Mitteilungen nicht für verantwortlich.

Photochemische Äquivalenz und Kettenreaktion.

Ein Gemisch von Wasserstoff und Chlor, das unter gewöhnlichen Umständen im sichtbaren Licht sich zu Chlorwasserstoff vereinigt, reagiert nach BAKER¹⁾ nicht mehr, wenn es längere Zeit über Phosphor-pentoxyd gestanden hat. Man konnte jedoch vermuten, daß die Hemmung der Reaktionsfähigkeit auf den vom Phosphor-pentoxyd abgegebenen Sauerstoff, nicht aber auf die intensive Trocknung zurückzuführen sei. BODENSTEIN und DUX²⁾ folgerten das aus ihrem Befund, daß auch dann, wenn sie den Wasserdampfdruck ohne chemische Trocknungsmittel durch Auskühlen bis auf 10^{-4} mm Hg herabdrückten, die Geschwindigkeit der Vereinigung nicht vermindert wurde.

Daß aber dennoch durch noch weitergehende Trocknung, die durch Auskühlen mit flüssiger Luft bis auf 10^{-7} mm Wasserdampfdruck gebracht war, die Vereinigung von Wasserstoff und Chlor im sichtbaren Licht bis unter die Grenze der Nachweisbarkeit herabgedrückt werden kann, wurde von COEHN und TRAMM³⁾ gezeigt. Diese Versuche wurden von COEHN und JUNG⁴⁾ bestätigt und dabei sichergestellt, daß nicht die Anwesenheit von Sauerstoff, sondern die Abwesenheit des Wasserdampfes die Hemmung der Reaktion verursacht.

Als man aber in Fortsetzung dieser Arbeit auf das bis zur Unempfindlichkeit gegenüber sichtbarer Strahlung getrocknete Gemisch ultraviolettes Licht einwirken ließ, war nach kurzer Zeit quantitative Vereinigung eingetreten. Es wurde geschlossen, daß das mit dem großen Energiequantum des ultravioletten Lichtes angeregte Chlormolekül instande ist, Wasserstoffmoleküle aufzuspalten und so die Bildung von Chlorwasserstoff einzuleiten, daß aber das nur mit dem kleineren Quantum des sichtbaren Lichtes angeregte Chlormolekül nicht die dazu nötige Energie besitzt, und daß hier zunächst eine Wirkung auf die vorhandenen Wassermoleküle erfolgt. Gemeinsam mit Herrn J. FRANCK war folgende Formulierung für beide Vorgänge als möglich aufgestellt worden:

A. Feucht. Im sichtbaren Licht.	B. Trocken. Nur im Ultraviolett.
$\text{Cl}_2 + h\nu \text{ (klein)} = \text{Cl}_2'$	$\text{Cl}_2 + h\nu \text{ (groß)} = \text{Cl}_2''$
$\text{Cl}_2' + \text{Cl}_2 = \text{Cl}_2 + 2 \text{ Cl}$	$\text{Cl}_2'' + \text{H}_2 = \text{Cl}_2 + 2 \text{ H}$
$\text{Cl} + \text{H}_2\text{O} = \text{HCl} + \text{OH}$	$(2 \text{ mal}) \text{ H} + \text{Cl}_2 = \text{HCl} + \text{Cl}$
$\text{OH} + \text{H}_2 = \text{H}_2\text{O} + \text{H}$	$\text{Cl} + \text{Cl} = \text{Cl}_2$
$\text{H} + \text{Cl}_2 = \text{HCl} + \text{Cl}$	
usw. bis H auf Cl bzw. Cl auf Cl trifft.	

Die erste Reaktionsfolge stellt eine Kettenreaktion dar. Durch eine solche war von NERNST die Tatsache gedeutet worden, daß im feuchten Gemisch durch ein $h\nu$ viele Tausend Moleküle HCl entstehen. (Ein von uns angestellter Versuch mit blauem Licht ergab pro $h\nu$ ungefähr 10 000 Moleküle, in guter Übereinstimmung mit dem kurz darauf mitgeteilten Ergebnis von GER-

TRUD KORNFIELD und H. MÜLLER¹⁾.) Die hier gegebene Formulierung soll lediglich zum Ausdruck bringen, daß eine Teilnahme des Wassers am Vorgang als notwendiges Kettenglied aufgefaßt werden muß.

Die zweite Formulierung aber stellt *keine* Kettenreaktion dar, und wir hatten geschlossen, daß das bis zur Unempfindlichkeit gegen sichtbares Licht getrocknete Chlorknallgas bei der Vereinigung im kurzwelligen Ultraviolett dem EINSTEINSCHEN Gesetz folgt, d. h. daß hier für ein absorbiertes $h\nu$ nicht mehr als zwei Moleküle HCl gebildet werden. *Diese Folgerung ist nunmehr der experimentellen Prüfung unterworfen worden mit folgendem Ergebnis:*

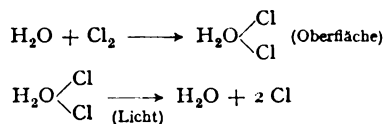
In derselben Anordnung, in der

a) *feuchtes* Chlorknallgas für ein Quantum absorbiert Strahlung *sichtbaren und auch kurzwelligen ultravioletten* Lichtes ca. 10 000 Moleküle Chlorwasserstoff gibt,

b) *weitgehend getrocknetes* Chlorknallgas auch bei mehrere Wochen andauernder Einwirkung überhaupt keine Vereinigung erkennen läßt, zeigt sich

c) im *trockenen* Chlorknallgas bei Bestrahlung mit kurzwelligem *Ultraviolett* deutliche Vereinigung, deren Messung mit Sicherheit aussagen läßt, daß *für ein absorbiertes Quantum weniger als 7 Moleküle Chlorwasserstoff entstehen*. Es ist anzunehmen, daß der oben angegebenen Formulierung entsprechend durch ein $h\nu$ 2 Moleküle HCl gebildet werden.

VON NORRISH²⁾ ist die Vermutung ausgesprochen worden, daß der große Umsatz für ein Quantum sichtbaren Lichtes bei Anwesenheit von Feuchtigkeitsspuren daher rühre, daß das Chlormolekül in der adsorbierten Wasserhaut an der Gefäßwand unter Mitwirkung des Wassers im Licht dissoziiert werde:



Die entstandenen Chloratome würden dann im Innern des Gefäßes ohne weitere Mitwirkung des Wassers den Fortgang der Reaktion bewirken. Im Ultraviolett aber bedürfe es des Initialvorganges an der feuchten Gefäßwand nicht, da die größeren Quanten auch im Gefäßinnern die Chlormoleküle ohne Wasser als Katalysator aufspalten könnten.

Wäre die Annahme zutreffend, daß im feuchten Gemisch die Reaktion ihre Auslösung nur in der Feuchtigkeitshaut an der Wand fände, für den Fortgang der Kette aber der Wasserdampf im Innern des Gefäßes belanglos sei, so würde nur eine geringe Anzahl derjenigen Chlormoleküle, die sich aus der Lichtabsorption — ausgedrückt in Quanten — berechnen, nämlich nur die in der Feuchtigkeitsschicht der Wand enthaltenen, in Atome dissoziiert werden. Wenn nun aber der bei den trockenen Gasen im Ultraviolett beobachtete Umsatz daher rührt, daß diese Strahlung das Chlor auch ohne Mitwirkung der Wand zu dissoziieren vermag, so

¹⁾ BAKER, Journ. chem. soc. **65**, 611. 1894.

²⁾ BODENSTEIN und DUX, Zeitschr. f. phys. Chem. **85**, 297. 1913.

³⁾ COEHN und TRAMM, Ber. d. dtsh. chem. Ges. **56**, 458. 1923; Zeitschr. f. phys. Chem. **105**, 356. 1923.

⁴⁾ COEHN und JUNG, Ber. d. dtsh. chem. Ges. **56**, 696. 1923; Zeitschr. f. phys. Chem. **110**, 705. 1924.

¹⁾ G. KORNFIELD und H. MÜLLER, Zeitschr. f. phys. Chem. **117**, 242. 1925.

²⁾ RONALD G. W. NORRISH, Transact. Faraday soc. **63**, 21. Part. 3. 1.; Journ. chem. soc. **127**, 2316. 1925.

müßte sich die Ausbeute pro Quantum stark gesteigert finden, wenn für Chlordissoziation sowohl an der Wand wie im Innern gesorgt würde, das heißt, wenn man *feuchtes* Chlorknallgas mit kurzwelligem *Ultraviolett* bestrahlen würde. Die Ausführung des Versuches zeigte jedoch, daß dabei für ein Quantum absorbierten Lichtes wieder ca. 10 000 Moleküle Chlorwasserstoff entstehen, also *nicht mehr* als bei Bestrahlung mit sichtbarem Licht. Das aber spricht gegen die Auffassung, daß die Wandschicht bei Annahme eines derartigen Reaktionsmechanismus eine bevorzugte Stelle im Sinne von NORRISH bildet.

Es besteht nun aber, wie oben gezeigt, die Tatsache, daß die Vereinigung des trockenen Gemisches im *Ultraviolett* mit einer Ausbeute stattfindet, die, wenn überhaupt, so jedenfalls nicht wesentlich über die dem photochemischen Äquivalentgesetz entsprechende hinausgeht. Das beweist für den Vorgang im *sichtbaren Licht*, daß dort das Wasser nicht nur die Chlordissoziation einmalig auslöst, sondern daß das Wasser *ein integrierender Bestandteil für weitere Glieder, das heißt für das Fortbestehen der Kette ist*.

Die ausführliche Mitteilung erfolgt in der Dissertation von GERD HEYMER.

Göttingen, Photochemische Abteilung des physikalisch-chemischen Institutes, 28. Februar 1926.

ALFRED COEHN und GERD HEYMER.

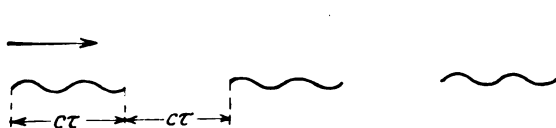
Vorschlag zu einem die Natur des elementaren Strahlungs-Emissionsprozesses betreffenden Experiment.

Nach der klassischen Undulationstheorie des Lichtes rührt die Interferenzfähigkeit des von einem Atom emittierten monochromatischen Lichtes daher, daß elektrische Massen harmonische Schwingungen ausführen, welche dieselbe Frequenz haben wie das emittierte Licht. Nach den MAXWELLSchen Gleichungen ist der Emissionsprozeß ein solcher, daß jedem Wellenberg des Raumvorganges ein Teil einer Schwingung der elektrischen Massen des Atoms entspricht, durch den der betreffende Wellenberg erzeugt wurde. Die Periodizität der Atomschwingung erscheint also als Ursache des Ordnungszusammenhanges, der zwischen verschiedenen Teilen des ausgesandten Wellenzuges zu bestehen scheint (Interferenzerscheinungen).

Andererseits aber ist nach der Quantentheorie die Frequenz der Strahlung an die beim Elementarprozeß emittierte Energiemenge gebunden. Nach der ursprünglichen BOHRschen Theorie der Spektre ist es unmöglich, die Existenz einer der Lichtfrequenz gleichen Frequenz der Elektronenbewegung anzunehmen. Insbesondere aber spricht der COMPTONEffekt gegen die Existenz eines die abgelenkte Strahlung im Sinne der klassischen Wellentheorie erzeugenden periodischen Prozesses des beugenden Elektrons. Es drängt sich die Überzeugung auf, daß allgemein der sinusartige Charakter der einem Elementarprozeß entsprechenden Wellenfeldes (wie er sich bei den Interferenzerscheinungen manifestiert) nicht durch das emittierende Atom bzw. Elektron bedingt sei, sondern durch eine Eigengesetzlichkeit des raumzeitlichen Kontinuums.

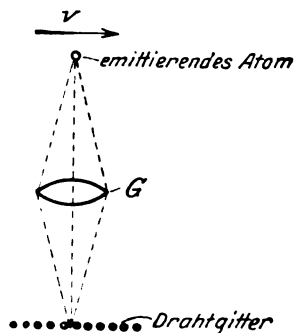
Im folgenden gebe ich ein Experiment an, dessen *negatives* Ergebnis mit der Interpretation der klassischen Undulationstheorie unvereinbar wäre. Dieses

Experiment habe ich seit langem im Sinne. Aber erst eine von E. RUPP ausgeführte Arbeit (Interferenz-Untersuchungen an Kanalstrahlen, Ann. d. Phys. IV, 79, 1. 1926), auf die mich Herr GROTRIAN freundlich aufmerksam machte, liefert mir den Beweis, daß die erfolgreiche Ausführung des Experimentes wirklich praktisch möglich sei. Der Grundgedanke ist folgender:



Das Licht einer quasi-monochromatischen Lichtquelle L falle auf einen Schieber S , der abwechselnd während der Zeit τ geöffnet, dann während der folgenden Zeitspanne τ geschlossen (usw.) sei. Es entsteht dann ein intermittierender Wellenzug in der Weise, wie es in der Figur angedeutet ist; $c\tau$ ist die Länge eines Teil-Wellenzuges sowie der darauffolgenden Lücke. Wird nun der so gebildete Wellenzug mit Hilfe eines MICHELSONSchen Interferometers bei verschiedenen Gangdifferenzen untersucht, so verlangt die klassische Optik folgendes: Interferenzfransen müssen auftreten, wenn die Gangdifferenz beider Teilbündel ein gerades Vielfaches von $c\tau$ ist; sie müssen verschwinden bei Gangdifferenzen, die ein ungerades Vielfaches von $c\tau$ sind.

Wenn die Auffassung der klassischen Theorie der Lichtemission im wesentlichen richtig ist, so wird durch die nebenstehend skizzierte Anordnung durch die Strah-



lung eines Atoms eines Kanalstrahles eine Wellenzug von der oben angedeuteten Art erzeugt. Von dem einzelnen, mit der Geschwindigkeit v in der Pfeilrichtung bewegten Atom eines Kanalstrahlbündels wird durch die Linse G ein scharfes Bild in der Ebene eines Drahtgitters erzeugt, dessen Drähtchen und Intervalle etwa $\frac{1}{10}$ mm dick sind. Hinter dem Gitter wird das durchtretende Licht durch eine weitere Linse parallel gemacht und hierauf interferometrisch untersucht. Dann soll sich nach der klassischen Optik das oben angedeutete Verhalten der Interferenzen in Abhängigkeit vom Gangunterschied zeigen. Damit der Versuch beweisend sei, ist es notwendig, daß die Bilder aller Kanalstrahlteilchen genügend genau in der Ebene des Drahtgitters erzeugt werden und daß die Bildausdehnung $\frac{1}{10}$ mm nicht übersteigt. Nennt man d die Dicke der Drähtchen bzw. Intervalle, so ist der Teil-Wellenzug von der Länge $c \frac{d}{v}$, was bei den schnellsten Wasserstoff-

Kanalstrahlen, welche E. RUPP untersucht hat (30 000 Volt) 6 cm ausmacht. Da Herr RUPP bei 16 cm Gangunterschied noch Interferenzen beobachtet hat, liegt der Versuch durchaus innerhalb der von diesem Autor erzielten Genauigkeitsgrenzen.

Würde der Versuch negativ ausfallen (bzw. die Interferenzen durch Anwesenheit des Gitters nicht

beeinträchtigt) und die Annahme ausgeschlossen, daß die Emissionen verschiedener Kanalstrahlröten miteinander kohärent seien, so würde der Versuch lehren, daß die Interferenzfähigkeit der Strahlung mit einer dem emittierenden Atom eigenen Periodizität nichts zu tun hat.

Berlin, den 16. März 1926.

A. EINSTEIN.

Biologische Mitteilungen.

Untersuchungen über Insulin. I. Ist das Insulin eine instabile Schwefelverbindung? (ABEL, JOHN T., and E. M. K. GEILING, Journ. of pharmacol. a. exp. therapeut. Bd. 25, Nr. 6, S. 423—448. 1925.) Mit den üblichen Fällungsmethoden läßt sich Insulin Lilly nicht weiter reinigen. Verff. benutzten ein Lillypräparat, das pro Milligramm Substanz 8—12 Kaninchen-einheiten enthielt. Dies stellt aber immer noch ein Gemisch verschiedener Verbindungen dar, so daß die-junige Verbindung, welche physiologisch wirksam ist, unbekannt bleiben muß (DUDLEY, SHONLE und WALDO).

Zur Reinigung des Insulins wurden folgende Methoden verwendet: Zu 140 ccm einer Insulinlösung, welche pro Kubikzentimeter 300 Kaninchen-einheiten enthielt, wurden 4—6 Tropfen reines Pyridin gegeben und kräftig gerührt, bis flockiger Niederschlag fällt. Unter Rühren wird weiter so lange $\frac{1}{8}$ Pyridinlösung zugesetzt, bis kein Niederschlag mehr erfolgt. Trennung von Niederschlag und Lösung auf der Zentrifuge. Der Niederschlag wird in etwas Wasser und $\frac{1}{8}$ Essigsäure aufgenommen und die Fällung mit Pyridin wiederholt, Lösung und Fällung werden im ganzen fünfmal wiederholt, zum Schluß wird der Niederschlag in dünner Schicht ausgestrichen und mit warmem Luftstrom rasch getrocknet. Auf diese Weise gelingt es, 35—40% der Begleitstoffe des Insulins zu entfernen. Sie bestehen aus 2 Fraktionen: die eine enthält eiweißartige Stoffe, die andere krystallisierbare Aminosäuren. In die Zentrifugate der Pyridinniederschläge geht verhältnismäßig sehr wenig wirksame Substanz. Der getrocknete Pyridinniederschlag wird in folgender Weise weiter gereinigt. Er wird in einem Mörser mit 30 ccm 90 proz. Carbonsäure gründlich wiederholt zerrieben, und die resultierende kolloidale, bräunlich gefärbte Flüssigkeit zentrifugiert. Die klare überstehende Flüssigkeit wird abgehoben, der Rückstand wird mit 90 proz. Carbonsäure aufgenommen und wieder zentrifugiert. Dies wird wiederholt und zum Schluß der Rückstand mit Wasser gewaschen. Die in Phenol unlösliche Substanz hat keine Insulinwirkung, enthält reichlich Phosphor, aber wenig leicht abspaltbaren Schwefel. Aus der Lösung in Phenol kann das Insulin durch Äther oder Alkohol ausgefällt werden, oder durch Zusatz von viel Wasser. In letzterem Falle überzieht das ausfallende Insulin firnisartig die Gefäßwände. Der Rest des Insulins wird durch Zentrifugieren der Phenol-Wasserlösung erhalten. Die überstehende Flüssigkeit ist dann insulinfrei. Der Rückstand ist nicht mehr in $\frac{1}{8}$ -Essigsäure völlig löslich, es bleibt beim Verreiben mit $\frac{1}{8}$ -Essigsäure eine unlösliche Fraktion zurück, die kaum wirksam ist. Aus der essigsäuren Lösung kann das Insulin durch Pyridin ausgefällt oder durch NaCl ausgesalzen werden. Diese Fällungen lösen sich in $\frac{1}{8}$ -Essigsäure klar wieder auf. Während das Ausgangsmaterial 12 Einheiten pro Milligramm enthielt, sind in diesem letzten Präparat mehr als 40 Einheiten pro Milligramm enthalten. Dieses Produkt, das leicht in größeren Mengen darstellbar ist,

soll als Ausgangsmaterial für weitere Reinigung des Insulins dienen. Verff. halten es für höchst wahrscheinlich, daß die Verunreinigungen, welche auch dieses Präparat noch enthält, ebenso physiologisch unwirksam sind als die bereits herausgeschafften. Diese reinsten Insulinpräparate, die bisher hergestellt wurden, sind nun charakterisiert durch den Gehalt an leicht abspaltbarem Schwefel. Insulinpräparate, aus denen der leicht abspaltbare Schwefel als SH_2 abgespalten war (Erhitzen in 90 proz. Phenol auf 205° 2 $\frac{1}{2}$ Stunden), waren unwirksam geworden. Durch 15 Minuten langes Kochen am Rückflußkühler in $\frac{1}{10}$ -Sodalösung, nachträgliches Ansäuern mit HCl und weiteres Erhitzen für 30 Minuten werden 0,48% Schwefel als SH_2 erhalten. Verff. hoffen, daß auf Grund solcher Bestimmungen eine chemische Wertbestimmung des Insulins wird ausgearbeitet werden können, welche die gegenwärtige physiologische Genauigkeit weit übertreffen wird, denn alle Fraktionen, welche aus dem Insulin Lilly als unwirksam abgetrennt werden konnten, enthalten wenig oder keinen mit Soda abspaltbaren Schwefel. Bei Anstellung der Schwefelbleiprobe mit starker Natronlauge ist es von Wichtigkeit, ob das Bleisalz vor oder nach dem Kochen zugesetzt wird. Bei dem gereinigten Insulin wird im letzteren Falle eine sehr viel schwächere Reaktion erhalten, was bei Cystin und den inaktiven Fraktionen nicht der Fall ist. Die quantitative Bestimmung geschieht durch Erhitzen im Stickstoffstrom mit 10 ccm $\frac{1}{10}$ -Sodalösung, Ausfällung des SH_2 mit Bleiacetat, Abzentrifugieren des Niederschlages, Lösen in Salzsäure, Überführen des SH_2 im Stickstoffstrom in ammoniakalische Cadmiumchloridlösung. Titration mit Jod. Der so leicht abspaltbare Schwefel beträgt 38—47% des Gesamtschwefels. Wird Cystin ebenso behandelt, so erhält man 2,5% des Gesamtschwefels. Phosphor ist in dem gereinigten Insulin nicht enthalten. Verff. nehmen an, daß der leicht abspaltbare Schwefel ein integrierender Bestandteil des Insulinmoleküls ist und daß die Inaktivierung, welche beim Kochen mit Sodalösung stattfindet, durch Abspaltung des Schwefels verursacht wird. Ammoniak wird bei dieser Behandlung nicht abgespalten. Die hypoglykämische Wirksamkeit der verschiedenen erhaltenen Fraktionen geht ihrem Gehalt an leicht abspaltbarem Schwefel parallel.

E. J. LESSER.

Die Anlockung von Tagfaltern durch Pigmentfarben (A. KÜHN und D. ILSE. Biol. Zentralbl. 45 H. 3, 1925). KNOLL hatte in Versuchen mit dem Schwärmer *Macroglossum stellatarum* (Taubenschwanz) eine angeborene Vorliebe desselben für gelbe und blaue Farben (Papierscheiben) gefunden, die dieser aus Grauscheiben von verschiedener Helligkeit herausfand. KÜHN und ILSE arbeiteten mit frischgeschlüpften Tagfaltern (den Pieriden *Gonepteryx rhamni* und *Pieris brassicae* und den Nymphaliden *Argynnis paphia* und *Vanessa io*), denen Kunstblumen aus Pigmentpapier unter in gleichen Abständen auf schwarzen Brettern aufgesteckten Grau-

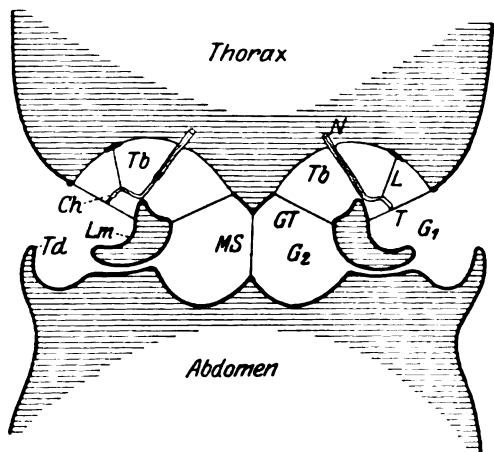
papierblumen verschiedener Helligkeit geboten wurden. Benutzt wurden die 16 Nummern der HERINGSCHEN Pigmentpapiere und 15 gleichmäßige Abstufungen von Weiß bis Schwarz aus der 50-stufigen HERINGSCHEN Grauserie. Die Falter, die noch nie an Blüten gesogen hatten, befliegen die künstlichen Blumen und setzten sich in der Regel darauf. Als Maßstab für den Grad der Vorliebe eines Falters für eine bestimmte Farbe wurde teils das Verhältnis zwischen der Besuchszahl dieser Farbe und der Besuchszahl von gleichzeitig in neunfacher Überzahl gebotenen grauen Blumen während einer bestimmten Versuchsdauer angesehen, teils wurde auch als Maßstab die Anzahl von Besuchen zugrunde gelegt, die auf jeder Farbe von der gleichen Falterzahl in einer bestimmten Zeit bei gleichen Bedingungen stattfanden. Außerdem wurden auch noch mehrere Farben gleichzeitig zwischen verschiedenen Graustufen geboten. Die Versuche ergaben, daß die Falter 1. einen Farbensinn besitzen, daß sie 2. instinktiv, ohne vorher erworbene Erfahrungen, von bestimmten Farben angelockt werden und daß 3. verschiedene Falterarten verschiedene Farben bevorzugen. Alle Falter unterscheiden Gelb und Blau von den verschiedenen Grautönen und von den dem Menschen grün und blaugrün erscheinenden Papieren. Vanessa io zieht Gelb und Blau vor, Pieris und Gonepteryx (in geringerem Maße auch Argynnis, unterscheiden im Gegensatz zu Vanessa Rot von dunklerem Grau. Diese Unterscheidung ist bemerkenswert, da Bienen und Macroglossum in Dressurversuchen v. FRISCHS und KNOLLS Rot mit Schwarz bzw. dunklem Grün verwechselten. Die Pieriden bevorzugen stark die Purpurtöne und unterscheiden sie auch von Rot und Blau. Unentschieden ist noch, ob grüne und blaugüne Papiere keinen Farbwert für die Tiere haben, oder ob sie nur keine instinktiven Nahrungsflüge auslösen, und ob die anlockenden Farben untereinander qualitativ oder nur quantitativ (durch Helligkeit, Sättigung) verschieden auf die Falter wirken. Nach unseren bisherigen Kenntnissen vom Farbensinn der Insekten ist allerdings ein qualitatives Unterscheiden wahrscheinlich. Ob die verschiedenen Farben bevorzugenden Falter auch in der Natur bestimmte Blütenfarben bevorzugen, soll ebenso wie die vorhergehenden Fragen in späteren Versuchen untersucht werden.

HERBST hatte durch Behandlung von Seeigelkeimen mit Lithiumlösungen erzielt, daß die Urdarmanlage nicht wie normal nach innen, sondern nach außen hin erfolgte (Exogastrulation) und daß das normale Mengenverhältnis zwischen Ekto- und Entoderm entsprechend der Dauer und Intensität der Li-Behandlung zugunsten des letzteren verschoben wurde. Im Anschluß daran untersuchte v. UBISCH in einer Arbeit: **Über die Entodermisierung ektodermaler Bezirke des Echinoideenkeimes und die Reversion dieses Vorganges** (Verhandl. d. phys. med. Ges. Würzburg, N.F. 50, H. 1. 1925) folgende Fragen: 1. Kann der durch Li entodermisierte Bezirk nur im Anschluß an normales Entoderm Entoderm liefern, oder besitzt er auch selbständig die formbildenden Eigenschaften des Entoderms, besonders die Fähigkeit der Gastrulation? 2. Welchen Einfluß hat die experimentell veränderte prospektive Bedeutung der einzelnen Bezirke auf die Regulationsvorgänge? Durch Vitalfärbung, durch die im 2-Zellenstadium die Hälfte des Keimes von Echinocyamus pus. von einem Pol aus gefärbt wurde, konnte zunächst gezeigt werden, daß die ganze Hälfte der Blastula zur Entodermbildung verwendet wird. Wurden nun die längsovalen Blastulae in normalem oder Li-Seewasser aufgezogen und dann

im Äquator durchschnitten, so konnten die animalen und vegetativen Hälften isoliert beobachtet werden. Während in normalem Seewasser die vegetativen Hälften richtig zu gastrulieren vermochten (virtuelles Entoderm also in Ektoderm verwandelt werden konnte), blieben die animalen Hälften auf dem Blastulastadium stehen. Anders die mit Li behandelten Keime: Hier konnte ein großer Teil der animalen Hälften einen mehr oder minder vollkommenen Urdarm bilden. Neben einer Bestätigung der Herbstschen Befunde ist dadurch gezeigt, daß der experimentell in Entoderm verwandelte Bezirk selbständig die entodermalen Entwicklungsvorgänge einzuleiten vermag. Bei den vegetativen Hälften war das Resultat die Bildung einiger Holoentoblastulae, aber in der Mehrzahl der Fälle konnte ein Teil des Entoderms in Ektoderm verwandelt werden, es entstanden also richtige Gastrulae. Da der Schnitt nicht genau durch den Äquator der Blastula zu legen war, ist es möglich, daß in diesen Fällen Teile der animalen Hälften zu den vegetativen gekommen waren. Diese Teile hätten aber, wenn die Blastula nicht durchschnitten wäre, durch das Li Entoderm geliefert. Nur mit Entoderm verbunden werden sie aber trotz Li durch die Durchschneidung wieder zu Ektoderm. Da die animalen Hälften mit Li im Gegensatz zu normalem Seewasser selbständig gastrulieren können, wäre eine „Determination“ als im Augenblick der Durchschneidung abgeschlossen zu betrachten. Bei den animalen Teilen der vegetativen Hälften, wo die Determination eigentlich weiter fortgeschritten sein müßte, ist sie das aber, wie die Reversion von Entoderm zu Ektoderm zeigt, nicht. Deshalb glaubt v. UBISCH den Begriff einer von Bezirk zu Bezirk fortschreitenden Determination überhaupt fallen lassen zu müssen, und er nimmt für den Seeigelkeim an, „daß das Schicksal der einzelnen Keimbezirke 1. von den Potenzen des betreffenden Materials abhängt, 2. von dem Maß, in dem diese Potenzen aktiviert werden. Die definitive Ausbildung in den einzelnen Teilen geht unabhängig voneinander vor sich.“ Ein Organisationszentrum, wie es SPEMANN an Amphibienkeimen gefunden hat und von dem aus die Differenzierung der Gewebe vor sich geht, existiert also bei den Seeigeln nicht. Den vollen Beweis für diese Annahme lieferte folgendes Experiment: Im Zweizellenstadium wurden die beiden Blastomeren getrennt, eine derselben wurde blau gefärbt und mit einer ungefärbten eines anderen Keimes zur Verschmelzung gebracht. Stießen bei dieser Verschmelzung die Zentren der Vegetationsanlagen aneinander, so entstanden Einheitslarven mit halb gefärbtem Urdarm und halbseitig gefärbtem Ektoderm. Wenn jedoch die beiden animal vegetativen Achsen einen Winkel miteinander bildeten, so entstand eine Zwillingbildung mit einem blauen und einem ungefärbtem Darm. Das Ektodermmaterial der einen Blastomere war hier gänzlich unbeeinflusst von der Entodermbildung der anderen geblieben, ein Organisationszentrum ist also nicht vorhanden.

Reaktionen auf akustische Reize sind bei verschiedenen Insekten mit Sicherheit beobachtet worden, woraus man teils auf ein echtes Hörvermögen und teils nur auf einen sehr verfeinerten Tastsinn schloß. Zur Entscheidung dieser Frage ist besonders der Nachweis eines Organes notwendig, das hauptsächlich der Rezeption von Schallwellen dient. Die Tympanalorgane der Feldgrille (*Liogryllus campestris*) und der Feldheuschrecke (*Thamnoliza atripennis*) wurden mit weitgehender Sicherheit als solche Organe festgestellt. Aus dem Bau der Tympanalorgane der Noctuiden (*Eulenschmetterlinge*) schloß EGGERS auf eine Hör-

funktion derselben und stellte daraufhin Versuche über das Gehör der Noctuiden an (F. EGGERS, Zeitschr. f.



Grobsschematischer Horizontalschnitt durch das Grenzgebiet von Thorax und Abdomen einer Noctuide (etwa *Agrotis*). G_1 , Tympanalgrube, in deren Grund das Trommelfell, T , befindlich ist; G_2 , Gegentympanalgrube mit Gegentrommelfell GT ; Die beiden Gegentympanalgruben sind sehr tiefe Einsenkungen des Integuments (ihr Eingang dorsolateral), die median einander berühren und eine zarte Scheidewand (MS) bilden; Tb , Tympanale Tracheenblase; N , Tympanalnerv; Ch , Chordotonalstrang; L , dessen Ligament; Td , Tympanaldeckel; Lm , Chitinlamelle, trennt das echte Trommelfell vom Gegentrommelfell und dient dem Chordotonalstrang zur Insertion.

vergl. Physiol. 2, H. 4. 1925). Er konnte beobachten, daß die untersuchten Noctuiden (*Agrotis pronuba*, *Catocala nupta* und *Amphipyra pyramidea*), soweit sie sich nicht in Ruhestellung, sondern in Erregung befanden, auf verschiedene Schallreize deutlich mit Aufrichten der Flügel oder mit Auffliegen reagierten. Nachdem so ein Hörvermögen festgestellt war, wurden die Trommelfelle der Tympanalorgane, deren Bau die nebenstehende Abbildung zeigt, durch Einstechen einer Nadel zerstört. Die Tiere reagierten nach dieser Operation nur manchmal noch sehr schwach durch Zusammenlegen der Flügel, aber nicht mehr durch Auffliegen. Wurden nur die Trommelfelle einer Seite zerstört, so kam noch in $7/10$ aller Versuche ein Auffliegen auf Schallreize hin zustande. Letzteres Ergebnis spricht gegen die Annahme, daß die Tympanalorgane nicht als Hörorgane, sondern ähnlich den Halteren der Dipteren als Erregungsorgane für den Flug funktionierten, was nach den Ergebnissen der beiderseitigen Zerstörungen der Tympanalorgane immerhin möglich war. Um festzustellen, ob nicht etwa die Flügel, die in der Erregung, in der nur die Schallreaktionen stattfanden, halb offen gehalten wurden, oder die Antennen als Sitz der Schallrezeption in Betracht kämen, wurden auch diese exstirpiert. Da jedoch in diesen Fällen (bei erhaltenen Trommelfellen) die Hörfunktion bestehen blieb, können also mit großer Wahrscheinlichkeit die Tympanalorgane als Rezeptoren für Schallreize angesehen werden. Daneben können vielleicht, worauf wohl die geringen nach Zerstörung der Trommelfelle erhalten gebliebenen Reaktionen hindeuten, noch andere Sinnesorgane stärkere Erschütterungen der Luft perzipieren, es kommt ihnen jedoch keine solche Bedeutung für die Fluchtreaktion zu wie den Tympanalorganen.

K. BALDUS.

Astronomische Mitteilungen.

Strahlung der Sonnencorona. COBLENTZ und STETSON¹⁾ haben die Strahlung der Corona bei der Sonnenfinsternis am 25. Januar 1925 mit Hilfe von Thermoelementen gemessen. Sie haben dabei gefunden, daß der von einer Glycerinzelle durchgelassene Teil der Strahlung ($0,3 \mu$ bis $1,4 \mu$) nur 33% der Gesamtstrahlung beträgt, während dieselbe Zelle 69% der Sonnenstrahlung durchläßt. Bei derselben Finsternis haben PETTIT und NICHOLSON²⁾ ganz ähnliche Messungen angestellt und sind zu einem gänzlich anderen Ergebnis gekommen. Als Fernrohr stand der Spiegel von 50 cm Durchmesser zur Verfügung, den ABBOT 1908 für denselben Zweck benutzt hat. Die Thermosäule mit Steinsalzfenster befand sich im Brennpunkt des Spiegels. Die Ausschläge der Galvanometer, die in einem Nebenraume aufgestellt waren, wurden photographisch registriert. Der Abstand der Empfänger der Thermosäule war so eingerichtet, daß die eine Lötstelle sich mit einem Punkte der Corona 4' außerhalb des Sonnenrandes deckte, wenn die andere sich ungefähr in der Mitte der dunklen Mondscheibe befand. Das Fernrohr wurde so geführt, daß die beiden Lötstellen abwechselnd in die Mondmitte kamen; dadurch kommen doppelt so große Ausschläge zustande, die zweite Lötstelle liegt dabei

abwechselnd östlich und westlich von der Sonne. Zur Trennung der Spektralbezirke kamen eine Wasserzelle ($0,3 \mu$ bis $1,3 \mu$) und ein (Mikroskop-)Deckglas (bis $5,5 \mu$) in Anwendung. Wird die Thermosäule ohne Einschaltung von Zelle oder Glas exponiert, so kommt auch noch die Strahlung zwischen 8μ und 14μ zur Wirkung (Wellen zwischen $5,5 \mu$ und 8μ und über 14μ absorbiert die Erdatmosphäre). Um den Vergleich mit der Sonnenstrahlung zu ermöglichen, wurden an einem anderen Tage bei derselben Höhe der Sonne über dem Horizonte entsprechende Messungen ausgeführt. Dabei wurde an der Stelle des großen Spiegels ein kleiner von bedeutend kleinerer Brennweite verwendet, der in der Entfernung, in der sich die Thermosäule befand, das Sonnenlicht auf einen Kreis von 115 cm zerstreute. Der Betrag des Sonnenlichtes, der auf die Empfänger fiel, ergibt sich aus den Abmessungen der Apparatur. Um einen Gegensatz zu schaffen, unterwarf man auch die Mondstrahlung entsprechenden Messungen. Wir stellen zuerst die Ausschläge, die sich in den verschiedenen Fällen ergaben, nebeneinander und setzen dahinter die daraus folgende Tafel, die die Beteiligung der verschiedenen Wellenlängenbezirke in Prozenten der Gesamtstrahlung angibt:

	Corona	Sonne	Mond
Gesamtstrahlung . .	65,4 mm	57,2 mm	183,5 mm
Durch Wasserzelle . .	47,1 mm	40,8 mm	21,1 mm
Durch Deckglas. . .	61,4 mm	56,2 mm	31,7 mm

¹⁾ Siehe Naturwissenschaften 14, 88. 1926.

²⁾ EDISON PETTIT and SETH B. NICHOLSON, Radiation Measurements of the Solar Corona, January 24, 1925. Astrophys. Journ. 62, 202. 1925.

	0,3 μ bis 1,3 μ	1,3 μ bis 5,5 μ	8 μ bis 14 μ
Corona	77,6%	22,4%	0,0%
Sonne	71,4%	28,6%	0,0%
Mond	12,5%	6,6%	80,9%

Aus diesen Zahlen muß im Gegensatz zu SRETSON und COBLENTZ gefolgert werden, daß die Strahlung der Corona der Sonnenstrahlung sehr ähnlich ist, daß keine langwellige Strahlung vorhanden ist, sondern eher noch ein etwas größerer Betrag kurzwelliger Strahlung als bei der Sonne.

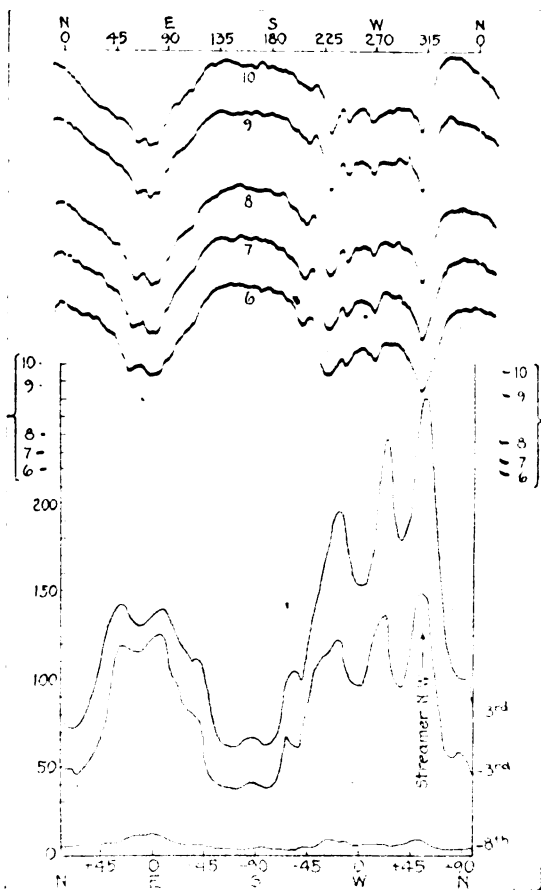
Die Messungen der Gesamtstrahlung gestatten einen Vergleich der Coronastrahlung mit der Strahlung der Sonne. Unter Berücksichtigung der instrumentellen

Verhältnisse ergibt sich, daß die Intensität der Strahlung an den gemessenen Stellen der Corona gleich dem $5,40 \cdot 10^{-7}$ fachen der Intensität der durchschnittlichen Sonnenstrahlung ist.

Die Bestimmung der gesamten Strahlung der Corona wird durch die photometrische Behandlung gleichzeitig aufgenommener Coronabilder erreicht. Die zu untersuchende Platte wird auf einen Drehtisch gelegt und so unter dem Spalt des registrierenden Photometers hindurchgedreht, daß der Spalt einen zum Sonnenrande konzentrischen Kreis beschreibt. Auf diese Weise werden nacheinander die ringförmigen Zonen vom Sonnenrande bis zur Grenze der Corona durchfahren. Die Intensität der Schwärzung wird in jeder Zone als Kurvenzug registriert, die Eichung erfolgt durch Vermittlung von Plattenstellen, die mit bekannten Intensitäten belichtet sind. Der Photometerspalt steht senkrecht zum Sonnenrand, und seine Länge ist gleich der Kante des Empfängerquadrates der Thermosäule. Aus diesen Messungen ergibt sich die mittlere Intensität der Strahlung in jeder Coronazone und deren Verhältnis zu der Intensität an den mit der Thermosäule gemessenen Stellen. Da deren Verhältnis zur Sonnenstrahlung durch die Thermosäule bereits bestimmt ist, ergibt sich so das Verhältnis der gesamten Coronastrahlung zur Strahlung der Sonne. Es ergibt sich übereinstimmend aus Platten mit verschiedenem Wellenlängenbereich als $10,1 \cdot 10^{-7}$. Das leichter zu merkende Verhältnis zur Mondstrahlung wird hiermit 0,47, die Corona liefert also etwa halb soviel Licht wie der Vollmond (dieser Vergleich bezieht sich auf das sichtbare Licht). Dieser Wert ist in Übereinstimmung mit anderen Bestimmungen für dieselbe Finsternis und die von 1922 und 1918, so daß auch hiernach nur geringfügige Änderungen in der Gesamtintensität der Coronastrahlung angenommen werden können. Wenn man berücksichtigt, daß der Mond einen Teil der innersten Corona verdeckt, ergibt sich für die wirkliche Gesamtstrahlung der Corona eine etwas größere Zahl (= 0,52 Vollmond). Der definitive Wert ist unter Benutzung der für die Zeit der Finsternis geltenden Solarkonstante gleich $21,4 \cdot 10^{-7}$ Calorien pro Quadratcentimeter und Sekunde.

Die Untersuchung des Intensitätsverlaufes in der Corona zeigt, daß auf der gewöhnlichen Platte ($\lambda 4500 \text{ \AA}$) die Intensität der 6. Potenz des Abstandes von der Sonnenmitte umgekehrt proportional ist, auf der rot-empfindlichen Platte ($\lambda 6500 \text{ \AA}$) jedoch mit der umgekehrten 7. Potenz geht. Das besagt, daß die Corona in ihren äußeren Teilen reicher an blauer Strahlung ist als in den inneren. Eine solche Möglichkeit ist gegeben, wenn die Corona die Sonnenstrahlung streut; bei einer Temperaturstrahlung müßte das Verhältnis umgekehrt sein.

Aus der Untersuchung des alle solche Messungen störenden zerstreuten Himmelslichtes ergibt sich die für die Praxis wichtige Feststellung, daß an eine radiometrische Beobachtung der Corona außerhalb von Sonnenfinsternissen erst zu denken wäre, wenn man das zerstreute Licht durch die optischen Mittel auf den hundertsten Teil des heute erreichten Betrages herabsetzen könnte. Die Corona wird also vorläufig den Reiz der Seltenheit nicht verlieren. W. KRUSK.



Photometrische Vermessung einer Corona-Aufnahme. Oben: Schwärzungskurven für die fünf äußeren Zonen. Unten: Intensitätskurven für eine äußere und eine innere Zone. Die Intensität ist am Äquator (E und W) mehr als doppelt so groß wie an den Polen (N und S) und besonders groß in der Richtung eines Corona-Strahls.

Über Stärkewanderung und Wanderstärke.

Von E. G. PRINGSHEIM, Prag.

Bekanntlich tritt Stärke nicht nur in den Assimilationsgeweben der Blätter der meisten Pflanzen als sog. erstes sichtbares Produkt der Kohlensäureassimilation und in den Speicherorganen, wie Knollen, Zwiebeln, Samen usw. als Reservestoff auf, sondern auch in den zwischen geschalteten Stengeln und Blattstielen. Nach der bisher üblichen, zuerst wohl von SACHS (1884, S. 16) ausgesprochenen Theorie hat die Stärke dort die Funktion der „Wanderstärke“. Der aus den Blättern auswandernde, durch Abbau der zunächst entstehenden Stärke gebildete Zucker soll in den Zellen der Leitbahnen wieder in Stärke umgebildet werden, wodurch das Diffusionsgefälle des Zuckers erhöht und die Wanderung beschleunigt werden soll (BENECKE-JOST 1924, S. 289). Diese zunächst einleuchtende Theorie scheint fast allgemein angenommen zu werden. Dennoch kamen mir bei näherer Überlegung Zweifel, ob es sich wirklich so verhalten kann. Da man auf dieser scheinbar so brauchbaren Vorstellung zahlreiche weitere Untersuchungen und Erörterungen aufgebaut hat, die sich z. B. auf die Lokalisation der Leitungsbahnen, auf die Funktion der Siebröhren und der Milchsaftschläuche u. a. beziehen, ist eine Klärung, auch wenn sie zunächst nur zu negativen Ergebnissen führt, von großer Bedeutung.

SCHIMPER (1885) fand, daß bei der Entleerung der Blätter, wie sie am besten durch längere Verdunkelung erzielt wird, bald die Assimilationszellen selbst, bald umgekehrt die den angenommenen Ableitungsgewebe, d. h. den kleineren Leitbündeln im Blatt genäherten Blattparenchymzellen zuerst ihren Stärkegehalt verlieren. In beiden Fällen soll dadurch der Weg gekennzeichnet werden, den die Assimilate einschlagen. Dabei wird vorausgesetzt, daß ein gewisser Überschuß von Zucker in einer Zelle zur Ablagerung von Stärke in den Plastiden führt, während dann, wenn die Zuckerkonzentration unter ein gewisses Maß sinkt, sich Stärke wieder in Zucker verwandeln soll. Es würde also etwa dasselbe Verhältnis herrschen wie zwischen einem festen Stoff und seiner Lösung, wo die Menge der auskristallisierten Substanz wächst, sobald die Lösung gesättigt ist, aber abnimmt, wenn ihre Konzentration sinkt. Die Menge des festen Körpers würde bei diesem System ebenso wie bei der Stärke nicht in Frage kommen. Auch daß das Gleichgewicht sich mit der Temperatur verschiebt, wie das am besten bei der Kartoffel, aber neuerdings auch in vielen anderen Fällen bekannt geworden ist, würde die Analogie zwischen dem physiologischen und dem physikochemischen Vorgang stützen, da in beiden Fällen der endothermische Prozeß bei Temperaturer-

höhung gefördert wird und umgekehrt (NATHANSON 1910, S. 202).

Sehen wir einmal davon ab, daß doch auch Differenzen bestehen, und versuchen wir, auf dieser Grundlage die Vorgänge bei der „Stärkewanderung“ zu verstehen. Das Gefälle in den Leitbahnen wird also dadurch entstehen, daß am Ort der Stärkebildung, etwa in einer Knolle, Zucker verbraucht wird. Das setzt sich so fort bis zum Ort der Entstehung, dem Laubblatt. Erst dort wollen wir wieder genauer zusehen, da auf der Strecke dazwischen dieselben Vorgänge sich abspielen sollen. Es würden also die an die Leitbahnen grenzenden Mesophyllzellen Zucker durch Diffusion abgeben. Wäre vorher das Blatt gleichmäßig mit Stärke erfüllt, so müßte jetzt in den an Zucker verarmenden Zellen Stärke gelöst werden. Da als eine Grundlage der ganzen Theorie die an sich nicht selbstverständliche Annahme gemacht wird, daß der Zucker von Zelle zu Zelle wandern kann, so würden die Nachbarzellen solchen abgeben, und das würde sich bis zu den letzten Enden der vorausgesetzten Wanderwege, d. h. den Assimilationszellen, fortsetzen. Diese würden also zuerst an Stärke verarmen, d. h. entleert werden. Der umgekehrte, auch vorkommende Fall ist auf Grund der hier angenommenen Vorstellungen gar nicht zu verstehen, da bei ihm die relativ zentralen Zellen zuerst entleert werden, durch die der Zuckerstrom dann gehen müßte, ohne Stärkebildung zu bewirken. Dabei wird noch vorausgesetzt, daß die Auflösung und Neubildung der Stärke keine oder doch eine im Verhältnis zur Diffusionsgeschwindigkeit sehr geringe Zeit brauchen würde. Ist das nicht der Fall, so würde die Entleerungsfolge in den Blattgeweben von dem Verhältnis der Diffusions- zur Umbildungsgeschwindigkeit abhängen. Da für eine Erörterung alle Grundlagen zu fehlen scheinen, wollen wir diese Frage auf sich beruhen lassen.

Aber wie ist es nun mit der Beschleunigung der Wanderung durch Erhöhung des Konzentrationsgefälles? Da in unserem Beispiel alle Zellen, durch die die Wanderung geht, mit Stärke erfüllt wären und jede Konzentrationsdifferenz sich sogleich ausgleiche, verhielte sich das System in Wirklichkeit genau so als wenn gar keine Stärkeumbildung vorhanden wäre. Also selbst, wenn die Umbildung gar keine Zeit beanspruchte, wäre doch die Wandergeschwindigkeit von der in der Zeiteinheit durch die Orte größten Widerstandes diffundierenden Menge des Wanderstoffes, also hier des hypothetisch als solchen angenommenen Zuckers abhängig! Man sieht, daß mit dieser einfachen Theorie nichts anzufangen ist. Man muß vielmehr

Hilfsannahmen machen. So könnte man sich denken, daß unabhängig von der Konzentration des Zuckers in der Zelle (im Zellsaft?) eine Auflösung und Neubildung der Stärke stattfände. Das müßte periodisch wechseln, etwa nach Analogie einer Pumpwirkung. Von der Stärkelösung wissen wir, daß sie mit Hilfe von Diastase vor sich geht, die Stärkebildung dagegen ist bisher nicht außerhalb der lebenden Zelle zu erzielen gewesen, so daß wir über sie wenig aussagen können, außer daß sie ein endothermer Prozeß sein muß. Ob dabei auch Enzyme eine Rolle spielen, und ob etwa dieselben wie bei der Lösung, ist gänzlich unbekannt. Es wäre vorstellbar, daß es sich um zwei verschiedene Enzyme oder wahrscheinlicher Enzymgruppen handelte, und daß deren Mengenverhältnis eine Bedeutung hätte; aber das Gleichgewicht verschieben können bekanntlich Enzyme nicht, und wie die lebende Zelle die Energie für die Verschiebung des Gleichgewichtes nach der Stärke hin aufbringt und anwendet, ist wiederum rätselhaft. Auch wenn wir mit NATHANSOHN eine verschiedene Löslichkeit der reagierenden Substanzen in zwei verschiedenen Medien heranziehen (a. a. O. S. 205), so kommen wir doch nicht weiter, weil auch zur Hinüberschaffung in das andere Medium, z. B. aus dem Zellsaft in das Cytoplasma oder aus diesem in den Leukoplasten, in dem das Gleichgewicht nach der Richtung der Stärke verschoben sein könnte, wieder dieselbe Energiemenge gebraucht würde. Es entsteht sonst ein Widerspruch gegen die Gültigkeit des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik. Also, wie wir uns auch drehen, wir kommen vorläufig nicht ohne die Tätigkeit der lebenden Zelle aus, d. h. wir können die Vorgänge nicht verstehen.

Diese Unklarheit müssen wir also bestehen lassen und die Vorstellung zu Hilfe nehmen, daß die lebende Zelle „nach Belieben“ Stärke auf- oder abbauen kann. Wäre das der Fall, würde in einer Zelle der Wanderbahn Stärke aus Zucker gebildet und dadurch dieser verbraucht, so würde er nach den sonst gemachten Annahmen nachdiffundieren, also mit Beschleunigung nach dieser Zelle hin wandern. Es müßte aber dann in einer neuen Phase in dieser Zelle die Stärke wieder in Zucker verwandelt werden, um in der nächsten wieder zu Stärke zu werden usw. Ein solcher Vorgang müßte sich beobachten lassen. Bisher ist aber nichts davon bekannt geworden¹⁾. Eine ganz kleine, nicht direkt erkennbare Verminderung und Vermehrung der Stärkemenge in einer Zelle könnte offenbar nicht genügen, denn dadurch würde das

steile Gefälle, das die physikalische Grundlage für die Wanderungsgeschwindigkeit abgeben soll, nicht zustande kommen. Auch würde dann der ungelöste Stärkerest keinen „Zweck“ haben. Ferner müßten die beiden Phasen in der Zelle ziemlich schnell aufeinander folgen. Ein tagesperiodischer Wechsel könnte kaum genügen. So sieht man also, daß die in den Lehrbüchern vorgetragene Auffassung von der Wanderstärke nicht nur nicht so einfach ist, wie angenommen zu werden scheint, sondern auch große Widersprüche in sich birgt, ganz abgesehen davon, daß wir doch wissen, daß Zuckerblätter, die gar keine Stärke bilden, ebenso gut entleert werden, und daß die Fähigkeit des Zuckers, zu wandern, vorläufig unbewiesen ist.

Ein weiterer sehr wichtiger Einwand dagegen, daß das Auftreten der Stärke etwas mit der Leitung der Assimilate zu tun hat, liegt darin, daß ihre Bildung immer scharf auf die Stellen des Blattes beschränkt ist, in denen auch wirklich Assimilation stattfinden kann. Eine Unterbindung der Assimilation ist möglich durch Ausschaltung eines der drei Hauptfaktoren: Licht, Kohlensäure und Chlorophyll. Alle drei können lokal mangeln, Licht durch Verdunkelung (MOLISCH 1914), Kohlensäure durch Verstopfung der Spaltöffnungen (STAHL 1894, LODE 1924) und Chlorophyll bei panaschierten Pflanzen (WINKLER 1898). In allen drei Fällen ist auch die Stärkebildung an den betreffenden Stellen unterbunden, und zwar beim Entzug des Lichtes und in den farblosen Stellen der Blätter (auch in denen, die aus zugeführtem Zucker im Versuch Stärke zu bilden imstande sind), mit völlig scharfen Grenzen, die sich auch bei lokaler Fernhaltung der Kohlensäure durch Verschmieren der Spaltöffnungen nur wenig durch Diffusion verwischen. Wenn der Zucker wanderte und in Nachbarzellen immer wieder in Stärke umgewandelt würde, so wäre das unverständlich, denn die Stärkebildung ist von allen drei Faktoren unabhängig. Das hat LODE für das Licht noch besonders nachgewiesen. Sonst könnte ja auch im Dunkeln keine Stärkewanderung stattfinden!

Um nicht nur auf theoretische Schlüsse angewiesen zu sein, habe ich die Frage von Herrn K. BERNHAUER noch besonders untersuchen lassen (BERNHAEUER 1924). Das Hauptergebnis ist folgendes: In teilweise verdunkelten Teilen der Spreite oder des Blattstieles wird nicht nur an vorher entstärkten Blättern, die im übrigen dem Licht ausgesetzt sind, keine Stärke gebildet, sondern sie verschwindet sogar aus ihnen in einem sonst dauernd beleuchteten Blatte. Das gilt sowohl für das Nervenparenchym wie für die Zuleitungszellen des Schwammparenchyms und die Gewebe des Stieles, falls es sich nicht um eine Speicherung für erst später eintretende besondere Bedürfnisse handelt. Ähnliche Ergebnisse hat LODE (S. 472 f.) gehabt, der allerdings bei gewissen Pflanzen und besonders intensiver Anhäufung von Assimilaten eine Stärkebildung in verdunkelten Partien erzwingen konnte, die aber offenkundig nur eine

¹⁾ Eine dahin gehende Bemerkung findet sich allerdings bei PFEFFER (1907, S. 600): „Das ist da, wo Zucker, Asparagin usw. die Wanderbahnen erfüllen, nicht direkt zu sehen, läßt sich aber in dem wiederholten Lösen und Wiederbilden der Wanderstärke unmittelbar verfolgen.“ Sicher kann man daraus nur ersehen, daß PFEFFER sich über die Bedingungen, die oben geschildert wurden, klar war, nicht aber, ob tatsächlich Beobachtungen vorlagen.

lokale Speicherung bedeutet (BERNHAEUER, S. 121). Diese wie auch andere Ergebnisse scheinen mir zu beweisen, daß die Wanderung der Assimilate auch ohne Stärkebildung stattfinden kann, d. h. aber nichts anderes, als daß wir nicht wissen, wie sie vor sich geht, und daß es keine „Wanderstärke“ gibt.

Die Stärke ist da, wo sie auftritt, immer ein Reservestoff, der einmal für längere, einmal für kürzere Zeit in fester Form niedergeschlagen wird. Dadurch wird neben anderen Störungen die sonst unausbleibliche Turgorsteigerung, die in Zuckerblättern tatsächlich auftritt (LODE, S. 466), und eine Verminderung der Assimilationsenergie bedingt (MÜLLER 1904), vermieden. Zu einer solchen Ablehnung der ganzen Wanderstärke-theorie ist LODE nicht gekommen; doch ist er ihr nahe, wenn er (S. 473) sagt: „Es zeigt dies, daß die Stärkeanreicherung längs der Nerven wohl kaum auf eine Längsleitung der Assimilate im Nervenparenchym schließen läßt, wie es SCHIMPER tut. Es müßte in diesem Fall ja unbedingt auch in den Verdunkelungszonen sich längs der Nerven Stärke bilden.“ Dagegen hat TOLLENAAR (1925) aus ganz entsprechenden Versuchen am Tabakblatt denselben Schluß gezogen wie ich, denn er sagt: „Wie wir sahen, bildet sich in den Chloroplasten der Palisadenparenchymzellen nach 5 Min. schon Stärke. Ich habe die Angaben GILTAYS über die Assimilationsstärke ungefähr umgerechnet. Dann ist die Trockengewichtszunahme während dieser 5 Min. ungefähr 0,5 mg pro 5 g Frischgewicht oder ungefähr $\frac{1}{4}$ g Trockengewicht. Wenn alles als Zucker assimiliert wird, bedeutet dies eine Konzentrationserhöhung (auf das Wasser im Blatt berechnet) von 0,01%. Jedenfalls ist also eine äußerst geringe Zuckerzunahme imstande, die Leukoplasten zur Stärkebildung zu veranlassen.“

Wenn wir ein Tabakblatt 3 Tage belichten, einen Teil aber zwischen Hauptnerv und Blattrand mit schwarzem Papier bedecken, nimmt im belichteten Blatteil die Stärke fortwährend zu, im verdunkelten Teil aber trifft man keine Stärke an, mit Ausnahme einer schwachen Stärkebildung in einigen Millimetern des unbelichteten Teiles des Rindenparenchyms. Im übrigen verdunkelten Parenchym findet man aber keine Stärke. Weil auch im Dunkeln die Leukoplasten (z. B. aus Zuckerlösungen) Stärke bilden können, muß man annehmen, daß noch nicht so viel Zucker in das unbelichtete Gewebe hineingeströmt ist, daß eine Konzentrationserhöhung von ungefähr 0,01% erreicht worden war! *Das beweist, daß Zucker keine bedeutende Rolle bei dem Transport spielt und zweitens, daß die im Tabakblatt vorhandene Stärke dort nicht transitorisch entstanden ist.*“ Da der Begriff der transitorischen Stärke nicht eindeutig ist, so wäre hier dafür „Wanderstärke“ zu sagen. Im übrigen kann ich die hier von TOLLENAAR ausgesprochene Auffassung nur unterstreichen und ihre Allgemeingültigkeit hervorheben. Es ist auf-

fallend, wie plötzlich von verschiedenen Seiten dieselben Zweifel gegen eine scheinbar wohl-begründete Auffassung ausgesprochen werden, die sich bisher gehalten hat, obgleich schon CZAPEK (1913) in seiner Biochemie den Begriff der Wanderstärke als Stärkebildung von Zelle zu Zelle zum Zwecke der Erhöhung des Diffusionsgefälles nicht anerkennt. Er sagt (S. 488): „Hier wie im Stengel-parenchym usw. zeigt uns die transitorische Stärkebildung nichts anderes als einen reichlichen Zuckerzufluß zu Amyloplasten führenden Zellen, welchem kein genügend rascher Zuckerabfluß entgegensteht, so daß die Amyloplasten durch Überschreitung der Zuckergrenzkonzentration zur Stärkebildung veranlaßt werden“. Früher hatte CZAPEK (1897) aus dem Vorkommen von Stärke in Siebröhren geschlossen, daß diese die Leitbahnen für die Assimilate seien, auch hat er sich später nicht näher darüber ausgesprochen, wie er sich physikalisch den Transport denkt, der nach ihm durch Bindung des wandernden Stoffes an das Protoplasma zustande kommen soll. Jedenfalls aber werden wir jetzt unsere Vorstellungen vom Transport der Assimilate gründlich revidieren müssen und auch die Möglichkeit ins Auge zu fassen haben, daß sie überhaupt nicht als Zucker wandern.

Literatur:

- BENECKE-JOST, Pflanzenphysiologie Bd. I. Jena 1924.
BERNHAEUER, K., Die Vorgänge bei der Stärkeabwanderung aus dem Laubblatt. Beih. z. botan. Zentralbl. 41, 84. 1924.
CZAPEK, F., Über die Leitungswege der organischen Baustoffe im Pflanzenkörper. Sitzungsber. d. Wien. Akad. 106, 1. 1897.
CZAPEK, F., Zur Physiologie des Leptoms der Angiospermen. Ber. d. dtsh. botan. Ges. 15, 124. 1897.
CZAPEK, F., Biochemie der Pflanzen Bd. I. Jena 1913.
LODE, A., Beiträge zur Kenntnis der Wanderung und Anhäufung der Produkte der Kohlensäureassimilation im Laubblatt. Botan. Arch. 8, 449. 1924.
MOLISCH, H., Über die Herstellung von Photographien in einem Laubblatt. Sitzungsber. d. Wien. Akad. 123, 923. 1914.
MÜLLER, A., Die Assimilationsgröße bei Zucker- und Stärkeblättern. Jahrb. f. wiss. Botanik 48, 443. 1914.
NATHANSOHN, A., Der Stoffwechsel der Pflanzen. Leipzig 1910.
PFEFFER, W., Pflanzenphysiologie Bd. I. Leipzig 1897.
SACHS, J., Ein Beitrag zur Kenntnis der Ernährungstätigkeit der Blätter. Arbeiten des botan. Inst. in Würzburg, Bd. III. Leipzig 1884.
SCHIMPER, A. F. W., Über Bildung und Wanderung der Kohlehydrate in den Laubblättern. Botan. Zeitung 43, 737. 1885.
STAHL, E., Einige Versuche über Transpiration und Assimilation, Botan. Zeitung 52, 129. 1894.
TOLLENAAR, D., Omzettingen van koolhydraten in het blad van Nicotiana Tabacum. Proefschrift Wageningen 1925.
WINKLER, H., Untersuchungen über die Stärkebildung in den verschiedenen Chromatophoren. Jahrb. f. wiss. Botanik 32, 525. 1898.

Über das Wesen der Fieberimpfbehandlung der Gehirnerweichung (progressive Paralyse) und Rückenmarksschwindsucht (Tabes dorsalis).

Von W. WEYGANDT, Hamburg-Friedrichsberg.

Das altherkömmliche Behandlungsstreben im Gesamtbereich der Medizin galt dem Suchen nach spezifischen Heilmitteln. Zunächst herrschte rohe Empirie. Daß die auf dem ganzen Erdkreis, wenigstens im heißen und gemäßigten Klima vorkommenden Plasmodien der Malaria so ausgezeichnet reagieren auf die Rinde des im Innern von Peru, Bolivia, Ecuador, Venezuela einheimischen Cinchonabaumes, oder daß die *Spirochäte pallida* oder ihre Produkte stark zu beeinflussen sind durch das metallische Quecksilber und seine Salze oder durch gewisse Arsenverbindungen, sind sozusagen Zufallstreffer der Natur. Rationeller ist schon der Vorgang, wenn etwa bei Verdauungsstörung künstlich die mehr oder weniger fehlenden Stoffe selber zugeführt werden oder wenn bei mangelhafter Funktion eines innersekretorischen Organs wie die Schilddrüse Normalstoff durch das Magendarmsystem oder durch die Haut oder mit operativer Überpflanzung einverleibt wird. Das Ideal einer wissenschaftlichen Behandlung bleibt allerdings die Unterstützung der naturgemäßen Abwehrkräfte des Organismus durch geeignete Maßregeln oder durch künstliche Zufuhr, wie es die Diphtherieserumbehandlung so glänzend zeigt, oder aber die prophylaktische Schutzstoffproduktion, deren Prototyp die Schutzpockenimpfung immer noch darstellt.

Nur eine scheinbare Ausnahme bildeten die Geisteskrankheiten. Wohl warnte schon Hippokrates davor, die Epilepsie als eine besondere „heilige Krankheit“ anzusehen und von „Sühnepriestern“ behandeln zu lassen. Jedoch im Laufe des Mittelalters rückte die Beurteilung der Geisteskranken derart weit von der Naturwissenschaft ab, daß sie ein großes Kontingent von den Hunderttausenden von Opfern der Hexenverbrennung stellten. Noch vor zwei Menschenaltern haben manche Psychiater die Ursache der Psychosen in der Sünde gesucht, und vor einem bezeichnete manches Lehrbuch die psychischen Ursachen als die häufigeren und wichtigeren. Gegenwärtig freilich stehen Stoffwechselstörungen, zum Teil auf endogen-erblicher Basis, dann Mikroorganismen und exogene Gifte als ursächliche Faktoren im Vordergrund, und daraus ergeben sich auch die wichtigsten therapeutischen Gesichtspunkte, zum Teil prophylaktischer Art, die die Bedeutung der an sich wesentlich humaner gewordenen Pflege nebst psychischer Beeinflussung zu überwiegen im Begriffe stehen.

Angebahnt wurde freilich diese naturwissenschaftliche Betrachtung und Behandlung durch die Erfahrung guter und von moralisierenden Theorien nicht umnebelter Beobachter schon seit Jahrhunderten.

Schon HIPPOKRATES wies auf eine heilkräftige Bedeutung des Fiebers hin und GALENUS sprach von der Heilung einer Melancholischen durch Wechselfieber. Seit Beginn der Neuzeit wandten

die Ärzte mehrfach Reizmittel gegen Psychosen an, so empfahl PARACELSUS (1492–1541) das Glüheisen gegen die Tobsucht; WILHELM RONDELET (1507–1566) in Montpellier empfahl außerdem lange unterhaltene Eiterungen und in schweren Fällen Trepanation, welche letztere Methode übrigens bekanntlich schon durch Schädelbefunde aus vorgeschichtlicher Zeit belegt ist und bei den alten präkolumbianischen Peruanern in vielen Fällen ihrer künstlich hervorgerufenen Spitzköpfe offenbar als Hilfsmittel gegen die häufig, freilich nicht immer dabei vorkommenden Hirndruckscheinungen angewandt worden ist. Auch NICOLAUS PISO († 1590) und HIERONYMUS MERCURIALIS traten für das Glüheisen ein, letzterer auch für Reizung der abgeschorenen Kopfhaut mit Blasenpflaster. MORITZ HOFFMANN riet 1662 zur Transfusion zwecks Heilung der Melancholie, ebenso SIR GEORGE ENT (1667), KLEIN (Würzburg 1680) und ETTMÜLLER (Leipzig 1682). DENIS (1667) empfahl 5 bis 6 Unzen und später 1 Pfund arterielles Kalbsblut einzugießen.

FRIEDRICH HOFFMANN (1660–1743) beobachtete, daß Geisteskranken durch Auftreten eines Hautausschlages geheilt worden seien, und erhoffte Erfolg von Fontanellen und Geschwüren. Der ausgezeichnete Irrenarzt PINEL in Paris (1755 bis 1826) empfahl Behandlung mit Moxa.

In einem Werk von CHRIST. FRIEDRICH REUSS, Straßburg, 1789, heißt es, daß Tobsüchtige durch Impfung der Pocken geheilt worden seien. Der italienische Arzt CHIARUGI (1795) meldete Heilung von Melancholischen durch Infektionskrankheit, Frieseln, und von Wahnsinnigen durch Flechten an den Füßen und durch Krätze. Der originelle REIL empfahl Krätze und Brechweinstein gegen Geistesstörung. ESQUIROL in Paris, Anfang des 19. Jahrhunderts, scheint die damals noch unerkannte Paralyse anzunehmen bei seinen Erörterungen, daß man Geisteskranken mit Lähmungszeichen Moxen auf den Hinterkopf und Nacken setzen solle. HEINRICH NEUMANN, um 1850, erhoffte Großes von Jodkali.

Allmählich hat man als besonders praktisches Reizmittel bei Geisteskranken den Brechweinstein in Salbenform ausfindig gemacht, das auf einige Stellen des kahl rasierten Kopfes gebracht wurde und allmählich die Kopfschwarte, manchmal aber auch den Knochen bis auf die harte Hirnhaut durchätzte. Noch 1877 und 1880 glaubte der Göttinger Professor LUDWIG MEYER 8 von 15 Paralytikern durch jene Salbe geheilt zu haben. Höllenstein und Aurum cyanatum, denen man später spirochäticide Wirkung nachwies, wurden auch empfohlen.

Bereits 1848 hat KÖSTER in seiner Bonner Doktorarbeit über 24 Fälle von Malaria bei Geisteskranken berichtet, von denen 7 geheilt und

gebessert worden seien. NASSE schilderte 1870 Besserung der Paralyse durch Malaria und durch Pocken. Einzelfälle von Besserung oder Heilung einer Psychose durch Malaria wurden seitens einer ganzen Reihe von namhaften Irrenärzten berichtet. 1877 beschrieb FLEMMING eine 7jährige Remission der Paralyse nach Typhus.

1875 hat Dr. ROSENBLUM in Odessa bei einer Epidemie des Rückfalltyphus oder Febris recurrens 22 chronische Geistesranke mit dem virulenten Blut geimpft, worauf die Hälfte geheilt und noch 3 gebessert worden seien. Auch bei Malaria, Typhus und Fleckfieber sah er Einfluß auf Psychosen.

Als Krankheiten, deren Dazwischentreten eine Paralyse gebessert oder geheilt habe, wurden noch angeführt Scharlach, Masern, Erysipel, Pocken, Lungenentzündung, Diphtherie, Cholera, Phlegmone, Abszesse, auch Chorea. Ich beobachtete selbst einen Paralytiker, der in ständiger Erregung war, an Körperkräften verfiel, Decubitus und schwere phlegmonöse Entzündungen bekam, weshalb Dauerbäder angewandt wurden, worauf er sich so beruhigte und kräftigte, daß er die Anstalt verlassen und 1½ Jahre lang sich und seine Familie durch Hafenarbeit ernähren konnte, bis dann Rückfall eintrat.

Gegen Paralyse wurden nun mit dem schließlich überwältigenden Nachweis ihrer Verursachung durch Syphilis, deren Erreger ja endgültig im Hirn vieler Paralytiker nachgewiesen worden waren, vor allem antisiphilitische Mittel angewandt; Quecksilber ohne jeden Erfolg, ebenso Jod und neuerdings auch Wismut. Salvarsan hat nach Angabe einzelner Autoren bei endolumbalen Einverleibung eine Anzahl Paralytiker zeitweilig gebessert.

Immunspezifische Behandlung war bislang nicht angängig, da ja der Syphiliserreger den Züchtungsversuchen noch trotzt. Serumbehandlung oder Einspritzung von paralytischer Hirnsubstanz waren erfolglos.

Um so beachtlicher waren die Erfolge mit unspezifischen Reizmethoden. Manche rein chemischen Mittel, die in langsam steigender Dosis bis Erreichung von leichtem Fieber und Hyperleukocytose gegeben wurden, scheinen gelegentlich zu wirken, so Phlogetan, ein Gemisch von Abbaukörpern verschiedener Eiweißstoffe. Albumose, Deuteroalbuminose, Yatren-Casein, Chaulmograöl, Milchpräparate sind unsicher in der Wirkung; etwas deutlicher scheint eine solche erkennbar zu sein bei Natrium nucleinicum.

Nun hat bereits 1887 WAGNER v. JAUREGG vorgeschlagen, daß man zwecks Bekämpfung der Geisteskrankheiten Übertragung der Malaria und des Erysipels verwenden solle. Auch Kulturen des Bacillus pyocyaneus wurden empfohlen.

1891 begann er mit dem neu entdeckten KOCHschen Tuberkulin, zunächst bei alten Psychosen. Es wurde mit 0,01 subcutan angefangen, worauf eine Fieberreaktion erfolgte; nach einer Serie von allmählich steigenden Tuberkulininjektionen bis

zur Dosis von 0,1 und selbst 1,0 beobachtete man vielfach ansehnliche Besserungen, nach PILCZ in 23 von 86 Paralysefällen bis zur Berufsfähigkeit. Das ging beträchtlich über die spontan auftretenden Besserungen bei Paralyse hinaus, die in unserer Klinik nach KIRSCHBAUM 11,7% der Fälle betreffen. Mit jenem Erfolg war prinzipiell auch für die prognostisch als so trostlos geltende Paralyse der Nachweis erbracht: *ebbene si muove*.

1917 impfte WAGNER v. JAUREGG in kühner Initiative 9 Paralytiker mit Blut von Malaria tertiana. Einer starb an epileptiformem Anfall, 2 blieben unbeeinflusst, einer beging in der Besserung Selbstmord, einer war ein Jahr in bester Verfassung, erlitt Rückfall und starb an Grippe. 2 wurden nach einem Jahr zur Beschäftigung entlassen. 3 von den 9 Fällen sind jetzt nach 8 Jahren noch in gutem Zustande berufstätig.

Frühjahr 1919 begannen Nachprüfungen in München, Frankfurt, Hamburg, und bald darauf nahm die Wiener Klinik das Verfahren wieder auf. Heutzutage liegen Berichte aus zahlreichen Kliniken und Anstalten in Deutschland und Österreich vor, aber auch aus anderen europäischen Ländern, Nord- und Südamerika usw. Da, wo die Versuche in großem Stil durchgeführt wurden, so in Wien an mehr als 1000 Fällen, in unserer Klinik Hamburg-Friedrichsberg an etwa 700, ergab sich im wesentlichen eine Bestätigung. Nach meinen 4 Statistiken wurden 29,5, dann 31,4, dann 38,2 und 25,84% der Behandelten wieder berufsfähig. Neben Erregung, paralytischen Wahnideen, Stimmungsanomalien, Gedächtnisstörung können auch die gestörte Sprache und Schrift wieder die Norm erreichen. Reflexe werden wieder normal, Gefühlsstörung schwindet, selbst Pupillenstarre kann schwinden, und vereinzelt wurde Besserung bei Sehnervschwund beobachtet. Ein restloses Verschwinden aller Symptome körperlicher, insbesondere auch serologischer Art ist selten. Manche Kurerfolge haben sich 6 bis 8 Jahre bereits bewährt. Gewissenhaft vermeidet man doch noch den Ausdruck Heilung. Aber im Vergleich gegen die Hoffnungslosigkeit, mit der wir früher der Paralyse gegenüberstanden, ist der Erfolg geradezu glänzend. Die Todesfälle betrugen nach meinen Aufstellungen zunächst 13,7%, dann 10,2, später 11,2, endlich 6,59%. Wenn man berücksichtigt, daß bei diesem Material zahlreiche Fälle mit unterliefen, die eigentlich schon etwas weit vorgeschritten waren, aber doch auf Drängen der Familie oder zwecks Malariastammerhaltung geimpft wurden, kann man sagen, daß unter sorgsamster Auswahl, die nur frische Paralytischen ohne erkennbare Störung des Herz- und Gefäßapparates zuläßt, die Wiederherstellung voller Berufstätigkeit in wenigstens 40%, vielleicht 50%, zu erreichen ist, während noch weitere 30% deutlich gebessert werden, wogegen die Todesfälle sich auf 5% und weiter reduzieren lassen.

Außer den herz- und gefäßkranken Fällen, von denen aber auch manche die Kur ausgezeichnet

überstehen, scheinen gefährdet Fälle von mangelhaftem Ernährungszustand, sodann tuberkulöse. Vereinzelt findet sich Chininidiosynkrasie mit einer bedrohlichen, an Schwarzwasserfieber erinnernden Hämolyse. Selten wurde ein lebensgefährlicher Einriß der Milz während der Kur beobachtet. Die Gefahren bedingen es, daß die Kuren nur in einer Klinik durchgeführt werden.

Am besten verwendet man Blut von einer Malaria tertiana, das schon eine Reihe von Menschenpassagen durchgemacht hat. Malaria tropica, die nicht immer ganz leicht zu erkennen ist, wirkt gefährlicher, so daß gelegentlich 50% Todesfälle vorkamen.

Die in München, Frankfurt und Hamburg bald darauf aufgenommene Impfung mit den Erregern von Febris recurrens (Rückfalltyphus) kann ähnlich günstige Ergebnisse erzielen. Ein Vorteil liegt in der Stammerhaltung durch Versuchstiere, doch sind Stämme in Deutschland überhaupt schwer erhältlich; die Übertragungsgefahr auf die Umgebung des Kranken ist größer als bei Impfmalaria, die sich anscheinend durch Anopheles nicht oder fast nicht weiter verbreiten läßt, auch ist die Coupierung bei Recurrens schwieriger als bei Impfmalaria, die auf Chinin durchweg prompt reagiert.

Die Tabes dorsalis scheint weniger zur Fieberkur geeignet, deren Erfolge sich auch schwerer beurteilen lassen, da dieses Rückenmarksleiden an sich schon zu Remissionen und Schwankungen neigt. Aber doch ist manchmal eine sehr gute Einwirkung, insbesondere Beseitigung hartnäckiger lanzinierender Schmerzen, zu beobachten. Wenn frische Hirnsyphilis auch auf Injektion von Neosalvarsan in den Rückenmarkssack recht gut reagiert, ist doch bei den akuten und bei den im Beginn der Entwicklung stehenden chronischen Formen die Fieberimpfung am ergiebigsten. Neuerdings hat KYRLE in Wien auch Syphilis im zweiten Stadium mit Malaria behandelt, unter sehr gutem Erfolg und mit ganz seltenen Schädigungen; hier fallen offenbar die Gefahren aus Herz- und Arterien-erkrankungen weg, die bei der lange nach der Infektion einsetzenden Paralyse und Tabes in der Hälfte der Fälle in Betracht kommen.

Ohne deutliche Behandlungserfolge waren bislang Behandlungsversuche der multiplen Sklerose, der Epilepsie, der Dementia praecox und der Hirngrippe (Metencephalitis).

Was geht in dem geimpften Paralytiker vor? Wohl kann die erhöhte Körpertemperatur allein

schon auf die Spirochäte pallida vernichtend einwirken, wie WEICHBRODT in Frankfurt durch Tierversuche bewies. Aber die Besserungserfolge der Impfkuren sind keineswegs proportional der Fieberhöhe, die manchmal 42° überschreitet; es können 6 bis 8 Fieberanfälle ausreichen, von der doppelten Zahl ist keineswegs eine viel intensivere Wirkung zu erwarten. Die Spirochäten sind nach FORSTER noch nicht sofort mit der Kur beseitigt.

Serologisch verschwindet zunächst die Pleocytose aus dem Liquor, also ein entzündliches Symptom, doch werden auch die biologischen Reaktionen nach WASSERMANN usw. bald schwächer und öfter negativ. In der Hirnrinde der erfolgreich behandelten, aber interkurrent gestorbenen Fälle fand sich manchmal, doch keineswegs immer, ein histologisches Bild, das der stationären Paralyse entsprach und also keine entzündlichen Symptome, keine schweren Gefäßbefunde erkennen ließ. Es würde mit dieser Tendenz übereinstimmen, daß sich vielfach während oder nach der Fieberperiode auch eine Umstimmung des klinischen Bildes, insbesondere Hervortreten von Sinnestäuschungen und auch fixierteren Wahnvorstellungen beobachten läßt, ehe sich das psychische Verhalten der Norm annähert.

Es ist anzunehmen, daß bei der Fieberimpfbehandlung die Eiweißzerfall hervorbringende Infektion eine Umstimmung des Organismus bedingt und dadurch eine erhöhte Produktion von Antikörpern veranlaßt wird, die eine gesteigerte Abwehrleistung zunächst gegen die Infektion mit Malarialplasmodien oder Recurrensspirillen, weiterhin aber auch sozusagen überkompensatorisch in gewissem Grade gegen Spirochäte pallida ermöglichen. Trotz der unleugbar großen Erfolge ist das Ergebnis unstrittig noch nicht voll befriedigend; weniger die im Vergleich zu der bislang allgemeinen Mortalität der Paralyse bescheidene Zahl der Todesfälle, als vielmehr der immer noch nicht unbeträchtliche Teil der Versager läßt weiterhin energische Versuche dringlich erscheinen. Die mannigfachen Zusatzbehandlungen mit Salvarsan, Wismut usw. scheinen wenig in die Wagschale zu fallen. Größere Erwartungen bestehen in der Richtung einer spezifischen immuntherapeutischen Einwirkung gegen die Paralyse. Doch wäre Voraussetzung hierfür die bislang kaum durchführbare Herstellung von Spirochätenkulturen oder die Gewinnung größerer Serummengen benignen Nervensyphilis, etwa von den spontan oder mit Salvarsan geheilten Hirnsyphilisfällen.

Der Santorinvulkan im Ägäischen Meer.

VON ERNST HERRMANN, Berlin.

Die Inselgruppe Santorin, die südlichste Cyklade im Ägäischen Meer, ist, als Ganzes genommen, der ringförmige Rest eines Vulkans, der sich gegen Ende der Tertiärzeit gebildet hat. In wahrscheinlich noch vorgeschichtlicher Zeit stürzte der Mittelteil ins Meer, und der verbleibende Ring

mit einem Durchmesser von etwa 12 km ist heute in den Inseln Thera, Therasia und Aspronisi erhalten (Fig. 1).

Thera (nach Theras aus dem Geschlecht des Kadmus) wird (nach REISS-STÜBEL) zuerst von Herodot erwähnt, Therasia zuerst von Ptolemäus

im 2. Jahrhundert n. Chr. Aspronisi, die weiße Insel, hat ihren Namen von den weißen, sehr mächtigen Bimssteinschichten bekommen, mit denen sie völlig bedeckt ist.

Ziemlich genau in der Mitte des Kessels, der sog. Caldera, fanden nun in geschichtlicher Zeit vulkanische Ausbrüche statt, von denen der letzte im August des vergangenen Jahres begann und zur Zeit noch andauert. Nach REISS-STÜBEL ergibt sich folgende Geschichte des Vulkans:

198 v. Chr. Bildung des größten Teils der Insel Paläa Kaimeni (früher Hiera genannt). (Vgl. Fig. 1.)

726 n. Chr. An der Nordostseite von Paläa Kaimeni erfolgt ein vulkanischer Ausbruch, dessen Lavamassen sich mit Paläa-Kaimeni vereinigen. Die neue Halbinsel ist über 300 m lang und im Maximum 200 m breit.

1570 entstand die Insel Mikra Kaimeni

1650 Bildung der Colombobank, 7,5 km nordöstlich Thera.

1707 bildete sich zwischen Paläa- und Mikra-Kaimeni die Insel Nea Kaimeni. Die höchste Erhebung liegt 97 m über dem Meere.

Anfang Februar 1866 wuchs am Südostrande von Nea-Kaimeni unter gewaltigen Explosionen eine Staukuppe empor, der „Georgius“. Einige Tage später erschien vor der Südspitze eine neue Insel Aphroëssa, und bald war infolge des reichlichen Lavaflusses aus den drei getrennten Teilen eine zusammenhängende Insel, die jetzige Nea-Kaimeni, entstanden. Ihr höchster Punkt, der Georgiusgipfel, hat eine Höhe von 123 m (nach GEORGALAS).

Die stärksten Ausbrüche fanden am 20. und 22. Februar statt; sie dauerten nur wenige Minuten; aber da sie plötzlich ohne nachweisbare Ankündigung eintraten, so entgingen die in der Nähe beobachtenden Geologen, von denen uns SCHMIDT äußerst anschauliche Schilderungen hinterlassen hat, nur mit knapper Not dem Hagel von glühenden Steinen und Aschen.

Vor 1866 war Nea-Kaimeni im Sommer bewohnt, und man hatte sogar drei kleine Kapellen erbaut. Von sämtlichen Bauten steht jetzt nur noch eine Kapelle an der Nordwestseite der Insel.

Die Tätigkeit des Vulkans flaute vom Februar 1866 an erheblich ab; in den folgenden 3—4 Jahren fanden noch geringfügige Gasausbrüche statt, und seitdem deutete nur eine erhöhte Wassertemperatur in der Meerenge von Nea- und Mikra-Kaimeni auf vulkanische Vorgänge.

Nach 55jähriger Pause setzte um die Mitte des vergangenen Jahres die vulkanische Tätigkeit von neuem ein und ist auch jetzt noch nicht abgeschlossen. Im einzelnen verliefen die Vorgänge folgendermaßen:

Am 28. Juli 1925 wurden auf der Insel Thera kurze Erdstöße verspürt, auch meldeten Fischer eine stärkere Erwärmung des Wassers in der etwa 100 m breiten Meerenge zwischen Nea- und Mikra-Kaimeni. Nach nochmaligen Erdbeben Anfang

August erfolgte am Nachmittag des 11. August die erste Explosion, und am Abend war das Magma in der erwähnten Meerenge schon bis an die Oberfläche gestiegen. Am Tage darauf bestand eine Verbindung zwischen den beiden Inseln. Nach den Beobachtungen der griechischen Geologen Prof. GEORGALAS und Dr. LIATSIKAS, die sofort nach den ersten Ausbrüchen mit ihren Untersuchungen begannen, erreichte die erste Phase der Vulkantätigkeit ihren Höhepunkt ungefähr Mitte September. Der Luftdruck bei den Explosionen war so stark, daß in dem $3\frac{1}{2}$ km entfernten und 150 m höhergelegenen Orte Phira auf Thera die Fensterscheiben zitterten und die Türen aufsprangen.

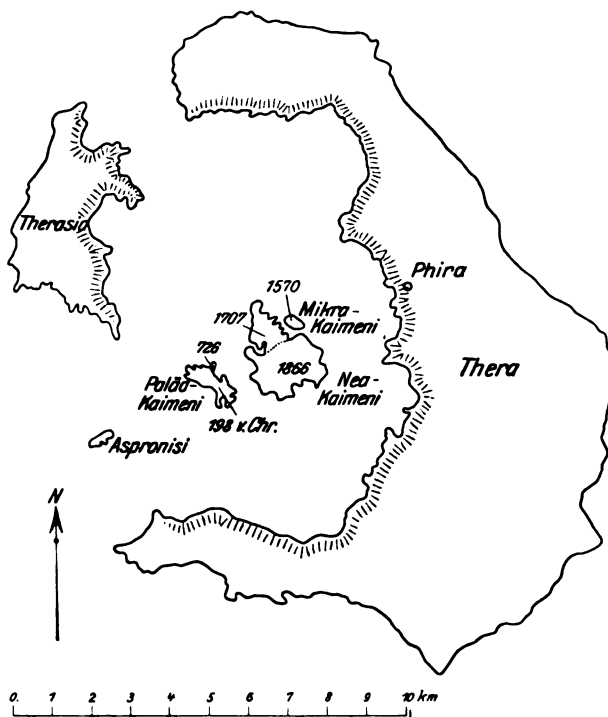


Fig. 1. Die Inselgruppe Santorin (nach FOUQUÉ).

Von Mitte September bis Mitte Oktober flaute die Tätigkeit des Vulkans stark ab, und erst in der zweiten Oktoberhälfte machte sich eine erneute Phase vulkanischer Tätigkeit bemerkbar, und zwar scheint nach den Untersuchungen der oben erwähnten griechischen Geologen und von Prof. RECK, dem Leiter der deutschen Expedition, die zum Teil noch jetzt am Vulkan arbeitet, das Schwergewicht dieser zweiten Phase auf stärkerem Lavaausfluß zu liegen.

Der neue Vulkan liefert drei Lavaströme, von denen der eine nach Süden fließt und eine Schlucht am Georgiusgipfel ausfüllt, während die beiden anderen nördlich und südlich die Insel Mikra-Kaimeni umfließen. Diese Ströme sind über dem Meeresspiegel noch 15—20 m hoch und an der Oberfläche erstarrt. Der neue Lavafluß vollzieht

sich unter dieser Deckkruste, er erfolgt wie bei einem Gletscher in der Mitte stärker als an den Rändern. Die Deckkruste gibt bis zu einem gewissen Grade die Bewegung in der Lava wieder, sie wird durch das fließende Magma mitgezogen, und zwar auch wieder in der Mitte stärker als am Rande, so daß auf der Kruste sog. Strömungsbögen sichtbar sind, Erscheinungen, die H. RECK zuerst auf isländischen Vulkanen nachweisen konnte. Unter der erstarrten Decklava haben wir oft durch Spalten das rotglühende Magma leuchten sehen.

Die fließende Lava gelangt unsichtbar ins Meer. Durch die große Hitze wird das Meerwasser zum Sieden gebracht, und man beobachtet oft mehrere hundert Meter weit von der Küste das Aufsteigen von Wasserdampf. Bei stärkeren Aus-

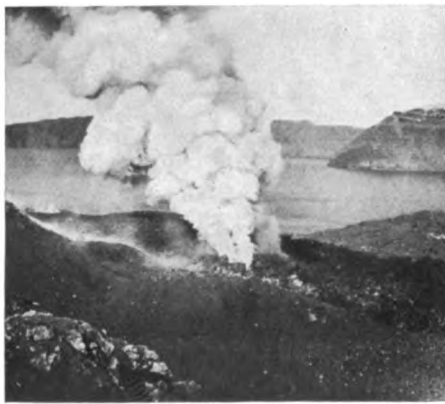


Fig. 2.

Phot.: Dr. E. HERRMANN (mit Contessa-Nettel-Stereax). Blick vom Georgiushügel auf die Quellkuppe von 1925. Links vom Vulkan steigt der Hügel von 1707 an, aus dem zahlreiche Fumarolen aufsteigen. Dicht an der Quellkuppe ist der im Text erwähnte halbkreisförmige Aschenwall teilweise zu erkennen. Rechts vom Vulkan sieht man die schwarze Blocklava von 1925, dahinter die frühere Insel Mikra Kaimeni. Im Hintergrunde steigt das Steilufer der Insel Thera aus dem Wasser auf.

flüssen steigen Wolken von über 200 m Höhe aus dem Meere auf.

Wenige hundert Meter östlich von diesem Lavastrom befindet sich im Meere die Anorage-Bank, eine Untiefe, die nur etwa 10 m unter der Meeresoberfläche liegt. Den Raum zwischen Kaimeni-Inseln und Anorage-Bank mit einer Meerestiefe von rund 100 Metern füllt die Lava langsam aus und staut sich an der Westseite der Bank auf. Bei stärkerem Lavafluß werden die Magmamassen wahrscheinlich rechts und links in die größere Tiefe absinken; es ist aber auch nicht ausgeschlossen, daß die Bank von der Lava überflossen wird und eines Tages eine neue Insel aus dem Meere steigt.

Interessant ist es auch, daß die Öffnung des neuen Vulkans selbst wandert und nach den Messungen von GEORGALAS sich z. B. vom 11. August

bis 1. November um etwa 50 m in südwestlicher Richtung verschoben hat.

In einer Entfernung von etwa 50 m westlich der Quellkuppe befindet sich ein niedriger, halbkreisförmiger Aschenwall, dessen Material durch vorherrschende Ostwinde aufgeschichtet worden ist. Der freie Raum zwischen Wall und Quellkuppe ist nach RECK dadurch zu erklären, daß die aus der Kuppe hervorbrechenden horizontalen Dampfstöße die Asche fortgeblasen haben (Fig. 2).

Den großartigsten Eindruck erweckt der Vulkan vom Georgiushügel aus. Man ist hier in Luftlinie zwar immer noch rund 300 m entfernt, steht aber um etwa 50 m über der Vulkankuppe, so daß man schräg von oben in das Dampfen, Brausen, Kochen und Zischen hineinsehen kann. Besonders in der Nacht ist der Anblick überwältigend. Ein Riesenfeuerwerk von unerhörten Ausmaßen!

Alle 2, 3 Minuten findet in der Regel eine Explosion statt, die Dampf Wolken schießen mit ungeheurer Wucht und furchtbarem Getöse Hunderte von Metern hoch, und darüber hinaus fliegen noch die glühenden Steine, deren Fluggeschwindigkeit größer ist, weil sich ihnen weniger Widerstand entgegensetzt als den umfangreichen Gaswolken. Bis 500 m haben wir gelegentlich die Steine fliegen sehen, und die nachquellenden Rauchwolken steigen oft bis 1000 und 1500 m hoch. Stoßen sie in dieser Höhe an dichtere Luftschichten und ist dort ihre anfängliche Energie genügend geschwächt, dann breiten sie sich wie ein riesiger Schirm, oder, wie es der alte PLINIUS schon ausdrückte, wie eine Pinie über den ganzen Himmel aus. Der herunterprasselnde Steinregen bedeckt mit Tausenden und Abertausenden von glühenden Flecken den Boden, und ehe er verlöscht, ist schon der nächste Steinhaag gefallen.

Die Dampf Wolken verbreitern sich sehr stark nach oben, rollen sich von außen nach innen ein und saugen die nachquellenden Dämpfe an. Solche Dampfstöße wurden im allgemeinen nicht einmalig beobachtet, sondern in rhythmischer Aufeinanderfolge, meist über 10 Stöße hintereinander in Abständen von ungefähr 1 Sekunde. Nach GEORGALAS konnten im ersten Stadium der Vulkantätigkeit gelegentlich über 300 solcher Stöße hintereinander beobachtet werden. Das dabei auftretende Getöse kann mit einem ungeheuren Husten oder Krächzen verglichen werden.

Die ausgestoßenen Gase stehen unter solchem enormen Druck, daß brennende Gase, also richtige Flammen, oft bis zu 20 m hoch gewirbelt wurden. Des öfteren beobachtet man blaue Stichflammen, die auch 5–10 m weit sichtbar sind. Daneben treten reichlich ruhige bläuliche Flammen auf, die offenbar von verbrennendem Schwefel stammen.

Die griechischen Gelehrten Prof. CHONDRA und Prof. GEORGALAS haben wiederholt die Temperatur solcher Flammen gemessen und konnten bis 950° C feststellen. Beobachtet wurden diese hohen Temperaturen mit einem Hitzfadenbolometer von Siemens & Halske.

Die Gase steigen nicht, wie beim Vesuv, aus einem engbegrenzten, runden Kraterloch auf, sondern werden aus Spalten emporgeschleudert, die oft 30 und 40 m Länge haben und mal hier, mal dort die etwa 50 m im Durchmesser lange Quellkuppe des Vulkans durchsetzen. Nach einer Explosion, bei der die Ränder der Spalte zerbrochen und als glühende Steine mit in die Luft geworfen werden, schließt sich in der Regel die Spalte; die hochgequollenen Lavamassen erkalten an der Oberfläche, und erst der nächste Ausbruch legt die weißglühende Spalte wieder frei, worauf das Spiel von neuem beginnt.

Ein Teil der Gase sucht sich außerdem noch andere Wege als den Schlot, der in der Vulkanquellkuppe endet. Im Umkreis von mehreren hundert Metern entweichen aus dem Boden Dämpfe, selbst aus den alten Laven von 1866 und 1707. In besonderem Maße steigen natürlich aus den neuen Lavaströmen Gase auf, oft so reichlich, daß ein Betreten der Lava außerordentlich erschwert wird. Haben wir doch bei vielen Fumarolen in wenigen Zentimetern Tiefe Temperaturen von

über 200° C gemessen. Da die Gase außerdem oft reichlich Chlor, Salzsäure und Schwefeldämpfe enthalten, so wurden Instrumente, Schuhwerk und Kleider in erheblichem Maße davon angegriffen.

Die Schwierigkeit einer Begehung mag man aus dem Beispiel ersehen, daß wir einmal volle $\frac{3}{4}$ Stunden gebraucht haben, um auf dem Nordstrom ein vollkommen gerades Wegstück von 200 m zurückzulegen.

Fassen wir noch einmal die wichtigsten Daten dieses siebenten Ausbruchs in geschichtlicher Zeit zusammen:

Die erste Phase reicht vom 11. August bis Mitte September, ihr Schwergewicht liegt auf heftigen Gasausbrüchen, der Magmafluß ist relativ gering. Bis Mitte Oktober flaut die vulkanische Tätigkeit stark ab. Mit der zweiten Monatsstärke erwacht der Vulkan zu stärkerem Leben, und zwar liegt jetzt das Hauptgewicht auf reichlicherem Lavafluß.

Nach den Beobachtungen von H. RECK ist die eruptive Phase seit Mitte November ebenfalls wieder im Abflauen begriffen.

Bericht über die durchdringende Strahlung in der Atmosphäre.

VON WERNER KOLHÖRSTER, Berlin.

(Schluß.)

Als interessanteste Komponente ist die *Höhenstrahlung* in der Berichtszeit am häufigsten bearbeitet worden. KOLHÖRSTER hatte im Freiballon schließlich bis 9300 m die gesetzmäßige Zunahme der Ionisierung im geschlossenen dickwandigen Gefäß mit wachsender Höhe nachgewiesen und unter der Annahme, daß es sich hierbei um die Höhenstrahlung handelt, als erster ihren Absorptionskoeffizienten in Luft zu $0,71 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^{-1}$ berechnet, womit der erste Beweis für eine prinzipiell neue Strahlung erbracht war. Später machte KUNSMAN geltend, daß nach eigenen Versuchen die Elektrizitätsverluste über den Isolator bei tiefen Temperaturen zunehmen, daß also die der Höhenstrahlung zugeschriebenen Effekte hierauf zurückzuführen seien. Er beachtete aber nicht, daß die von ihm beanstandeten Messungen mit völlig trockenem Füllgas ausgeführt worden waren, so daß sein Einwand schon deshalb hinfällig wurde, weil er selbst unter dieser Bedingung keinen Temperatureinfluß auf die Isolatoren hatte auffinden können. Schließlich widerlegte OTIS die Haltlosigkeit seiner Ansicht experimentell. Die Ionisationszunahme mit der Höhe haben ferner KLEINSCHMIDT mit dem Fesselballon der Friedrichshafener Drachenstation bis 3400 m, OTIS im Freiballon und Luftfahrzeug bis 5300 m und MILLIKAN und BOWEN mit Registrierballonen bis 15 000 m Höhe bestätigt. Letztere weisen darauf hin, daß die von ihnen gemessene Zunahme nur etwa 25% der Werte beträgt, die man aus den Beobachtungen von KOLHÖRSTER extrapolieren kann. Worauf diese Unstimmigkeit

beruht, ist aus den wohl absichtlich kurz gehaltenen Mitteilungen nicht zu ersehen, zumal auch genauere Zahlenangaben fehlen. Es interessiert daher eine weitere Arbeit von OTIS, aus der wenigstens entnommen werden kann, daß die Strahlung auf dem Whitney (4500 m) in Kalifornien bei einer Höhendifferenz von 3800 bzw. 4300 m um 8,0 und 10,3 I. anwächst. KOLHÖRSTER hat für die Strahlungsstärke in diesen Höhen 7,3 und 10,3 I. erhalten, eine Übereinstimmung, die nach dem Vorhergehenden direkt überraschend wirken dürfte.

Weitere Messungen von OTIS und MILLIKAN auf dem Pikes Peak (4300 m) haben aber wieder eine geringere Strahlungsstärke ergeben; ja sie bezweifeln sogar die Existenz einer so harten Strahlung, doch wird man erst eingehendere Angaben als in ihrem kurzen Bericht enthalten sind, abwarten müssen, ehe man dazu Stellung nehmen kann¹⁾. Auch MARSDEN hatte in seinem Bleigefäß auf dem Ruapehu (2800 m, Australien) nur ein ganz schwaches Anwachsen der Ionisationsstärke zwischen 1300 und 2800 m Höhe festgestellt, worauf bereits hingewiesen war. Doch erschienen seine Messungen insofern nicht recht überzeugend, als er

¹⁾ Anmerkung bei der Korrektur: MILLIKAN hat nunmehr (Nov. 1925) KOLHÖRSTERS Absorptionsversuche an Wasser durch Messungen in hochgelegenen Bergseen am Mount Whitney bestätigen können. Seine weiteren Angaben über die Höhenstrahlung sind Berechnungen und Folgerungen aus dem Wert der Absorptionskoeffizienten, also keine direkten experimentellen Ergebnisse.

ohne Abschirmung der Erdstrahlung und mit einer noch wenig erprobten Apparatur arbeitete, so daß die in diesen Höhen verhältnismäßig schwache Strahlung von 2–3 I. bei der höheren Gesamtstrahlung übersehen werden konnte. Kommt nun noch hinzu, daß wahrscheinlich seine Anordnung die Wirkung der Erdstrahlung verhältnismäßig mehr als die der Höhenstrahlung verstärkt — ein entsprechendes Verhalten hat KOLHÖRSTER an Wolfram direkt nachgewiesen — so wird dieses einzelne Ergebnis gegenüber den Befunden der anderen Beobachter nicht mehr ins Gewicht fallen. Z. B. hat GÖCKEL an zahlreichen Orten des Berner Oberlandes sowie im Vorarlberg, in verschiedenster Höhenlage und durch Abschirmung in Firneis die Höhenstrahlung beobachtet. OBERGUGGENBERGER fand sie immer wieder auf den Gipfeln in der Nähe von Innsbruck, wobei er öfters in Ermangelung von Firneis die Höhenstrahlung durch Beobachtung vor und in Höhlen bestimmte, ein Verfahren, das auch KOLHÖRSTER bei einigen Arbeiten in der Nähe von Davos anwandte. Schließlich hat KOLHÖRSTER unter den weitaus günstigsten Bedingungen am Jungfrauoch in wochenlangen Messungsreihen mit 2 bzw. 5 seiner Instrumente verschiedener Bauart von Stunde zu Stunde die Höhenstrahlung verfolgt. Alle diese Untersuchungen auf Berggipfeln haben also die Ergebnisse der Ballonbeobachtungen bestätigt.

Zur näheren Charakteristik der Höhenstrahlung hatte KOLHÖRSTER bereits aus den Ergebnissen seiner Hochfahrten bis 6300 m ihren Absorptionskoeffizienten errechnet unter der vereinfachenden Voraussetzung, daß es sich um ein Parallelstrahlenbündel handelt, welches ungestreut vertikal abwärts verläuft und nach dem bekannten Absorptionsgesetz absorbiert wird.¹ Er erhielt für Luft von Atmosphärendruck $\mu_{Luft} = 0,71 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^{-1}$. Von SCHWEIDLER leitete aus KOLHÖRSTERS Werten bei gleichen Annahmen $0,75 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^{-1}$ ab. Unter etwas geänderten Bedingungen (schief einfallende Parallelstrahlen oder gestreute Strahlung) erhält er etwas kleinere, jedoch in der Größenordnung liegende Werte. Nimmt man die Quelle der Strahlung als eine in rund 20 km Höhe befindliche, horizontal ausgebreitete Schicht an, so berechnet LINKE $\mu_{Luft} = 0,46 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^{-1}$. Nach SEELIGER wird der Absorptionskoeffizient $0,5 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^{-1}$, wenn man die strahlende Schicht über 30 km Höhe oder noch weiter hinauf verlegt. Für diese Höhen konnte er die Absorption der Strahlung durch die Luft vernachlässigen, nur die Absorption an der räumlich verteilten radioaktiven Substanz war zu berücksichtigen. Auch er kommt, wie schon VON SCHWEIDLER, zu dem Schluß, daß bei Hinzunahme der Streuung der Absorptionskoeffizient noch kleiner wird.

Zu neuen Bestimmungen hat GISH eigene Versuche in Bleigefäßen mit verschiedenen dicken Bleischirmen angestellt. Im Vergleich mit γ -Strahlen (des RaC?) fand er mit zunehmender Höhe eine

deutliche Abnahme des Absorptionskoeffizienten, insbesondere auf dem Pikes Peak (4308 m), die aber nicht beträchtlich ist, so daß man annehmen möchte, daß γ -Strahlen des RaC noch von Einfluß gewesen sind, zumal er nicht angibt, ob die Erdstrahlung abgeschirmt worden war.

Schließlich hat KOLHÖRSTER neue Ergebnisse von Binnenseen und vom Berner Oberland mitgeteilt. Bei allen seinen Versuchen war die Erdstrahlung durch Wasser und Gletschereis abgeschnitten, während Wasser oder Eis in verschiedener Dicke als absorbierende Medien dienten. Ferner wurde die zwischen den Beobachtungsplätzen am Eigergletscher (2300 m) und Jungfrauoch (3500 m) befindliche Luftschicht von äquivalent 80 mm Hg zu gleichem Zweck benutzt. Das war wichtig für den Vergleich mit den Ballonwerten. Denn die Berechnung des Absorptionskoeffizienten aus den in verschiedenen Höhen gemessenen Strahlenintensitäten mit Luft als absorbierendem Medium konnte immerhin noch als Bestimmung der Konzentrationsänderung eines die Strahlung aussendenden Gases gedeutet werden. Ergeben sich jedoch, wie das hier der Fall ist, annähernd gleiche Werte für beide Methoden, so darf man wohl annehmen, daß auch aus den Ballonwerten der Absorptionskoeffizient und nicht die Konzentrationsänderung bestimmt wurde. Aus den Versuchen in Meereshöhe ist bei der geringen Wirkung der Höhenstrahlung nicht viel mehr als die Größenordnung des Absorptionskoeffizienten zu erwarten, dagegen dürften die Messungen am Eigergletscher und Jungfrauoch die Ballonergebnisse übertreffen. In folgender Tabelle 3 sind die Zahlenwerte zusammengestellt¹⁾.

Die Übereinstimmung der an Luft, Wasser, Eis als Absorber erhaltenen Zahlen ist nach Lage der Umstände gut. Sofern die Erdstrahlung ausgeschlossen ist (GISH?) und die Höhenstrahlung genügend hervortreten kann, ergeben sich Absorptionskoeffizienten von $\mu_{Luft} = 0,3 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^{-1}$ bzw. $\mu_{H_2O} = 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^{-1}$, die gegenüber dem der Ra- γ -Strahlung von $4,5 \cdot 10^{-5}$ bzw. $3,9 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^{-1}$ oder der der Thor- γ -Strahlung von $4,3 \cdot 10^{-5}$ bzw. $3,3 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^{-1}$ mindestens eine Zehnerpotenz kleiner sind.

Die Höhenstrahlung ist also von außerordentlicher Härte und vermutlich eine γ -Strahlung, wofür KOLHÖRSTER neuerdings experimentelle Andeutungen gefunden zu haben scheint.

Ihre Richtung zu bestimmen, ist bisher jedoch noch nicht recht gelungen, obwohl man sich bei der Wichtigkeit gerade dieser Frage schon viel mit ihr beschäftigt hat. Über direkte Messungen mit asymmetrischen Ionisationskammern, d. h. Instrumenten, deren Angaben von der Richtung

¹⁾ Anmerkung bei der Korrektur: MILLIKAN bestätigte (Nov. 1925) aus Absorptionsmessungen im Muir Lake (3900 m) und im Arrow-head Lake (1400 m) am Whitney $\mu_{H_2O} = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^{-1}$ bis $3,0 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^{-1}$. MYSSOWSKY und TUWIM fanden (Dez. 1925) im Onegasee $\mu_{H_2O} = 3,6 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^{-1}$. KOLHÖRSTERS Wert ist fast genau das Mittel beider.

Tabelle 3. Absorptionskoeffizienten der Höhenstrahlung.

Beobachtungen von	Berechnet von	μ_{Luft} in cm^{-1}	$\mu_{\text{H}_2\text{O}}$ in cm^{-1}	Absorbierende Medien
KOLHÖRSTER 0—6300 m	KOLHÖRSTER 1914	$0,71 \cdot 10^{-5}$	$5,5 \cdot 10^{-3}$	Luft
" 0—9300 m	" 1914	ca. $1 \cdot 10^{-5}$	ca. $7,7 \cdot 10^{-3}$	"
" 0—9300 m	V. SCHWEIDLER 1915	$0,75 \cdot 10^{-5}$	$5,8 \cdot 10^{-3}$	"
" 0—9300 m	LINKE 1916	$0,46 \cdot 10^{-5}$	$3,6 \cdot 10^{-3}$	"
" 0—9300 m	SEELIGER 1918	$0,5 \cdot 10^{-5}$	$3,8 \cdot 10^{-3}$	"
" 2300 m	KOLHÖRSTER 1923	$0,21 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	Eis
" 3550 m	"	$0,35 \cdot 10^{-5}$	$2,7 \cdot 10^{-3}$	"
" 2300—3550 m	"	$0,34 \cdot 10^{-5}$	$2,6 \cdot 10^{-3}$	Luft
" 40 m	"	$0,3 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-3}$	Wasser
μ_{Pb} in cm^{-1}				
GISH 359 m	GISH 1919	$1,22 \text{ cm}^{-1}$	$10,7 \cdot 10^{-2}$	Blei
" 1857 m	"	$0,82 \text{ cm}^{-1}$	$7,2 \cdot 10^{-2}$	Blei
" 4308 m	"	$0,45 \text{ cm}^{-1}$	$3,9 \cdot 10^{-2}$	Blei
MILLIKAN 3900 m	MILLIKAN 1925	$0,23 \cdot 10^{-5}$	$1,8 \cdot 10^{-3}$	
" 1400 m		$0,39 \cdot 10^{-5}$	$3,0 \cdot 10^{-1}$	
MYSSOWSKY u. TUWIM	MYSSOWSKY u. TUWIM 1925	$0,46 \cdot 10^{-5}$	$3,6 \cdot 10^{-3}$	

Dabei sind die nicht eingerahmten Werte aus diesem zum Vergleich umgerechnet.

der einfallenden Strahlen abhängen, haben ISING, SWANN und HERRICK berichtet. Ersterer konnte in Bodennähe die Richtung der Erdstrahlung nachweisen, dagegen gelang es ihm selbst bei Abschirmung über Wasser nicht, auch nur Andeutungen für eine von oben kommende Komponente, d. h. die Höhenstrahlung zu erhalten, während SWANN und HERRICK angeben, daß sie über dem Erdboden und auf einem Hausdache in der Abwärtsrichtung eine um rund 10% höhere Strahlungsstärke als den Mittelwert gefunden haben. Leider sind gerade diese Versuche noch nicht mit Ausschluß der Erdstrahlung und in größerer Höhenlage wiederholt worden. Mit der üblichen (symmetrischen) Strahlungsapparatur glaubt GÖCKEL im Berner Oberland bei einigen Beobachtungen in Gletscherspalten Andeutungen dafür erhalten zu haben, daß die Strahlung senkrecht von oben einfällt. Daß alle diese Ergebnisse so unbefriedigend sind, ist eigentlich selbstverständlich, man bedenke die geringe Strahlungsintensität, die Härte der Strahlen, welche die Wirkung der Asymmetrie herabzusetzen scheint und vor allem die Streuung durch die Atmosphäre, die Schirmwirkungen behindert. Aus allen diesen Gründen versuchte KOLHÖRSTER zunächst indirekt zum Ziele zu gelangen. Bei längeren Beobachtungsreihen unter Ausschluß der Erdstrahlung in 3500 m Höhe am Jungfraujoch fand er regelmäßige, eben die Meßfehlergrenze überschreitende Schwankungen der Höhenstrahlung, deren Amplitude etwa 15% ihres Mittelwertes betrug. Diese Änderungen nahmen um so mehr ab, je tiefer unter der Eisoberfläche die Instrumente beobachtet wurden, und verschwanden bei einer Deckenschicht von 10 m Firn ganz. In offenen Gletscherspalten, in die die Strahlen senkrecht auf die Ionisationskammern treffen konnten, zeig-

ten sich Andeutungen dafür, daß die Eintrittszeiten der Maxima mit der Richtung der Spalte sich änderten, während sie auf der Gletscheroberfläche ungefähr mit der Steilstellung der Milchstraße zusammenfielen. Ferner war in den oben offenen Spalten die Strahlungsintensität gegenüber der Oberfläche so gemindert, daß man auf eine merkliche Streuung der Strahlen beim Durchgang durch die Luftschichten schließen kann, und es hatte den Anschein, als wenn für die Strahlung an der Oberfläche ein Kreis von etwa 50° Durchmesser um den Zenith in Frage kommt, daß also die tiefergelegenen Teile des Himmels infolge der immer größer werdenden Absorption durch die Luft nur wenig ausmachen.

Bei Wiederholung der Beobachtungen im folgenden Jahre wurde daher die Schirmwirkung des Luftmantels allein benutzt, um die Strahlungsstärke nicht durch unnötige Absorption im Eis zu schwächen. Auch diesmal konnten dieselben Intensitätsänderungen an der Oberfläche wie im Vorjahre, jedoch mit noch bedeutend mehr Einzelheiten, wiedergefunden werden.

HOFFMANN hat mit seinem oben besprochenen Gerät eine kurze Registrierung der Höhenstrahlung in Königsberg i. Pr. über 7 Tage ausgeführt. Zur Abschirmung der Erdstrahlung benutzte er einen 12 cm dicken Bleipanzern und erhielt im täglichen Verlauf Schwankungen, deren Maxima 5—10% vom Mittelwert abweichen. Jedoch glaubt er, diese nicht als tägliche Periode deuten zu dürfen, weil die Mittelwerte schließlich sich bis auf 2—5% Abweichung aufheben. Merkwürdig ist jedoch, daß in seinen Kurven die Stundenmittel am Vormittag stets über, am Nachmittag unter dem Gesamtmittel liegen (KOLHÖRSTER). Man kann das so deuten, daß Intensitätsänderungen durch die

Absorption der Höhenstrahlung im Luftmantel der Erde beträchtlich herabgesetzt werden¹⁾.

Die in Bodennähe immer wieder beobachteten *regelmäßigen* Schwankungen der Gesamtstrahlung hat man daher als Wirkungen der Erdstrahlung angesprochen, doch ist diese Annahme erst durch die längeren Messungsreihen (z. B. KOLHÖRSTER) erwiesen worden; ja, selbst noch auf dem Gipfel des Obir (2000 m) konnten HESS und KOFLER Schwankungen der Gesamtintensität als solche der Erd- und Luftstrahlung deuten. Für unregelmäßige und große Intensitätsänderungen, wie sie sich selbst bei Abschirmung der Erdstrahlung auch wieder in neueren Beobachtungen von KLEINSCHMIDT, GÖCKEL, MARSDEN, VON SCHWEIDLER und OBERGUGGENBERGER gezeigt haben, fehlt bisher jede andere Erklärung als die, sie auf Instrumentfehler zurückzuführen. Wenigstens hat KOLHÖRSTER, der seit 1913 dauernd unter den verschiedensten Bedingungen (über Boden, Wasser, im Hochgebirge, über Eis, im Ballon) die durchdringende Strahlung verfolgt, bis jetzt keine Spur solcher unregelmäßigen Schwankungen auffinden können, obwohl er bei der Bedeutung dieser Frage für das ganze Problem gerade hierauf seine besondere Aufmerksamkeit richtete.

OTIS und MILLIKAN wollen 1924 mit ihren schon erwähnten Untersuchungen auf dem Pikes Peak (4300 m) den Beweis erbracht haben, daß der Ursprung der durchdringenden Strahlung in der Erdatmosphäre zu suchen sei. Da sie in ihrem mit 5 cm Blei allseitig abgeschirmten Zerstreungsgefäß nicht die Ionisierungsstärken fanden, die nach KOLHÖRSTERS Angaben zu erwarten waren, wenn man dessen für Zinkgefäße gewonnene Zahlen entsprechend auf Blei überträgt, so schließen sie, daß eine derartig harte Strahlung nicht existiert²⁾. Sodann fanden sie bei Schneesturm auf dem Berge sowohl in ihrem Ionisationsgefäß wie in der Außenluft die gleiche, etwa 10% betragende Änderung der Ionisierungsstärke und deuten dies Ergebnis in dem Sinne, daß die gesamte durchdringende Strahlung lokalen Ursprungs sei. Wie aber derartig große Mengen radioaktiver Substanzen in die oberen Luftschichten gelangen können, ist ihnen selbst ein völliges Rätsel.

In andere Richtung weist die in der Berichtszeit erschienene Bearbeitung der luftelektrischen Beobachtungen anlässlich der Erdnähe des HALLEYschen Kometen durch WIGAND, der die Ergebnisse von PACCINI in Frascati, GÖCKEL in Freiburg

¹⁾ Anmerkung bei der Korrektur: Weitere Beobachtungen von HOFFMANN (Sept. 1925) mit Blei als Schirmmaterial in Meereshöhe (Königsberg i. Pr.) führen ihn mit Rücksicht auf einen von ihm bestimmten, sehr kleinen Absorptionskoeffizienten der γ -Strahlen des RaC zu der Ansicht, daß die bekannten Radioelemente für die am Boden und in der Höhe beobachteten Wirkungen der Höhenstrahlung ausreichend sein sollen.

²⁾ Man beachte demgegenüber, daß MILLIKAN nunmehr die Entdeckung der Höhenstrahlung für sich in Anspruch zu nehmen sucht.

(Schweiz), THOMPSON in Toronto und WIGAND in Halle diskutiert hat. Er kommt zu dem Schluß, daß der an diesen Orten nachgewiesene zeitlich-örtliche Verlauf der luftelektrischen Störungen mit einer Erhöhung der durchdringenden Strahlung erklärt werden kann, wie eine solche von THOMPSON direkt gemessen wurde. Danach müßten irgendwelche radioaktiven Substanzen des Kometenschweifens in den oberen Atmosphärenschichten festgehalten und von den dort herrschenden Ostwinden gleichmäßig weitergeführt worden sein.

Als gesichertes Ergebnis der Forschung nach dem Ursprung der Höhenstrahlung ist bisher nur eine negative Feststellung zu betrachten! Ein Zusammenhang zwischen der Strahlungsintensität und dem Sonnenstande ist nicht nachweisbar.

Hatten schon die früheren Beobachtungen in Bodennähe mit und ohne Ausschluß der Erdstrahlung sowie im Ballon keinen Unterschied in den Tag- und Nachtwerten erkennen lassen, so bestätigten die Dauermessungen von KÄHLER am Ostseestrande, KOLHÖRSTER in Waniköi (115 m), HESS und KOFLER auf dem Obir (2000 m), KOLHÖRSTER auf dem Jungfraujoch (3500 m) sowie kürzere Messungsreihen von MEYER auf dem Piz Languard (3190 m) und OTIS am Withney in 4000 m dies Ergebnis. Auch die anlässlich der Sonnenfinsternis vom 21. August 1914 von ISING in Strömsund, PALAZZO auf der Krim, KOLHÖRSTER in Berlin ausgeführten Beobachtungen haben keinen merklichen Einfluß der Sonnenbedeckung auf die Strahlungsstärke ergeben.

Schließlich seien in diesem Zusammenhange auch noch die Versuche von SWANN und von VON SCHWEIDLER erwähnt, den für die Aufrechterhaltung des elektrostatischen Feldes der Erde angenommenen Gegenstrom nachzuweisen; er soll von der Höhenstrahlung hervorgerufen werden, und da diese auch als harte Corpuscularstrahlung gedacht werden kann, so müßte sie isolierte Körper, in denen die Corpusculn stecken bleiben, aufladen. Diesbezügliche Beobachtungen haben jedoch bisher nur negative Ergebnisse geliefert, können aber noch nicht als entscheidend gegen eine solche Annahme betrachtet werden.

Hypothesen. Mit den Ergebnissen der Ballonbeobachtungen hat sich als erster VON SCHWEIDLER beschäftigt, indem er die Möglichkeiten für die verschiedenen Annahmen über den Ursprung der Höhenstrahlung ausführlich diskutierte. Für eine außerirdische, praktisch punktförmige Strahlenquelle, z. B. Sonne oder Mond, ergibt die Rechnung im Vergleich mit den γ -Strahlen des Radium C eine spezifische Aktivität, die rund 170mal größer ist als bei reinem Uran, also einem unmöglich hohen Wert der Zerfallskonstanten des die Strahlung bedingenden radioaktiven Stoffes. Für Planeten und Fixsterne liegen die Verhältnisse noch viel ungünstiger, da die spezifische Aktivität umgekehrt proportional dem Quadrat der scheinbaren Größe der Himmelskörper anzusetzen ist.

Alle diese kommen also als mögliche Quellen nicht in Betracht.

Günstiger liegen die Verhältnisse, wenn man den Weltenraum gleichmäßig mit strahlender kosmischer Masse erfüllt denkt. In diesem Falle wird die spezifische Aktivität etwa $\frac{1}{1200}$ der des Urans, d. h. etwa 100mal so groß als die der Gesteine, welche die Erdoberfläche bilden. Immerhin erscheint dieser Wert noch recht hoch. Im übrigen erweist sich die Strahlungsintensität unabhängig von der räumlichen Dichte der strahlenden Substanz.

Die in der Atmosphäre selbst vorhandenen, bekannten aktiven Substanzen, Zerfallsprodukte der Radium-, Thorium- und Aktiniumemanationen, sind wegen ihrer geringen Wirkung von vornherein auszuschließen. Möglich wäre dagegen die Annahme, daß ein leichtes, radioaktives Gas als Quelle anzusprechen ist, welches mit wachsender Höhe an Konzentration gewinnt; dabei wäre der Wert der spezifischen Aktivität wenigstens nicht unwahrscheinlich groß, wenn auch die Bedingungen „leicht“ und „radioaktiv“ sehr schwer vereinbar sind. Wasserstoff, auch hypothetische Gase, wie z. B. Geokoronium, kommen jedoch schon deswegen nicht in Betracht, weil dann die Ionisierungsstärke anders als beobachtet mit der Höhe zunehmen müßte, wie aus der früheren Bearbeitung dieser Annahme durch SCHRÖDINGER bereits klargestellt wurde.

Nimmt man an Stelle einer primären γ -Strahlung eine primäre Corpuscularstrahlung an, die erst bei Auftreffen auf die oberen Atmosphärenschichten eine sekundäre γ -Strahlung erregt, so bleiben die angedeuteten Schwierigkeiten, eine quantitativ zureichende Quelle der Strahlung anzugeben, völlig bestehen. Von allen den hier diskutierten Annahmen hat die Hypothese einer im Weltenraum gleichmäßig verteilten Strahlenquelle den Vorzug, weil sie die noch am wenigsten übertriebenen Anforderungen stellt.

Sodann hat LINKE den Sonderfall behandelt, daß die Strahlung von kosmischen Staubmassen herrührt, die sich in der Stratosphäre zwischen 12–80 km Höhe befinden sollen. Sein Ergebnis ist, daß die Annahme einer strahlenden Schicht, deren Schwerpunkt in etwa 20 km Höhe liegt und deren Strahlen einen Absorptionskoeffizienten von $4,6 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^{-1}$ besitzen, am besten den Beobachtungen entspricht. Allerdings wird damit eine so unwahrscheinlich große Menge dieser Substanz in der Stratosphäre erforderlich, wie sie nur schwer vorstellbar ist, auf welche Bedenken unter anderem besonders BERGWITZ hingewiesen hat. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß WIGAND schon vorher ähnliche Annahmen geäußert hatte, daß nämlich an der Schichtgrenze zwischen Tropo- und Stratosphäre, also in etwa 11 km Höhe oder darüber in der Stratosphäre radioaktive Produkte anzunehmen seien, von denen die Höhenstrahlung ausgehen sollte.

Die Untersuchungen von SCHWEIDLERS hat SEELIGER weitergeführt um zu sehen, inwieweit die Tatsachen bestimmte Hypothesen erforderlich machen und welche Richtlinien solche Betrachtungen für weitere experimentelle Arbeiten bieten können. Die demnach möglichst allgemein gehaltene Fassung des Problems führt zu Ansätzen, deren Lösung nur durch bestimmte Zusatzhypothesen gelingt; eine solche wäre z. B. die Annahme des radioaktiven Gases, die im negativen Sinne entschieden zu sein scheint und daher von SEELIGER nicht weiter behandelt wird. Dagegen erfährt der aussichtsreichere Fall, daß radioaktive Substanzen den ganzen Weltraum oder hinreichend große Teile desselben erfüllen, eine sehr eingehende Bearbeitung. Er wird zunächst darauf beschränkt, daß die strahlende Schicht nicht unter 30 km Höhe herabreicht, eine im Augenblick als willkürlich gewählt erscheinende Grenze, die aber aus dem Grunde plausibel gemacht wird, weil dann die Luftabsorption vernachlässigt werden kann und nur die Selbstabsorption der strahlenden Schicht zu berücksichtigen ist. Damit ergibt sich auch hier die in SCHWEIDLERS Bearbeitung hervorgehobene Folgerung, daß die Ionisierungsstärke von der Verteilung der aktiven Substanz im Raume, der räumlichen Dichte, ganz unabhängig ist. Ferner wird die Strahlungsintensität in Erdnähe nur ganz unwesentlich geändert, wenn man diese untere Schichtgrenze höher hinauf verlegt.

Eine Entscheidung über die Höhenlage ist also aus den Beobachtungsergebnissen dann nicht zu erwarten, was LINKE vertreten zu können glaubte. Die berechnete Kurve der Ionisierungsstärke mit der Höhe zeigt gegenüber der beobachteten keine qualitativen, nur gewisse quantitative Abweichungen. Der errechnete Absorptionskoeffizient stimmt mit dem von KOLHÖRSTER gemessenen, von LINKE und von SCHWEIDLER berechneten recht gut überein.

Wird sodann der obere Bereich der strahlenden Schicht begrenzt, so ergibt sich zunächst der von LINKE gewählte Ansatz als Sonderfall. Führt man die Entwicklung weiter, so erweist sich die Ionisierungsstärke ganz allgemein nur abhängig von der Gesamtmasse der strahlenden Substanz, und nicht etwa von ihrer Dicke. Bei bekannter Selbstabsorption ließen sich Masse und untere Schichtgrenze aus den Beobachtungen ermitteln.

Verlegt man die untere Schichtgrenze tiefer als 30 km, etwa an die Grenze zwischen Tropo- und Stratosphäre in etwa 10 km, so erlangt die Luftabsorption Einfluß, während die Selbstabsorption mehr zurücktritt. Aus den Ergebnissen interessiert besonders der Fall, daß bei tieferer Grenzlage als 30 km die Ionisierungsstärke in Erdnähe von der Höhenlage der Schicht abhängig wird, so daß man z. B. zeitliche Intensitätsänderungen durch das Auf- und Absteigen der Schichten erklären könnte.

Die sich daran anschließenden Erweiterungen zeigen, daß die Erdkrümmung vernachlässigt werden darf, daß also die Strahlungsstärke vom

Inzidenzwinkel gegen die Vertikale abhängt, worauf sich möglicherweise eine neue experimentelle Bestimmung des Absorptionskoeffizienten begründen läßt. Sodann wird die bisher nicht berücksichtigte Streuung der Strahlen diskutiert, deren Einfluß auf die Ionisierungsstärke berechnet und tabelliert und darauf hingewiesen, daß dann auch, in Übereinstimmung mit VON SCHWEIDLER, der Absorptionskoeffizient noch kleiner ausfallen muß.

Eine Untersuchung über die Aktivität der strahlenden Substanz ergibt einen unteren Wert von 1000, im Vergleich hierzu besitzt die Bodenluft der Aktivität von 100, die der Atmosphäre in Erdnähe 0,1. Sie wäre also — man vergleiche VON SCHWEIDLERs diesbezügliche Angaben — ganz unwahrscheinlich hoch; denn in der Volumeneinheit müßten 10^{-12} g Radium verteilt sein. Eine Säule mit dem Querschnitt 1 aus der strahlenden Substanz ausgeschnitten, würde etwa 10^{-8} g Radium enthalten müssen, was mit der Rechnung von BERGWITZ über LINKES Annahme übereinstimmt.

Diese Angaben beziehen sich auf die Aktivität der substanzerfüllten Volumenelemente, deren Massendichte jedoch unbekannt ist. Um über die Aktivität der kompakten Masse selbst Aussagen machen zu können, werden die Gesetze der Extinktion und diffusen Zerstreuung des Lichtes in Verbindung mit der stationären Fallgeschwindigkeit fein verteilten Staubes herangezogen unter der Voraussetzung, daß die Strahlung von Wolken fein verteilten aktiven Staubes ausgeht. Jedoch gelangt man auch hier zu Aktivitäten, welche die des reinen Radiums bereits erheblich überschreiten.

Schließlich dient die zu diesen Überlegungen benötigte Berechnung der Energiebilanz des Ionisierungsprozesses dazu, noch den Fall zu erörtern, daß eine corpusculare Primärstrahlung zunächst in eine Sekundärstrahlung übergeht, ehe sie ionisierend wirkt. Auch hier kommt man im wesentlichen zu denselben Folgerungen, welche bereits VON SCHWEIDLER erörtert hatte, daß nämlich die Schwierigkeit, eine quantitativ zureichende Quelle der Strahlung aufzufinden, durch eine solche Annahme nicht behoben wird.

Ganz allgemein kann man also sagen, daß die hier angeführten Überlegungen nur aktive Substanzen als Erreger der Höhenstrahlung zulassen, die eine so hohe Aktivität aufweisen, daß wir ihnen kosmischen Ursprung zuschreiben müssen, sei es nun, daß wir uns die strahlende Materie irgendwo im Weltenraum befindlich oder von dort aus bis in die oberen Schichten der Atmosphäre vordringend denken (KOLHÖRSTER). Andere Annahmen, insbesondere solche, welche irdische Vorgänge zur Erklärung heranziehen wollen, sind danach abzulehnen, obwohl sie immer wieder erörtert worden sind, wie die des unbekannten atmosphärischen Gases (GOCKEL) oder die einer möglichen Ionisierung der oberen Luftschichten infolge der Erddrehung (HAMMER; neuerdings auch LINKE), wobei sich ein Maximum der Ionisation gegen

6° ergeben sollte. Bleiben wir also bei kosmischen Erklärungsversuchen, für welche vor allem der Absorptionskoeffizient spricht, so interessieren die Annahmen, die sich auf den Ursprung dieser hohen Aktivitäten beziehen. Die Sonne kommt nach den experimentellen Ergebnissen wohl kaum mehr als direkte Quelle der Strahlung in Betracht. Auch als indirekte Quelle müßte sie Strahlen von unwahrscheinlich hoher Energie aussenden. Nehmen wir jedoch einmal diesen Fall an und setzen voraus, daß die Höhenstrahlung als Sekundärstrahlung in den oberen Atmosphärenschichten entsteht, so würde die mögliche Ablenkung der Primärstrahlen im erdmagnetischen Felde das negative Ergebnis bei Abdeckung der Sonne durch Erde oder Mond immerhin verständlich machen; es ließen sich Intensitätsänderungen der Höhenstrahlung mit der geographischen Breite erwarten (KOLHÖRSTER). Glühelatronen, selbst auch die sehr schnellen Heliokathodenstrahlen BIRKELANDS oder Rückstoßatome radioaktiver Substanzen (SWINNE) dürften doch wohl kaum die erforderliche Energie besitzen. VON SCHWEIDLER ist deswegen der Meinung, daß positive Wasserstoffkerne, die von der gesamten Oberfläche der Sonne ausgehen, in Betracht zu ziehen wären, und PACCINI denkt an den Strom geladener Teilchen von den aktiven Stellen der Sonnenoberfläche, die man nach BAUER zur Erklärung der gleichsinnigen Änderungen des luftelektrischen Potentials und der Sonnenfleckentätigkeit annimmt. Auch BONGARDS setzt eine Massestrahlung von der Sonne voraus bzw. denkt an das Eindringen von Emanationen von der Sonne her, doch dürfte sich diese seine letztere Annahme nach den direkten Emanationsmessungen von WIGAND und WENK als unhaltbar erweisen.

Wie bereits erwähnt, haben SWANN und VON SCHWEIDLER unabhängig voneinander die Anschauung des sog. Gegenstroms entwickelt, ein Vorgang, der zur Erklärung des Potentialgefälles und der negativen Erdladung dient. Beiden ist zwar der experimentelle Nachweis des Gegenstromes — v. SCHWEIDLER vermutet eine sehr harte β -Strahlung — noch nicht geglückt, aber diese Hypothese hat manche experimentelle Stütze von anderer Seite her gefunden, z. B. in der Beobachtung an harten Strahlen und auf luftelektrischem Gebiet, so daß noch nichts entschieden ist. Da nun nach BAUER Potentialgefälle und Sonnenfleckentätigkeit sich gleichsinnig verhalten, so wären Gegenstrom und Höhenstrahlung, die vermutlich sich gegenseitig bedingen, als Ausfluß der Sonnentätigkeit anzunehmen. Ferner zeigen Untersuchungen von MAUCHLY und von HOFFMANN, daß die 24 stündige Hauptwelle der täglichen Periode des luftelektrischen Potentials über den Ozeanen der Arktis und Antarktis gleichzeitig verläuft, also nach Weltzeit. Es müßte demnach, wofür wieder Andeutungen im Verhalten der erdmagnetischen Aktivität sprechen, zu bestimmten Zeiten ein Strom von Elektronen zur Erde, besonders in der

Nähe der magnetischen Pole gelangen (ANGENHEISTER). Die von KOLHÖRSTER vorgeschlagenen Beobachtungen der Höhenstrahlung in verschiedenen Breiten, insbesondere in der Arktis und Antarktis könnten auch in dieser Beziehung von Bedeutung werden.

Nicht nur von der Sonne, sondern auch von Sternschnuppen, Meteoren, Kometen und Überbleibseln von Weltkörpern sollen die Staubmassen hoher Aktivität herrühren, die nach LINKE in die oberen Luftschichten gelangen und die Höhenstrahlung aussenden. Ihre Aktivität müßte beträchtlich sein, jedoch bei dem langsamen, manchmal noch durch öfteres Wiederansteigen verzögerten Absinken sich verhältnismäßig schnell erschöpfen; denn die Untersuchungen von Polarstaub auf Radioaktivität sind nach SWINNE bisher erfolglos geblieben, und Meteore haben keine oder nur schwache Aktivitäten erkennen lassen. Es besteht bei dieser Annahme die Schwierigkeit, daß Trümmer von in vollster Auflösung begriffenen Weltkörpern zunächst noch sehr hohe Aktivitäten und in verhältnismäßig kurzer Zeit kaum noch Spuren davon enthalten sollen.

Insofern dürfte die WIGANDSche Hypothese ihre Stärke haben, die die aktiven Staubmassen auf das Eindringen von Kometenüberresten, also wohl jungen Weltkörpern zurückzuführen sucht, wenigstens sind hierbei eher Verhältnisse zu erwarten, die hohe Radioaktivität begünstigen. Und damit kommen wir zur NERNSTschen Hypothese, die den Ursprung der Höhenstrahlung weit in den Kosmos herein verlegt, wohl die weitestgehendste und kühnste Annahme, die von ganz anderen Gesichtspunkten aus, zu dem Problem der Höhenstrahlung gelangte und für dieses eine Fülle von Anregungen gibt. Ausgehend von dem zweiten Hauptsatz der Wärmetheorie hatte NERNST bereits 1912 erörtert, daß mit der Entdeckung der radioaktiven Substanzen der sog. Wärmetod des Universums zwar hinausgeschoben aber sein schließliches Eintreten nicht verhindert werden kann. Energie und Materie durchlaufen ihre wechselnden Zustände nach einer bestimmten Richtung, die zum Aufhören alles Geschehens führt. Und trotzdem treffen wir im Kosmos auf Materie in den verschiedensten Stadien der Entwicklung, die Weltkörper können also nicht alle zu gleicher Zeit entstanden sein. Deshalb wird man einen dem radioaktiven Zerfall entgegenarbeitenden Prozeß annehmen müssen, der etwa in der Weise verläuft, daß, nachdem die Atome sich schließlich vollständig in eine Ursubstanz, den Lichtäther, aufgelöst haben, aus diesem sich von Zeit zu Zeit wieder neue, eventuell hochatomige Elemente bilden, die sich allmählich zu jungen Gestirnen zusammensuchen. Schon bei diesem Prozeß der Neubildung von Materie sollten Energieumsätze stattfinden, die den überaus hohen Wert des Wirkungsquantums $h \cdot \nu$ der Höhenstrahlung zu liefern im-

stande wären und auf dem weiteren Wege der Entwicklung der Urmaterie zum Nebel, Fixstern usw. bieten sich immer noch neue Möglichkeiten hierfür. Die Hypothese EDDINGTONS, erweitert von NERNST durch die Zuhilfenahme radioaktiver Vorgänge, die im Fixsternleben zweifellos eine sehr wichtige Rolle spielen, führt zu folgender Betrachtung: Aus den neugebildeten hochatomigen Elementen entstehen zunächst die großen kalten Nebelsterne, die infolge radioaktiver Umwandlungen schwach leuchten; sie verdichten sich allmählich und gehen in die jungen roten Riesensterne über, deren hohe Temperatur die Lichtstrahlung bewirkt. Radioaktive Vorgänge sind es, die neben der Kontraktionswärme bei der weiteren Entwicklung zum kleinen weißleuchtenden Zwergstern die hohe Temperatur und lange Wärmestrahlung ermöglichen und erst nachdem die radioaktiven Prozesse schon zum größten Teil abgeklungen sind, wird der weiße Fixstern verhältnismäßig schnell zum gelben, später roten Zwergstern, um allmählich zu erkalten und schließlich sich ganz aufzulösen. Überall im Kosmos wo neue Elemente (hoher?) Ordnungszahl entstehen, bis zum weißleuchtenden Zwergstern herab, sind also nach dieser Hypothese Möglichkeiten für außerordentlich stark radioaktive Strahlungen gegeben und damit gerade die Voraussetzungen erfüllt, auf welche die oben angeführten Berechnungen immer führten, die aber im Vergleich mit den uns bekannten radioaktiven Vorgängen als unwahrscheinlich hoch bisher abgelehnt werden mußten. Das Vorhandensein hochaktiver Substanz im Weltraum, die einzige Annahme die nach v. SCHWEIDLER und SEELIGER die am wenigsten übertriebenen Anforderungen für eine Erklärung der Höhenstrahlung stellt, ist damit von ganz anderen Voraussetzungen aus nahegelegt worden.

Daher wären wir nunmehr in der Lage, den Ausgangspunkt der Strahlung im gleichmäßig verteilten Lichtäther oder in denjenigen Gegenden des Himmels zu suchen, wo Urmaterie und kalte schwach leuchtende Nebelmassen, sowie junge Sterne vorwiegend auftreten, besonders im Milchstraßensystem. Ältere Sterne, also auch unsere Sonne, werden kaum meßbare Beträge der Strahlung aussenden können, weil bei ihnen die hochatomigen Elemente der Oberfläche bereits abgestorben sind und die des Inneren nicht mehr durch die Oberfläche hindurchstrahlen können. Es bleiben also nur die beiden Fälle, daß entweder der Lichtäther oder junge Materie als Ausgangspunkt der Strahlung in Betracht kommen. Sollte der erstere zutreffen, so wäre zur Zeit eine experimentelle Entscheidung kaum möglich, im zweiten Falle ließe sich aus Schwankungsbetrachtungen der Intensität der Höhenstrahlung Anhaltspunkte in dieser Richtung gewinnen, z. B. durch Untersuchungen, wie sie von KOLHÖRSTER am Jungfrauoch begonnen worden sind.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Der Herausgeber hält sich für die Zuschriften und vorläufigen Mitteilungen nicht für verantwortlich.

Über die Molekülgröße von Kautschuk und Guttapercha.

(Röntgenometrische Untersuchung.)

Es ist neuerdings eine Methode angegeben worden¹⁾, um mit Hilfe der Röntgenspektren die für die Bestimmung der Konstitution wichtige Molekülgröße nach oben abzugrenzen. Das Verfahren ist bei polymeren Substanzen, die kristallisiert sind, anwendbar. Es wird aus der innersten Linie des Röntgendiagramms nach DEBYE-SCHERRER eine wahrscheinliche obere Grenze für das Elementarparallelepiped bestimmt. Division dieses Elementarraumes, der mindestens ein Molekül enthält, durch das Volumen des Grundtypes der entsprechenden polymeren Reihe, liefert eine obere Grenze für den Polymerisationsgrad und damit eine maximal zulässige Molekülgröße. Das Minimalvolumen des Grundtypes wird aus den bekannten charakteristischen Atomradien von BRAGG durch dichteste Packung der Atome berechnet.

Die Methode wird nun auf *Kautschuk* und *Guttapercha* angewendet. Es ist bereits durch J. R. KATZ²⁾ gezeigt worden, daß *Hevea-Kautschuk* durch starkes Dehnen kristallinisch wird; auch ist erwähnt, daß *Roh-Kautschuk* auch ohne vorherige Dehnung dieselben Interferenzen liefert (abgesehen von Effekten, die mit einer Orientierung der Krystalle durch die Dehnung verknüpft sind). Es ist auch nachgewiesen, daß die Interferenzen nicht von den Verunreinigungen (Harze, Eiweißkörper) herrühren.

Es wurde nun verhältnismäßig reiner *Crêpe-Kautschuk* mit Röntgenlicht durchstrahlt und gefunden, daß derselbe sehr schöne Krystallinterferenzen liefert, ohne daß gleichzeitig ein „amorpher Ring“ vorhanden ist. *Dieser Kautschuk ist also praktisch vollständig kristallisiert.* Dabei sind die elastischen Eigenschaften die für Rohkautschuk üblichen. *Die von J. R. Katz angegebene Erklärung der Dehnbarkeit des Kautschuks durch gleichzeitiges Vorhandensein zweier chemisch verschiedener Substanzen, wovon die eine amorph und die andere kristallisierbar ist, dürfte also wohl nicht allgemein zulässig sein. Ob Kautschuk aus einem oder mehreren wesentlichen Bestandteilen besteht, ist aus derartigen Untersuchungen kaum zu erschließen: wahrscheinlich wird wohl aber nur einer Substanz prozentual eine hauptsächliche Bedeutung zukommen.*

Die Interferenzkreise der hier angeführten Aufnahme scheinen im wesentlichen dieselben zu sein, wie sie von J. R. KATZ gefunden worden sind³⁾.

Das beigelegte Diagramm von *Crêpe-Kautschuk* wurde mit Eisenstrahlung und einem Abstand von 51,0 mm zwischen Mitte des Substanzstäbchens und Platte aufgenommen. Die berechneten Glanzwinkel und die geschätzten Intensitäten (st = stark, s = schwach) sind die folgenden:

Kautschuk.					
s	8°	42'	s	13°	58'
st	11°	3'	s	16°	15'
st	13°	10'			

Aus einer Aufnahme mit halb so großem Plattenabstand wurden noch einige weitere, sehr schwache, Interferenzen festgestellt, die folgende Glanzwinkel liefern:

17°	30'
19°	24'
21°	15'

Außerdem sind noch einige weitere Linien *angedeutet*.

Aus der innersten Linie des Diagramms berechnet sich ein maximaler Identitätsabstand d aus der Gleichung $d = \frac{\lambda}{2 \sin \varphi}$ (für Linien erster Ordnung). Es wird für Kautschuk gefunden $d = 6,37 \text{ \AA}$ und $d^3 = 259 \text{ \AA}^3$. In diesem Volumen ist mindestens ein Molekül vorhanden.

Der chemische Grundtyp des Kautschuks, nämlich der Kohlenwasserstoff C_5H_8 hat im Krystall ungefähr folgendes Volumen:

$$\text{Volumen der 5 C-Atome} = V_C = 40 r_C^3 = 18,26 \text{ \AA}^3$$

$$\text{Volumen der 8 H-Atome} = V_H = 64 r_H^3 = 24,88 \text{ \AA}^3$$

$$\text{Volumen von } C_5H_8 = V = V_C + V_H = 43,14 \text{ \AA}^3 = 43,1 \text{ \AA}^3.$$

Dabei wurden die folgenden Werte für die Atomradien verwendet: für Kohlenstoff $r_C = 0,77 \text{ \AA}$ und für Wasserstoff $r_H = 0,73 \text{ \AA}$.

Die Gruppe C_5H_8 hat im Volumen des Elementarraums des kristallisierten Kautschuks maximal 6mal Platz, *Kautschuk hat also die maximale Formel $(C_5H_8)_6$.*

Zum erstenmal wird nun auch nachgewiesen, daß *Guttapercha* kristallisiert ist. Die Aufnahme wurde mit Eisenstrahlung und 25,0 mm Abstand zwischen Substanzzentrum und Platte ausgeführt. Es wurde zweimal umgefällte Guttapercha verwendet.

Guttapercha.

s	6°	45'	st	13°	47'
st	10°	54'	st	16°	31'

Aus der innersten Linie berechnet sich wie vorher

$$d = 8,21 \text{ \AA} \text{ und } d^3 = 553 \text{ \AA}^3.$$

In diesem Volumen findet die Gruppe C_5H_8 maximal 12mal Platz. *Die maximale Formel für Guttapercha ist somit $(C_5H_8)_{12}$.*

In manchen Fällen hat es sich gezeigt¹⁾, daß die so bestimmten Maximalwerte mit den chemisch vermuteten oder bestimmten Werten übereinstimmen. Wenn dieser Fall auch hier zutreffen würde, würde diese Untersuchung ergeben, daß Guttapercha das 2fach Polymer des Kautschuks ist. Tatsächlich spricht die große chemische Verwandtschaft der beiden Stoffe sehr zu Gunsten dieser Annahme.

Jedenfalls ist durch die Arbeit gezeigt, daß die Annahme eines enorm hohen Polymerisationsgrades auch in der Chemie des Kautschuks nicht haltbar ist.

E. OTT.

Zürich, den 17. Februar 1926.
Physik. Institut der Eidg. Tech. Hochschule.

¹⁾ E. OTT, l. c.

¹⁾ E. OTT, Röntgenometr. Untersuch. an hochpolymeren Org. Substanzen zum Zwecke einer Abgrenzung des Molek. gew. derselben. Physik. Zeitschrift 27, S. 174. 1926.

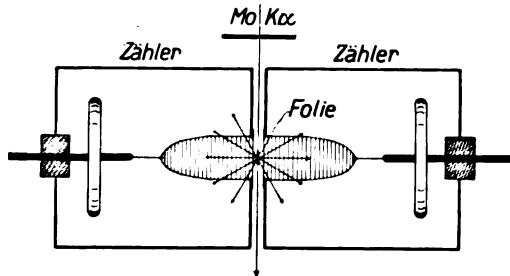
²⁾ J. R. KATZ, Röntgenspekt. Untersuch. a. gedehntem Kautschuk. Naturwissenschaften Heft 19, S. 410, 1925.

³⁾ l. c. Fig. 5, S. 414.

Ein Versuch zur Strahlungsstatistik.

Gelegentlich einer gemeinsam mit H. GEIGER ausgeführten Untersuchung über das Wesen des Comptoneffektes¹⁾ wurde auf eine experimentelle Möglichkeit hingewiesen, den Grad der Kopplung zwischen elementaren Emissions- und Absorptionsprozessen festzustellen. Über das Ergebnis der jetzt abgeschlossenen Versuche in dieser Richtung soll im folgenden kurz berichtet werden²⁾.

Das Prinzip des Experimentes ist aus der nebenstehenden Skizze der Versuchsanordnung ersichtlich. Eine dünne Kupfer- oder Eisenfolie wird durch ein enges Bündel von MoK α -Strahlung zur Fluoreszenz erregt. Die Fluoreszenzstrahlung tritt durch dünne Aluminiumfolien in 2 Spitzenzähler ein und löst hier Photoelektronen aus, welche die Zähler zum Ansprechen bringen. Es ist nun zu entscheiden, ob die beiderseitigen Zählereinschläge vollkommen unabhängig voneinander erfolgen, oder ob zeitliche Koinzidenzen zwischen ihnen auftreten. Unabhängigkeit der beiden Zählereinschläge wäre zu erwarten, wenn man sich eine Übertragung der Energie vom emittierenden zum absorbierenden Atom durch lokalisierbare „Lichtquanten“



Doppelzähler zur statistischen Untersuchung der Fluoreszenzstrahlung.

vorstellen darf. Koinzidenzen könnte man dagegen vom Standpunkt der Wellenvorstellung vermuten, denn das kugelförmige elementare Wellenfeld, welches in irgendeiner Form sicher existiert, trifft beide Zähler gleichzeitig. Um von letzterem Standpunkt aus zu einer Voraussage über die Häufigkeit der Koinzidenzen zu gelangen, bietet sich als einziger eindeutiger Weg die formale Anwendung der Statistik von BOHR, KRAMERS und SLATER. Nach dieser wäre der Bruchteil der einseitigen Ausschläge, welcher mit andersseitigen Ausschlägen koinzidiert, gleich dem Bruchteil p der gesamten von der Folie ausgehenden Fluoreszenzenergie, welcher in einem Zähler in wirksame Photoelektronen umgesetzt wird, wobei zur Vereinfachung vorausgesetzt ist, daß dieser „Nutzfaktor“, wie wir p kurz nennen wollen, wesentlich kleiner als 1 ist.

Von ausschlaggebender Bedeutung für die Schlüssigkeit des Versuches ist es hiernach, den Nutzfaktor genügend groß zu machen. Bei der bisher üblichen Anwendungsart des Zählers, bei welcher zur Messung von Wellenstrahlung die von der Zählerwand kommenden Photoelektronen gezählt werden, konnte p nicht größer als etwa $1/500$ erwartet werden. Hiermit wäre der Versuch wohl praktisch kaum durchführbar. Um p zu vergrößern, wurden folgende Mittel mit Erfolg

angewendet: 1. Als Füllgas für die Zähler diente Argon von Atmosphärendruck, welches für die in Betracht kommenden Wellenlängen ein erhebliches Absorptionsvermögen besitzt; gezählt wurden nunmehr die im Gas selbst ausgelösten Photoelektronen. 2. Die Zähler wurden verhältnismäßig groß dimensioniert (6 cm Durchmesser, 3 cm Spitzenabstand), so daß das „wirksame Gasvolumen“ groß genug war, um einen wesentlichen Bruchteil der insgesamt ausgesandten Fluoreszenzenergie zu absorbieren; das wirksame Volumen, d. i. dasjenige, in welchem ein Elektron den Zähler zum Ansprechen bringt, wurde durch besondere Versuche mit α - und β -Strahlen „ausgelotet“ und ist in der Figur durch senkrechte Schraffierung angedeutet. 3. Es wurde mit negativer Zählervoltage gearbeitet; die negative Spannung bringt zwar gewisse experimentelle Unbequemlichkeiten mit sich, doch ergaben vergleichende Versuche, daß die Empfindlichkeit für Elektronen mehrmals größer ist als bei positiver Spannung.

Der Nutzfaktor p konnte sowohl durch Messung der Primärintensität als auch rechnerisch aus der Form und Größe des wirksamen Volumens ermittelt werden und ergab sich bei vorsichtiger Einschätzung dieser Bestimmungen zu rund $1/20$. Die BOHRsche Statistik würde also auf je 20 Ausschläge mindestens eine Koinzidenz erwarten lassen.

Das Verfahren zur Registrierung und Auswertung der Zähleranzeigen war im wesentlichen das gleiche wie in der oben angeführten Untersuchung. Die ersten Versuche zeigten zwar deutlich das Auftreten von systematischen Koinzidenzen; diese ließen sich jedoch vollständig erklären durch ungewollte schnelle β -Strahlen radioaktiven Ursprungs, welche beide Zähler durchsetzten. Durch Wahl eines möglichst wenig radioaktiven Materials (Zink) für die Zähler konnten diese Koinzidenzen fast ganz zum Verschwinden gebracht werden. Die endgültigen Versuche ergaben das Resultat, daß innerhalb der Versuchsfehler keine systematischen Koinzidenzen auftraten. Mit Berücksichtigung der Wahrscheinlichkeitsschwankungen läßt sich sagen, daß sicher weniger als $1/3$ der Koinzidenzen auftreten, welche nach der BOHRschen Statistik zu erwarten wären. Das Bild der Lichtquanten als Ausdruck für die Erhaltung der Energie bei den Elementarprozessen der Emission und Absorption kann somit für den Fall praktisch ebener Wellen als angemessen betrachtet werden. Offen bleibt dagegen auch jetzt noch die Frage, ob man dem allgemeinen Strahlungsfeld eine lokalisierbare Energie zuschreiben darf.

Als Nebenresultat ergab sich, daß bei einer Fluoreszenzemission von nur 5 Elementarprozessen pro Sekunde die Strahlung sich noch genau so verhält wie bei starker Emission: die Zahl der erzeugten Photoelektronen ist proportional der Intensität.

Von experimentellem Interesse ist schließlich noch, daß der beschriebene Zähler, wenn man ihn in der Achsenrichtung mit FeK α -Strahlung bestrahlt, etwa auf jedes 2. bis 3. einfallende Quant anspricht. Damit ist die natürliche Empfindlichkeitsgrenze für den Nachweis von Wellenstrahlung im wesentlichen erreicht.

Berlin-Charlottenburg, den 27. Februar 1926.

Physikalisch-Technische Reichsanstalt.

W. BOTHE.

Die in Heft 5 ds. Jahrg. durch Herrn KRAFT mitgeteilte Methode zur Entfärbung des rezenten und fossilen Chitins ist nicht neu, sondern seit 1874 allgemein bekannt. (P. MAYER, Arch. Anat. Phys. 1874, S. 321 und Zoolog. Mikrotechnik 1920, S. 224. LIEBERMANN, Zeitschr. f. Morphol. u. Ökol. d. Tiere 51, S. 3, 1925.) Die

¹⁾ W. BOTHE und H. GEIGER, Zeitschr. f. Phys. 32, 639, 1925.

²⁾ Die ausführliche Veröffentlichung erfolgt demnächst in der Zeitschr. f. Phys.

Chloreinwirkung kann sich aber in keiner Weise mit der von Chlordioxyd messen, so gute Erfolge sie bei schwachpigmentiertem und inkrustiertem Chitin gelegentlich auch geben mag. Selbst nach oftmaliger Wiederholung gelingt es z. B. nicht, auf diese Weise dunkle Käferflügeldecken zu bleichen. Bei wirklich dunkelpigmentierten fossilen Insekten, z. B. Bernsteinkoleopteren war ebenfalls kein Erfolg zu erzielen. Ich glaube auch, daß Herr KRAFT keine echten Pigmente aus seinen Fossilien entfernt hat, sondern durch den Fossilisationsprozeß bedingte Schwärzungen. Das Diaphanolverfahren hat den Vorteil, daß es bei richtiger Anwendung nicht nur die Pigmente restlos entfernt, sondern auch die Gewebe weitgehend erhält, und daß es die Inkrusten aus den Skelettsubstanzen restlos herauslöst und damit für die typischen mikrochemischen Reaktionen zugänglich macht. Leider ist in der Tat die Haltbarkeit des Diaphanols nicht unbeschränkt, sie beträgt nach den Feststellungen von Dr. GRAUMANN von der Köln-Rottweil A.-G. etwa 5–6 Monate. Dann findet ein stärkeres Absinken des ClO_2 -Gehaltes statt. Es empfiehlt sich also, nur kleine Mengen auf Vorrat zu legen.

Rostock, den 3. März 1926.

P. SCHULZE.

Über die natürliche Breite der Röntgenlinien.

Nach der Dispersionstheorie der Röntgenstrahlen¹⁾ müßte die Winkelbreite der an (111) eines Diamanten reflektierten $\text{K}\alpha$ -Strahlung des Mo etwa 4'' betragen, wenn die charakteristische Strahlung als unendlich schmale Linie angenommen wird. Diese Halbwertsbreite ist nach P. P. EWALD²⁾ durch den Ausdruck

$$\Delta\theta = \frac{4 \sum_i e^{2\pi i(hr_i)} \tilde{O}_i}{\sin 2\theta}$$

bestimmt. Mit zunehmendem Ablenkungswinkel nimmt diese Breite ab und müßte z. B. bei der Reflexion der Mo- $\text{K}\alpha$ -Linie an (333) beim Diamanten schon nur mehr 1,5'' betragen. Wenn die charakteristischen K-Emissionslinien des Mo wirklich beim Reflexionsvorgang als physikalisch unendlich schmal gelten könnten, so müßte man diese Abnahme der Winkelbreite der Reflexion in den verschiedenen Ordnungen bemerken. Um dies zu prüfen, wurde folgender Versuch gemacht:

Ein ausgesuchter Diamant von oktaedrischer Gestalt und etwa 10 mg Gewicht, dessen natürliche Krystallfehler so klein waren, daß seine Reflexionsbreite an (111) mit der EWALDschen Breite hinreichend übereinstimmte, wurde mit einem divergenten Bündel monochromatischer Mo-Strahlung beleuchtet. Die Blenden vor dem Krystall waren alle größer als der Krystall selbst. Dann wurden die Reflexionen (111), (333) und (555) am Leuchtschirm eingestellt und aus dem reflektierten Strahl durch eine unmittelbar hinter dem Krystall angebrachte Lochblende von 0,07 mm Durchmesser ein feines Bündel herausgeblendet. Von der Verwendung einer Schlitzblende wurde abgesehen, da kleine Justierungsfehler einer solchen das Resultat falschen können. Der reflektierte Strahl wurde in einer Entfernung von 60–100 cm auf einer Platte photographiert. Die gemessene Breite, ver-

mindert um den Durchmesser des Spaltes und dividiert durch die Entfernung, ergibt dann unmittelbar die Winkelbreite der Reflexion. Das Ergebnis war folgendes (vgl. auch Fig. 2):

Ordnung	θ	d cm	Gemessene Breite cm	Divergenzwinkel		Halbwerts- breite nach Ewald
				Bogenmaß	sec	
111	10°	100	0,0129	$54 \cdot 10^{-6}$	11	$19,3 \cdot 10^{-6}$
333	31°	100	0,02	$125 \cdot 10^{-6}$	26,5	$7,5 \cdot 10^{-6}$
555	60°	60	0,03	$300 \cdot 10^{-6}$	78	$7,6 \cdot 10^{-6}$



(111) d = 100 cm

(333) d = 100 cm

(555) d = 100 cm

Fig. 1.

Die Winkelbreite der Krystallreflexionen nimmt also im Gegensatz zur EWALDschen Theorie mit steigender Ordnung der Reflexion zu, ein Umstand, auf den SIEGBAHN bereits aufmerksam gemacht hat¹⁾. Krystallfehler, welche der Diamant gegebenenfalls noch haben könnte, dürften nur eine von der Ordnung der Reflexion unabhängige konstante Verbreiterung ergeben. Auch die Wärmebewegung, deren diffuser Anteil nach I. WALLER²⁾ in der Umgebung der Interferenzen angehäuft wird, kann unter den vorliegenden Bedingungen (Krystallgröße, Atomwärme des Diamanten, verwendete Wellenlänge) die gefundenen Werte nicht erklären.

Nimmt man dagegen an, daß der Mo- $\text{K}\alpha$ -Linie eine gewisse natürliche Breite zukommt, so ergibt sich aus dem BRAGGSchen Reflexionsgesetz

$$\Delta\lambda = \Delta\theta \cdot \lambda \cdot \cotg \theta$$

$$\Delta\theta = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \tg \theta$$

eine Zunahme der Winkelbreite der Reflexion mit steigendem Winkel.

Berechnet man aus den oben mitgeteilten Zahlen das $\Delta\lambda$ der Mo- $\text{K}\alpha$ -Linie, indem man

1. die unmittelbar gemessenen Werte für $\Delta\theta$ zugrunde legt ($\Delta\lambda$) und

2. die unmittelbar gemessenen $\Delta\theta$ -Werte um die von der EWALDschen Theorie geforderten Halbwertsbreiten vermindert ($\Delta\lambda$ [EWALD]), so erhält man folgende Zusammenstellung.

¹⁾ M. SIEGBAHN, Zt. f. Phys. 9, 74 (1922).

²⁾ I. WALLER, Dissertation; Uppsala (1925).

¹⁾ G. H. DARWIN, Phil. Mag. 27, S. 315 u. 625. 1914.
P. P. EWALD, Ann. d. Phys. IV. Folge. 54, S. 519. 1918.

²⁾ P. P. EWALD, Phys. Zt. 26. Jahrg. 1925. S. 20.

Ordnung	in X. Einheiten	
	λ	$\Delta\lambda$ (Ewald)
111	0,21	0,155
333	0,146	0,138
555	0,171	0,152

Man sieht daraus, daß man unter Berücksichtigung der dynamischen Reflexionsbreite mit hinreichender Übereinstimmung für die natürliche Breite der Mo-K α -Linie den Wert $\Delta\lambda = 0,15$ XE erhält.

Die von der klassischen Theorie auf Grund der

Strahlungsdämpfung geforderte Halbwertsbreite beträgt¹⁾ etwa 0,52 XE. Da in unseren Versuchen stets mehr als die halbe Breite gemessen wurde, ist diese Zahl beim Vergleich mit der oben angegebenen noch zu vergrößern. Mit Hilfe der üblichen Annahmen berechnet sich daraus die Lebensdauer des in der K-Schale angeregten Atoms zu 10^{-14} Sekunden.

Berlin-Dahlem, den 8. März 1926.

W. EHRENBURG und H. MARK.

¹⁾ W. C. MANDERSLOOT, Jahrb. f. Rad. und Elek. tronic. XIII 1. 1916.

Biologische Mitteilungen.

Über den Einfluß des Kaliummangels auf das See-
eigelei. (J. RUNNSTROM, Pubbl. d. staz. zool. di Napoli 6,
1-200. 1925.) Gerade jetzt, wo man für die physiolo-
gische Bedeutung der Wasserstoffionen von allen Seiten
ein so lebhaftes Interesse bekundet, ist es doppelt
wichtig, umfangreiches neues Tatsachenmaterial über
die zellphysiologische Bedeutung einer andern Ionen-
art kennenzulernen, die vielfach auch schon in sehr
geringen Konzentrationen sehr ausgesprochene und in
den verschiedenen Konzentrationsbereichen sich än-
dernde Wirkungen entfaltet, ich meine die K-Ionen.
Der schwedische Forscher hat in Neapel die Wir-
kungen des Weglassens des Kaliums aus dem künst-
lichen Seewasser (Rezept MEYERHOF) auf das See-
eigelei untersucht. Von allgemeinerer Bedeutung ist
aus seinen Ergebnissen folgendes: Der K-Mangel ruft
immer wieder Veränderungen hervor, die in irgend-
einer Weise mit der *Wasserbindung an den Zellkolloiden*
in Beziehung stehen. Neuere Untersuchungen haben
z. B. ergeben, daß die *Astrosphären* des Seeigeleies ein
eigenartiges System radiärer Verdichtungen der Plasma-
kolloide sind, in welches in gesetzmäßiger Weise flüssige
Partien eingeschaltet sind. Kein Wunder also, daß
diese gesetzmäßigen Verdichtungen und Verflüssi-
gungen durch das Kalium reguliert, durch K-Mangel
stark alteriert werden: Die Sphären werden größer,
die Strahlen erscheinen noch dichter, die Polstrahlen
verkürzen sich nach der Teilung ganz auffällig und
ziehen die Tochterkerne dadurch ganz an die Zellober-
fläche. Die Sphären haben auch starke Neigung sich
in dieser Phase flach sichelförmig unter der Zellober-
fläche auszubreiten. Asymmetrische Ausbreitung der
Sphären, eine oft sehr starke Beugung der Zentral-
spindel, sowie Verlagerungen des ganzen Apparates
sind typische Wirkungen des K-Mangels. Die Flüssig-
keitsanreicherungen zwischen den mitotischen Gel-
bildungen können bei K-Mangel von abnorm starken
Vakuolisierungen besonders der äquatorialen Partien
des Zelleibes begleitet sein, die vielleicht nur durch
ein stärkeres Zusammenplatzen feinerer Vakuolen
entstehen (Ref.). Das Gesamtvolum des Eies nimmt
bei K-Mangel beträchtlich ab. Dies sowie die Er-
scheinung, daß Eier aus dem K-freien Seewasser in
verdünntem Seewasser bedeutend weniger quellen als
normale, spricht für eine *Herabsetzung der Quellbarkeit*
bzw. des *Wassergehaltes der Eikolloide durch den K-*
Mangel. Offenbar führt das dann zu einer geringeren
Löslichkeit mancher Substanzen im Plasma. Es
scheiden sich besonders gewisse Lipide in einem
Dispersitätsgrad im Plasma aus, indem sie im Dunkel-
feld gut sichtbar werden. Es wird m. a. W. das durch
die im Dunkelfeld hervorgerufene Leuchten im Plasma
bei K-Mangel intensiver. Auffällige plasmatische Ver-
änderungen der Blastomeren während oder nach den
Teilungen stellen (besonders auf der vegetativen Seite)

knollige Pseudopodienbildungen der Äquatorzonen dar.
Es verdient hervorgehoben zu werden, daß solche
äquatoriale Loben bei manchen andern Tieren *nor-*
malerweise nach den Furchungsteilungen auftreten.
Bei fortschreitender Wirkung des K-Mangels kommt
eine immer ausgeprägtere Sonderung des Eiplasmas
in eine homogene, dichtere äußere und eine anhomoge-
ne, lockere innere Zone zustande.

Auch auf die *Beschaffenheit der Zellkerne* hat der
K-Mangel einen starken Einfluß. Es wird durch ihn
besonders die Rückbildung eines Ruhekernes und die
Auflösung der Chromosomen in der Telophase er-
schwert. Solche Chromosomen haben dann oft ein
stark vergrößertes Volum und veränderte Gestalt
(sie sind kurz oder gar ringförmig) und zeigen bisweilen
Acidophilie. Häufig treten sie gepaart auf. Der Aus-
tritt von Chromatinsubstanzen in das Plasma kann in
erhöhtem Maße erfolgen.

Schon nach der erwähnten Verlagerung von Sphären
und Kernen ist eine *starke Alteration des Furchungs-*
typus von vornherein zu erwarten. Sie tritt auch in
der Tat ein. Im Besondern weist sie die Eigentümlich-
keit auf, daß keine stark inäquale Teilungen, also
keine Mikromerenbildungen erfolgen. Trotzdem kann
aber die Entwicklung vom Blastulastadium an einiger-
maßen normal ausfallen. Die Furchungsstadien aus
dem K-freien Medium sind meist auffällig bilateral-
symmetrisch. Wichtiger aber ist, daß polare Differen-
zierungen des ganzen Keimes, wie der Einzelblasto-
meren in der Richtung der primären Eiachse und zum
Teil auch in der Richtung einer Dorsoventralachse viel
stärker pointiert als am normalen Keim zum Ausdruck
kommen.

Auch der heute wohl aktuellsten Seite der Salz-
physiologie, der Untersuchung der jeweiligen *Per-*
meabilitätsänderungen, wird die Arbeit in vollem Um-
fang gerecht. Kalium, das quellungfördernde, schwach-
fallende Ion wirkt auf Zellen immer wieder permeabi-
litätssteigernd. Ein Weglassen des Kaliums bewirkt
daher eine gewisse Permeabilitätsverringern, so daß
die Eier z. B. gegen Cytolyse weniger empfindlich
werden. Auch die Abschwächung der schädigenden
Wirkung des K-Mangels durch andere Ionen erklärt
sich schon aus der durch diese verursachten Permeabi-
litätsverminderung, die durch Plasmolyseversuche nach
der Versuchsanordnung HERLANTS bewiesen wird. Sie
verlangsamten auf diese Weise das Ausdiffundieren
des K aus den Zellen und zwar Ca am stärksten, Mg
und Li schon beträchtlich weniger, und den Anionen
vom Ende der lyophilen Reihe, dem SO_4 - und dem
Citrat-Ion kommt beim Seeigelei gar keine „ab-
dichtende“ Wirkung zu. Rhodanide wirken permea-
bilitätssteigernd. Versuche dieser Art sind sehr wert-
voll für die weitere Sicherung der theoretischen Deu-
tungen der komplizierten salzphysiologischen Phäno-

mene, die gerade das Seeigeelei in so spezifischer Weise zeigt, und besonders wertvoll, wenn sie so wie bei RUNNSTRÖM jeweils durch entsprechende Plasmauntersuchungen ergänzt werden.

Zum Schluß sei aus der Arbeit noch der auffällige Befund hervorgehoben, daß in den Zellen 8 mal soviel Kalium vorhanden ist, als im Seewasser, daß es also offenbar in irgendeiner Form an die Zellkolloide adsorbiert oder gebunden ist. Daß unter diesen Umständen im K-freien Medium nicht rasch alle Zellen in quantitativ gleicher Weise K-frei werden, m. a. W. die Symptome des K-Mangels nicht so einheitlich sind wie etwa die des Ca-Mangels (Ca wirkt vorwiegend auf die Zelloberflächen ein!) ist ohne weiteres zu verstehen.

JOSEF SPEK.

Die Blutgruppen in Beziehung auf geographische Verhältnisse. Die Eigenartigkeit der Verteilung verschiedener Blutgruppen bei denen oder jenen Völkern und die Wichtigkeit einer Analyse solcher Verteilung ins Auge fassend, habe ich meine Untersuchungen über die Verteilung von Blutgruppen an Russen, die im Europäischen Rußland, und an solchen, deren Vorfahren in Sibirien, soweit es festzustellen möglich war, geboren waren, ausgeführt. Hierbei wurden nur solche Fälle in Berechnung genommen, wo die ausführlichsten Nachfragen eine Mischung mit dem Blut der Ureinwohner väterlicher- oder mütterlicherseits ausschlossen. Im ganzen wurden 1000 Subjekte untersucht. Die Resultate sind in der Tabelle 1 angeführt (nach JANSKY).

Tabelle 1.

	Blutgruppen %%				Alle „A“ %%	Alle „B“ %%	R.-B.-I.
	I.	II.	III.	IV.			
Russen aus Europäisch-Rußland [506]	34,78	33,33	24,64	7,25	40,58	31,89	1,3(1,27)
„ „ Sibirien [160]	40,24	28,99	27,22	3,55	32,54	30,77	1,1(1,06)

Tabelle 2.

	Blutgruppen %%				Alle „A“ %%	Alle „B“ %%	R.-B.-I.
	I.	II.	III.	IV.			
Tataren [217]	32,7	33,2	28,6	5,5	38,7	34,1	1,2(1,17)
Baschkiren [135]	29,8	36,2	25,5	8,5	44,7	34,0	1,3(1,31)

Obgleich in beiden Fällen „Russen“ untersucht wurden, so fielen doch die Resultate verschieden aus. Natürlich sind „Russen“ im engen Sinne des Wortes kein reiner Volksstamm, wenn man aber die Fälle von Blutmischung mit Ureinwohnern ausschließt, so müßte der Begriff „Russen“ für Europäisch-Rußland und Sibirien gleich sein.

Es liegt die Möglichkeit vor, eine Einwirkung geographischer Verhältnisse auf die Verteilung verschiedener Blutgruppen in Betracht zu ziehen. Überhaupt, was ist denn die Rasse anders als das Produkt hauptsächlich geographischer Verhältnisse? Man kann Mitteilungen anderer Forscher anführen, welche gleichfalls auf eine direkte Einwirkung geographischer Verhältnisse auf die Verteilung von Blutgruppen hinweisen.

So z. B. fanden TEBBUT und CONNEL bei weißen Australiern R.-B.-I. = 3,2.

Wenn man, was kein großer Fehler wäre, die weißen Australier für Engländer, bei denen in England R.-B.-I. = 4,5 ist, und die ostwärts gewandert sind, annimmt, in welcher Richtung sich der R.-B.-I. verringert, so erhält man einen klaren Beweis für die Einwirkung geographischer Verhältnisse auf die Verteilung von Blutgruppen.

Weiter, der Index der in Afrika lebenden Neger ist (nach L. und H. HIRSCHFELD) gleich 0,80, aber bei amerikanischen Negern, d. h. bei denselben afrikanischen, welche vor einigen Jahrhunderten nach Amerika, nach Westen, gebracht wurden, fanden LEWIS und HENDERSON R.-B.-I. = 1,36.

Man könnte wohl auch andere Beispiele anführen.

Außer Russen habe ich gleichfalls Ufa-Tataren und Baschkiren untersucht. Die Resultate sind auf der Tabelle 2 angeführt.

Wenn man sich zu den Angaben der physischen Anthropologie wendet, sieht man auch dort eine große Ähnlichkeit zwischen Tataren und Baschkiren, und gleichfalls zwischen diesen beiden Volksstämmen und Russen, bei welchen in Ufa R.-B.-I. = 1,24. Dieses spricht auch für eine Einwirkung geographischer Verhältnisse auf die Verteilung von Blutgruppen. Natürlich ist eine gewisse Mischung der Bevölkerung doch von Bedeutung. Hierbei kann man die Baschkiren, die einen größeren Index (1,3) aufweisen, für früher nach Europa eingewandert und in gewissem Maße mit den dortigen Aborigenen, den Finnen, sich gemischt haben, ansehen²⁾ 3).

Summa Summarum sind von mir ungefähr 2000 Fälle untersucht worden, wobei ich keine Abweichungen oder Besonderheiten in Beziehung auf Geschlecht, Alter und Krankheit (Wa.R.) der Untersuchten bemerkte. Es heben sich bloß Rassen, richtiger geographische Besonderheiten hervor. Dieses alles zwingt, und muß

alle sich mit den bemerkenswerten Isohämagglutinationseigenschaften des Blutes Interessierenden zwingen, sich energisch mit der Untersuchung der Verteilung von Blutgruppen zwischen Völkern der ganzen Erde zu befassen, bis kein Fleck des Erdballes mehr vorhanden sein wird, wo der R.-B.-Index der dort lebenden Bevölkerung nicht festgestellt wurde. L. B. WAGNER.

Über die Giftwirkung weiblicher Bonellia-Gewebe auf das Bonellia-Männchen und andere Organismen und ihre Beziehung zur Bestimmung des Geschlechtes der Bonellienlarve berichtet F. BALTZER in den „Mitt. d. Naturforsch. Ges. in Bern“ 1924.

Es ist bekannt, daß bei Bonellia viridis, einem marinen Wurm, die im Verhältnis zu den Weibchen sehr kleinen Männchen im Uterus der Weibchen leben, also sog. Zwergmännchen darstellen. Die Differenzierung der Larven zum Männchen tritt aber nur dann ein, wenn die

¹⁾ L. WAGNER, Wratschebnoje djelo 7, Nr. 20–23. S. 1146–53. 1924.

²⁾ S. J. RUDENKO, Zap. Russ. Geogr. O., XLIII, 1. 1916.

³⁾ A. N. ABRAMOW, Russ. Antrop. J., XXVII bis XXVIII. 1908.

Larve sich an den Rüssel eines ausgewachsenen Weibchens ansetzt und einige Zeit eine festsitzende Lebensweise annimmt. Die Substanz des Rüssels, an dem die Larve saugt, muß also in irgendeiner Weise entwicklungshemmend und geschlechtsdifferenzierend auf die Larven wirken. BALTZER nahm getrocknetes Rüsselgewebe von Bonellia-Weibchen, verdünnte die Trockensubstanz stark mit Wasser und fügte dieser Lösung Kulturen von Paramaecium und anderen Süßwasserprotozoen zu. Die Wirkung war, daß die Tiere je nach der Konzentrationsstärke (die Grenze der Wirksamkeit liegt bei einer Verdünnung von 1 : 3000 bis 1 : 4000), nach längerer oder kürzerer Zeit gelähmt wurden und zugrunde gingen. Denselben Ausgang hatten Versuche mit marinen Protozoen. Dagegen war das Ergebnis bei Zusatz von Bonellia-Darmwandgewebe an Stelle des Rüsselgewebes negativ, ebenso bei Zusatz von Uteruswand. Auch Tubifex und Daphniden gingen durch Vergiftung mit Rüsselgewebesubstanz zugrunde. Bemerkens-

wert waren die Versuche mit Kaulquappen, da bei ihnen bei Fütterung mit Rüsselsubstanz bei starken Dosen der Tod, bei schwacher Dosierung aber eine geringe Entwicklungshemmung eintrat. Auch Bonellia-Männchen wurden durch Rüsselsubstanz vergiftet, das Gift wirkt also auch auf Angehörige der gleichen Art. Die Wirkung wird von einem in das Wasser diffundierenden, löslichen Stoff verursacht, sie steigt mit der Menge des grünen Pigmentes, das in dem Rüsselgewebe vorhanden ist. Ob allerdings die Giftwirkung dem Pigment selbst zuzuschreiben ist, kann nicht gesagt werden. Da die Larven, wie BALTZER schon 1914 an intravital gefärbten Weibchen zeigte, Rüsselsubstanz bei ihrer schmarotzenden Lebensweise absaugen, und da diese Tiere stets zu Männchen werden, liegt die Vermutung nahe, daß die Giftstoffe des Rüssels auf die Larven die entwicklungshemmende und geschlechtsbestimmende Wirkung zu den Zwergformen des Bonellia-Männchens hervorrufen. H. GRAUPNER.

Technische Mitteilungen.

Fortschritte der Dieselmotoren. Im Wettbewerb der neuzeitlichen Kraftmaschinen um den geringsten Verbrauch an Wärmeeinheiten für die nutzbar abgegebene Arbeitseinheit in PS- oder Kilowattstunden hält die Dieselmotorenmaschine, bei der alle mit der Dampferzeugung verbundenen Verluste der Umwandlung von chemischer Brennstoff- in Wärmeenergie entfallen, bis jetzt noch immer den Rekord, da ein Wärmeverbrauch von etwa 2500 Kal. für 1 PSh, der bei Dampfkraftanlagen selbst bei Anwendung neuester Mittel der Wärmesparnis als Ausnahme gilt, bei Dieselmotoren schon unter ganz normalen Verhältnissen erreicht werden kann.

Aber auch abgesehen vom verhältnismäßig geringen Wärmeverbrauch, haben sich den Dieselmotoren wegen ihrer fast unmittelbaren Betriebsbereitschaft und wegen ihres geringen Raumbedarfes, der sich auch auf den Raumbedarf des Brennstoffvorrates erstreckt, namentlich im Fahrzeugwesen immer zahlreichere Anwendungen erschlossen, vor allem seit es gelungen ist, die Maschine für höhere Leistungen und für höhere Drehzahlen durchzubilden. Am Ende einer Entwicklung, die sich über mehr als ein Jahrzehnt erstreckt, sehen wir den Bereich der Anwendungen, für die sich die Dieselmotoren heute eignet, dargestellt durch die Maschine von 15 000 PS Leistung, die gegenwärtig im Elektrizitätswerk der Stadt Hamburg aufgestellt wird, auf der einen Seite und durch die schnelllaufenden Fahrzeug-Dieselmotoren, deren Gewicht soweit eingeschränkt werden konnte, daß man sie als Antriebsmaschinen für Lastkraftwagen verwendet.

Zwischen diesen beiden Grenzen der Leistung und der Drehzahl ist der Dieselmotor heute für jede Leistung und jede Drehzahl die in bezug auf den Wärmeverbrauch für die Einheit der Nutzarbeit wirtschaftlichste Maschine. Dieses Ergebnis war allerdings nur nach wesentlicher Änderung des Arbeitsverfahrens und des Aufbaues der ursprünglich von RUDOLF DIESEL erprobten Maschine zu erreichen. Bei der oben erwähnten größten Maschine, die von der Firma Blohm und Voß nach den Entwürfen der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg gebaut wird und mit 9 Zylindern von 860 mm Bohrung und 1500 mm Hub nicht mehr als 94 Umdrehungen in der Minute macht, wird die hohe Leistung nur durch Anwendung eines neuen Spülverfahrens erreicht, das die Möglichkeit bietet, die Maschine im doppelwirkenden Zweitakt, ähnlich wie eine Dampfmaschine, arbeiten zu lassen. Neben der Schwierigkeit

der gesteigerten Leistung bestand hierbei das Problem hauptsächlich auch darin, zu hohe Wärmebeanspruchungen der Kolben und Zylinderdeckel zu vermeiden, weil sonst die Maschine nicht genügend betriebssicher gewesen wäre.

Der Bau einer Dieselmotorenmaschine von so großer Leistung ebnet natürlich den Weg für die Anwendung dieser Maschinenart bei den größeren Schiffen, da selbst für den Übersee-Schnellverkehr kaum mehr als 45 000 PS Gesamtleistung der Maschinenanlage erforderlich sind, die sich auf drei Schraubenwellen mit je einer Dieselmotorenmaschine dieser Art bequem verteilen lassen. Überhaupt spielt die Anwendung der Dieselmotoren im Schiffsbetrieb in der neueren Zeit eine immer größere Rolle, und in den letzten Jahren ist der Anteil an den Neubauten, die für solchen Antrieb eingerichtet werden, immer größer geworden. Nach der Weltstatistik waren im Juni 1925 im ganzen 641 Schiffe mit 1 721 378 PS Gesamtleistung im Bau, wovon nicht weniger als 284 Schiffe mit 808 264 PS Gesamtleistung solche mit Dieselmotoren waren. Neben den großen langsam laufenden Dieselmotoren, die die Schraubenwelle unmittelbar antreiben, verwendet man auch kleinere, aber schnelllaufende Maschinen, die man über ein Vorgelege mit Zahnrädern und hydraulischen Kupplungen arbeiten läßt. Solche Anlagen haben den Vorteil, daß man die Schraube beliebig langsam laufen lassen kann, was bei unmittelbarer Kupplung der Maschine mit der Schraubenwelle nicht möglich ist, weil bei zu langsamem Lauf die Zündung in den Zylindern versagt.

Eine weitere wichtige Anwendung erschließt sich der Dieselmotorenmaschine im Lokomotivbetrieb. Hier ruht allerdings das Problem nicht so sehr in der Maschine, als vielmehr in der Übertragung ihrer Leistung auf die Treibräder. Dieselmotoren für Leistungen bis zu 2000 PS, wie man sie hier braucht, auch so schnelllaufende Maschinen, daß ihre Abmessungen bei der Unterbringung im Lokomotivprofil keine Schwierigkeiten bereiten, kann man heute sehr leicht entwerfen. Dagegen ist man sich noch nicht darüber einig, ob es zweckmäßiger ist, die Übertragung der Maschinenleistung auf elektrischen oder auf mechanischem Wege vorzunehmen. Prof. LOMONOSOFF hat das Verdienst, zunächst an einer Diesellokomotive mit elektrischer Kraftübertragung, die für Rechnung der russischen Regierung bei der Maschinenfabrik Eßlingen gebaut wurde, nachgewiesen zu haben, daß eine

solche Lokomotive von 1200 PS, obgleich sie schwerer und teurer als eine Dampflokomotive von ebenso großer Leistung ist, im Gebrauch unter genau den gleichen Arbeitsverhältnissen etwa 25% Ersparnis im Brennstoffverbrauch liefert. Von den zahlreichen Vorschlägen für mechanische Kraftübertragungen bei solchen Lokomotiven ist einer, der auf einer Zahnräder-Übertragung und Anwendung von elektro-magnetischen Kupplungen beruht, gegenwärtig bei der Maschinenfabrik Hohenzollern in Düsseldorf gleichfalls für die russische Regierung in der Ausführung begriffen. Daneben hat man namentlich für Lokomotiven mit kleineren Leistungen, etwa bis zu 500 PS, auch hydraulische Getriebe wiederholt mit gutem Erfolg erprobt.

Ein besonderes Problem bei der Anwendung von Dieselmotoren, im Lokomotivbetrieb ist die Frage der vorübergehenden *Erhöhung der Leistung beim Anfahren*. Da man die Dieselmotoren bei weitem nicht in dem Maß überlasten kann, wie z. B. eine Dampfmaschine, und da man zum schnellen Anfahren sehr große Leistungen braucht, hat man vorgeschlagen, die Dieselmotoren mit einer Art von Druckluft-Übertragung zu verbinden, wobei man die üblichen Lokomotivzylinder als eigentliche Arbeitszylinder beibehalten würde. Eine solche Anordnung hätte den Vorteil, daß die mechanischen Verluste bei der Übertragung der Kraft auf die Treibräder geringer wären, als bei der Verwendung von Zahnräder- oder hydraulischen Getrieben.

Die Versuche, Dieselmotoren auch bei kleineren Fahrzeugen, vor allem bei *Kraftwagen* zu verwenden, haben die Notwendigkeit ergeben, den Schnellauf dieser Maschine zu steigern. Während man auch beim Lokomotivbetrieb noch mit Drehzahlen bis zu 500 in der Minute auskommt, macht der Kraftwagenbetrieb Drehzahlen von 1400 in der Minute erforderlich, wenn die Maschine nicht zu groß und zu schwer werden soll. Das Problem bestand hier vor allem darin, Pumpen zu entwerfen, die bei diesen Drehzahlen noch so genau arbeiten, daß man damit die außerordentlich geringen Brennstoffmengen fördern kann, die für einen einzelnen Krafthub des Zylinders gebraucht werden. Daneben kam es darauf an, die Anlage der Maschine zu vereinfachen und namentlich den Kompressor zu sparen, den man bis dahin zum Einblasen des Brennstoffes in den Maschinenzylinder gebraucht hatte.

Diese sog. *kompressorlosen Dieselmotoren*, die so entstanden sind, stellen eine ganz neue Abart der Dieselmotoren dar; ihre Arbeitsverfahren, die sich auf besonderen Forschungen über die Vorgänge bei der Verbrennung im Zylinder einer Dieselmotoren aufbauen, werden mit der Zeit bei immer größeren Dieselmotoren Anwendung finden und so den Bau dieser Maschinen auch von der Seite der Verbrennungstechnik her verbessern.

Im allgemeinen unterscheidet man heute zwei verschiedene Arbeitsverfahren für kompressorlose Dieselmotoren. Bei dem einen Verfahren erfolgt die Zerstäubung des Brennstoffes beim Einspritzen in den Zylinder lediglich durch den hohen Druck, den die Brennstoffpumpe hervorbringt, wobei durch besondere Anordnung der Düse oder durch besondere Gestaltung des Kolbens die Vermischung des beim Einspritzen entstehenden Brennstoffnebels mit der zur Verbrennung notwendigen frischen Luft begünstigt wird. Als vorteilhaft hat sich hier beispielsweise auch das Verfahren erwiesen, die Verbrennungsluft tangential in den Zylinder eintreten zu lassen, sodaß sie eine um die Achse des Zylinders kreisende Bewegung erhält und sich mit dem Brennstoff sehr schnell mischt.

Das andere Verfahren besteht darin, daß man den Brennstoff in eine dem eigentlichen Zylinder vorgelagerte Kammer einspritzt, wo ein kleiner Teil der Ladung verbrennt und infolgedessen ein hoher Druck entsteht. Unter der Wirkung dieses Druckes wird dann der unverbrannte Rest des Brennstoffes in den Arbeitszylinder getrieben und dabei zerstäubt. Es ist leicht einzusehen, daß die diesem Verfahren eigentümliche Trennung des Vorganges in die Einführung des Brennstoffes in die Kammer und in das Zerstäuben des Brennstoffes beim Austritt aus der Kammer namentlich für die störungsfreie Durchführung eines schnellen Betriebes Vorteile bieten kann. H.

Pierre Louis Guinand et sa famille. (THÉVENAZ, L., Musée Neuchâtelois 1924, [2] 11, 177–197, +. Nov.-Dez.) Die vorliegende kleine, mit muster-gültiger Sorgfalt ausgeführte Untersuchung der Familienverhältnisse des in den letzten Jahren häufiger genannten Fachmannes für optisches Glas ergibt einige Ausbeute auch für weitere Kreise. Erklärt sich doch der andauernde Unfrieden unter den Hinterbliebenen leichter, wenn man weiß, daß die auch für die Geschichte der Glas-technik zu erwähnenden Kinder aus drei verschiedenen Ehebündnissen stammten, und daß die vierte, um 35 Jahre jüngere Frau als Witwe ebenfalls aus dem Schmelzbetriebe ihren Unterhalt ziehen mußte. Die persönlichen Angaben auf S. 782 r des 12. Bandes dieser Zeitschrift lassen sich dahin ergänzen, daß OLIVIER, der zweite Sohn aus der zweiten Ehe, am 7. Nov. 1775 und PHILIBERT, das einzige Kind aus der dritten, am 12. Sept. 1787 geboren wurde.

GUINANDS Schwiegersohn LOUIS COULERU (* 1781, † 1865) hat ihm, zusammen mit seinem zweiten Sohne AIMÉ, bis zu der Auswanderung nach Bayern im Herbst 1805 beim Schmelzen geholfen, doch haben beide nach der Abreise des älteren GUINAND keine merklichen Glasgeschäfte in *les Brenets* machen können. Die Geschehnisse der GUINANDSchen Schmelzen in der ersten Zeit, also im 18. Jahrhundert und den ersten 4 Jahren des 19., bleiben immer noch ziemlich dunkel, wenngleich nach den vorliegenden gründlichen Untersuchungen (178) aus einem Bürgerbrief für *les Brenets* um 1792 hervorgeht, daß die Regierung in Berlin von seinen glastechnischen Bemühungen Kenntnis erhalten hatte. „Er sei“, heißt es in dem Erlaß, „durch seine Versuche dahin gelangt, das Glas zu verbessern und es in einer auf seine Kosten errichteten Hütte zu gießen; die Kenner schrieben seinem Glase die Eigenschaften des englischen zu.“ Ein Jahr darauf findet sich (177) in einem von einer Frau CHARRIÈRE verfaßten Buche ein allgemeiner Hinweis auf die optischen Leistungen GUINANDS. Bei dem Mangel an sicheren Angaben wird man auch für diese etwas unbestimmten Hinweise dankbar sein. Jedenfalls war der wirtschaftliche Erfolg damals nur gering, und GUINANDS Hoffnungen auf eine glänzende Entwicklung seiner optischen Werkstätte, an der er nach seiner Rückkehr von Benediktbeurn im Frühling 1814 verschiedene seiner Familienmitglieder beschäftigten wollte, haben sich zunächst (193) ebenfalls gar nicht erfüllt. Daran ist die Arbeitsunlust seines Sohnes AIMÉ und daneben wohl das törichte Auftreten des von ihm in Benediktbeurn angeworbenen Mechanikers STRAHL Schuld gewesen, der auch hier in dieser Schrift gelegentlich erwähnt wird.

Als GUINAND sich, wie man annehmen muß, mehr auf die Glaslieferungen an auswärtige Kunden beschränkte, mag es ihm wirtschaftlich besser ergangen sein, obwohl man aus den hier mitgeteilten Briefen wenig davon merkt. Von Wert ist es, daß man (187)

hört, er habe sich im Jahre 1822 neben seinem Sohn und Schwiegersohn noch von einem gewissen BERTHEZ helfen lassen, wohl demselben, der später als Glasmelzer auftritt und bis zum Jahre 1839 zu verfolgen ist. Ein wenig eingehender hört man (183/184) endlich von dem Anschluß, den sein ältester und schließlich allein erfolgreicher Sohn HENRI an die früher gänzlich vernachlässigte Glasschmelzkunst gefunden hat. Er hatte, wie aus anderen Quellen bekannt ist, zu des Vaters Gunsten auf der Pariser Gewerbeausstellung im Jahre 1823 gewirkt. Als er später in die Heimat zurückgekehrt sei, habe er (184) durch unschöne Mittel COULBERU verdrängt und sich selbst an dessen Stelle bei seinem Stiefbruder AIME gesetzt, um ihn Schmelzen ausführen zu sehen; auch habe er sich von diesem die von seinem Vater stammende Beschreibung des Verfahrens verschafft. Gewiß mag gegen den Charakter

HENRI GUINANDS manches einzuwenden gewesen sein, aber ich möchte doch nicht glauben, daß er in diesem Falle ohne zu säen geerntet hat. Ihm standen nach der Auflösung seiner Beziehungen zu BONTEMPS im Jahre 1828 elf bis zwölf schwere Jahre bevor, und, damit er 1840 endlich Erfolg haben konnte, mußte sich der Markt für optisches Glas durch die weite Aufnahme der doppelten Operngläser und durch das Verlangen nach großen photographischen Objektiven in einer Weise geändert haben, wie es 1824 niemand, auch P. L. GUINAND nicht, voraussehen konnte.

GUINANDS Witwe hat sich (183) gleich nach dem Tode des Mannes nicht weiter mit dem Glasschmelzen beschäftigen wollen, hat aber schließlich in ihrer Heimat *Chaillexon* auf französischem Gebiet, wie schon im vorigen Jahrgang dieser Zeitschrift auf S. 622 berichtet wurde, eine kleine Hütte eröffnet. M. v. ROHR.

Astronomische Mittheilungen.

Sir William Herschel Number. Trans. Opt. Soc. 1924/25, 26, 209—238, mit einem Bildnis und 12 Abb. auf besonderen Tafeln.) Das im folgenden zu behandelnde Heft erscheint einige Zeit nach dem 100. Todestage des großen Astronomen, denn FRIEDRICH WILHELM HERSCHEL war am 15. Nov. 1738 geboren und starb am 25. Aug. 1822. Die Veröffentlichung wird von einem kurzen Vorwort des Vorstandes der Greenwich Sternwarte (*Astronomer Royal*), Sir FRANK DYSON, eingeleitet, und dann erhält ein jüngerer Fachmann, W. H. STEAVENSON, das Wort zu den in der HERSCHELSchen Besetzung *Slough* befindlichen Fernrohren, Fernrohrteilen und Bearbeitungsmaschinen aus dem Nachlaß des Gefeierten.

Es handelt sich also in dieser Darstellung um FR. W. HERSCHEL als Optiker, und man wird gerade für diesen Leserkreis darauf hinweisen müssen, daß HERSCHEL seine Fernrohre, und zwar namentlich die 7- und 10-Füßer (etwa 2- und 3-m-Rohre), in großer Zahl auf Bestellung anfertigte. Die Öffnungsdurchmesser der zugehörigen Spiegel waren beziehentlich $16\frac{1}{2}$ und $22\frac{1}{4}$ cm. Wie wir hören, hat er vier vollständige Bände Arbeitsanweisungen hinterlassen, das Ergebnis 40jähriger Beschäftigung auf diesem Gebiete. Diese Niederschriften sind heute Eigentum der Königlichen Astronomischen Gesellschaft zu London, doch fehlen augenblicklich die Mittel für die Drucklegung.

Die Untersuchung beschäftigte sich natürlich zuerst mit dem seinerzeit gebührend bewunderten 40-Füßer (12-m-Rohr), dessen Spiegel einen Durchmesser von

122 cm hatten; einer davon ist noch in *Slough*, doch ist seine Politur nicht mehr gut, was nicht in Verwunderung setzt, da sie zuletzt im Jahre 1809 erneuert worden ist. Das Rohr des gewaltigen Geräts ist durch den Sturz eines Baumes zertrümmert worden, soweit der größere vordere Teil in Betracht kommt; ein Rest von 3 m Länge am Spiegellende wird noch in einem besonderen Schuppen aufbewahrt. HERSHEY hat übrigens mit diesem größten Rohr nicht so viel gearbeitet wie mit dem nächst kleineren; es diente mehr als ein Schaustück und hat ihm insofern unerwünscht viel Arbeit gemacht, als eine Menge Schaulustiger es zu sehen wünschten.

Viel häufiger gebrauchte HERSHEY, wie gesagt, seinen 20-Füßer (sein 6-m-Rohr) mit einem Spiegel von 47 $\frac{1}{2}$ cm Durchmesser. Einer dieser Spiegel ist noch in *Slough*, allerdings keiner mehr der von dem alten Meister allein angefertigt; er stammt vielmehr aus der gemeinsamen Arbeit von ihm und seinem Sohn. Daß übrigens in der Regel 2 Spiegel zu einem Rohr gehörten, hat seinen Grund darin, daß man die Politur gelegentlich erneuern mußte und dann die Untersuchungen mit dem zweiten Spiegel machte. Diese beiden großen Rohre hatten schiefgestellte Spiegel, also die unter HERSHEY'S Namen bekannte Auf-

stellung. Bei den kleineren Spiegeln hat man wohl die Abschattung durch den Kopf des Beobachters gescheut und von der Durchführung dieser Anlage abgesehen.

Aus der nunmehr folgenden Aufzählung der in *Slough* vorhandenen kleineren Spiegel — von 23 bis



Fr. W. Herschel (* 1738, † 1822) im Alter nach dem Titelbilde der Herschel-Nummer ungezeichnet. Die Vorlage dafür (aus dem Besitze von F. J. Cheshire) ist von dem Gemmenschneidemeister W. Tassie nach dem Leben in weißem Schmelz erhaben gearbeitet worden. — Links auf der Nackenhöhe das Zeichen für Uranus, links oben die Doppelsterne ϵ^1 und ϵ^2 in der Leier, alles besonders bedeutende Entdeckungen des Gelehrten.

zu $7\frac{3}{4}$ cm Durchmesser — geht hervor, und diesen Hinweis verdanke ich Herrn H. BOEGEHOLD, daß die kleineren Rohre HERSCHELS (also wohl auch die oben erwähnten, häufig abgesetzten 2- und 3-m-Rohre) ausnahmslos zwei Spiegelungen zeigten. Sie waren meistens in NEWTONscher, manche aber auch in GREGORYscher Art gebaut, während man heute für große Spiegelrohre auf Sternwarten die CASSEGRAINSche Anlage vorzieht. Als Merkwürdigkeit sei hervorgehoben, daß HERSCHEL auch Glas für seine Spiegel verwendete und gelegentlich sogar eine harte weiße Masse, hergestellt von W. TASSIE. Aus derselben Schmelzmasse ist übrigens das kleine Gemmenbild HERSCHELS, nach dem die als Titelbild dienende Aufnahme hergestellt wurde.

Von den ebenen Fangspiegeln für die NEWTONsche Anlage — ihrer 30 haben sich noch in *Slough* erhalten — sei hier nichts weiter gesagt. Die Okulare, deren sich ein halbes Hundert vorfinden, bestehen meistens aus einer einzelnen, meist gleichseitigen Sammellinse zum Teil von erstaunlich kurzer Brennweite. Das schärfste (D_{26}) hat nur 0,28 mm Brennweite und 0,58 mm Linsendurchmesser. Das sind gewiß sehr kleine Zahlen, doch sei darauf hingewiesen, daß man früher, zur Zeit der einfachen Mikroskope, noch weiter in dieser Richtung gekommen ist; wie Herr BOEGEHOLD auf S. 404 in der 3. Auflage von CZAPSKI-EPPENSTEINS Grundzügen mitteilt, hat J. M. DI TORRE 1761 Kügelchen von 0,75–0,19 mm Durchmesser beschrieben, deren Brennweiten von 0,54 bis 0,13 mm entsprechen.

Ein 7-Füßer ist in *Slough* noch einigermaßen vollständig vorhanden und hat einen Spiegel von $15\frac{3}{4}$ cm Durchmesser. Er konnte, obwohl die Flächen sehr beschlagen waren, noch an Sternen geprüft werden und lieferte recht bemerkenswert gute Bilder.

Auf diese eingehende Beschreibung folgen die Abbildungen mit vorausgeschickten Erläuterungen und dann von 221 bis 238 ein Verzeichnis von Geräten, hergestellt (und oder) benutzt von FRIEDRICH WILHELM HERSCHEL, wie sie in *Slough* erhalten sind und dort im Mai und Juni 1924 untersucht wurden. Von W. H. STEAVENSON. Es wird hier genügen, den Inhalt der einzelnen Abschnitte anzugeben.

Verschiedene große Geräte	S. 222
Kleinere Spiegel	„ 224
Elliptisch begrenzte ebene Fangspiegel	„ 231
Fanghohlspiegel für GREGORYsche Rohre	„ 232
Okulare in Messingfassung	„ 233
Okulare in Holzfassung	„ 234
Mikrometer in Holz- und Messingfassungen	„ 235
Vorkehrungen verschiedener Art	„ 237

M. v. ROHR.

Die Genauigkeit spektroskopisch bestimmter Parallaxen. Die schnellen Fortschritte, die wir in den letzten 10–15 Jahren auf dem Gebiete der Parallaxenforschung verzeichnen können, sind in der Hauptsache durch die Anwendung indirekter Methoden zur Ermittlung der Entfernung der Fixsterne ermöglicht worden. Unter diesen indirekten Methoden steht an erster Stelle die spektroskopische, welche aus dem gegenseitigen Intensitätsverhältnis bestimmter Spektrallinien bei Sternen der Spektraltypen *F* bis *M* die absolute Helligkeit der Sterne ermittelt und durch Vergleich dieser mit der beobachteten scheinbaren Helligkeit zur Kenntnis der Entfernung der Sterne unter der Voraussetzung führt, daß keine Absorption des Lichtes auf seinem Wege zum

Beobachter stattfindet. Nach dieser Methode sind vor allem von den Sternwarten auf dem Mt. Wilson und in Victoria, British Columbia, die Parallaxen einer sehr großen Zahl von Sternen bestimmt worden.

Eine Untersuchung über die Genauigkeit, mit welcher nach dieser spektroskopischen Methode die absoluten Helligkeiten und damit die Parallaxen bestimmt werden können, führt G. SHAJN im *Astrophys. Journ.* 62, 104 aus. Er geht bei seiner Arbeit von der einfachen Tatsache aus, daß bei physischen Doppelsternen die Unterschiede der absoluten Helligkeit ΔM der beiden Komponenten gleich ist ihrer scheinbaren Helligkeitsdifferenz Δm , daß also $\Delta M - \Delta m = 0$ ist. Dieses Kriterium untersucht er bei den Doppelsternen, welche in der Liste der 1646 von ADAMS und seinen Mitarbeitern auf dem Mt. Wilson spektroskopisch bestimmten Parallaxen enthalten sind. In diesem Verzeichnis sind 55 Doppelsterne vorhanden, bei welchen die absoluten Helligkeiten beider Komponenten getrennt bestimmt worden sind. Für diese 55 Paare wird das Mittel der Differenzen $\Delta M - \Delta m = 0^m,48$ und unter Ausschluß von 3 Sternen, für welche diese Differenz etwa 2^m beträgt, verringert sich der Mittelwert auf $0^m,38$. Nach den Angaben von ADAMS ist der Fehler einer auf spektroskopischem Wege erhaltenen absoluten Helligkeit $\pm 0^m,40$, so daß der aus den Doppelsternen gefundene Wert der Unsicherheit einer solchen Bestimmung in vorzüglicher Übereinstimmung mit dem zu erwartenden steht. Die spektroskopische Methode liefert hier nach für den Durchschnitt der Sterne der Spektraltypen *F* bis *M* in der Tat das, was sie verspricht, nämlich eine Bestimmung der Parallaxe bis auf 20% ihres Wertes.

Zu weit ungünstigeren Ergebnissen gelangt SHAJN für die Sterne der frühen Spektraltypen *A* und *B*. Bei ihnen bestimmen ADAMS und seine Mitarbeiter die absoluten Helligkeiten nicht aus dem Intensitätsverhältnis ausgewählter Spektrallinien, sondern aus der genauen spektralen Unterklasse und dem Charakter der Linien, ob diese breit oder scharf sind. Für 139 Doppelsterne der Spektraltypen *A* und *B* sind die genauen Spektraltypen beider Komponenten bekannt, und mit Hilfe der von ADAMS gegebenen Reduktionskurven bestimmt SHAJN ihre absoluten Helligkeiten. Das Mittel der 139 Differenzen der so ermittelten absoluten und scheinbaren Helligkeiten wird $\Delta M - \Delta m = 1^m,24$, oder mit Ausschluß von 25 Paaren, bei welchen der Spektraltyp der schwächeren Komponente *F* 2 — *F* 5 ist, $1^m,08$. Die Genauigkeit der nach ADAMS' Methode bestimmten absoluten Helligkeiten von *A*- und *B*-Sternen ist hier nach also weit geringer als für die späteren Spektraltypen *F* bis *M*. Während für diese der Fehler einer Parallaxenbestimmung, wie erwähnt, auf 20% zu veranschlagen ist, steigt er bei den *A*- und *B*-Sternen auf 56–77%. Bei 43 Paaren von den untersuchten 139 ist $\Delta M - \Delta m$ sogar größer als $1^m,5$, so daß der Fehler der Parallaxe 100% übersteigt.

Nach diesem Ergebnis der Untersuchung von Doppelsternen zu schließen, beträgt die Genauigkeit der spektroskopischen Parallaxenbestimmung von Sternen der frühen Spektraltypen *A* und *B* nach der Methode von ADAMS etwa nur ein Drittel derjenigen, die bei späteren Typen zu erreichen ist, und für jeden dritten dieser Sterne liefert diese Methode die Entfernung mit einem Fehler von etwa 100%.

OTTO KOHL.

Aberration und Relativitätstheorie¹⁾.

Von R. EMDEN, München.

Das Aberrationsproblem, das nach verschiedenen, vergeblichen Ansätzen durch die spezielle Relativitätstheorie, und nur von der speziellen Theorie werde ich in meinen Ausführungen Gebrauch machen, erledigt erschien, und wie sich zeigen wird, auch tatsächlich restlos gelöst ist, wird in neuerer Zeit von Gegnern der Theorie gerade als Experimentum crucis gegen sie ins Feld geführt. Sie argumentieren so: Die Relativitätstheorie kennt keine absolute Bewegung; die Aberration kann also nur abhängen von der Relativbewegung Erde—Stern. Wird ein Doppelstern beobachtet, und liegt die Erde angenähert in der Bahnebene, so besitzen dessen Komponenten C_1 und C_2 verschiedene Relativgeschwindigkeiten gegen die Erde, welche verschiedene Aberrationen zur Folge haben müssen. Sie müssen (Fig. 1) also in einer Winkeldistanz gesehen werden, die gerade dann ein Maximum ist, wenn sie nach der DOPPLERSchen Linienverschiebung mit der Erde in gerader Linie liegen. Da eine Winkeltrennung der Komponenten als Aberrationseffekt mit den Beobachtungen in Widerspruch steht, kann die in Betracht kommende Bewegung keine Relativbewegung sein, sondern muß „absoluten“ Charakter besitzen. Die Relativitätstheorie ist somit erledigt.

Diese Beweisführung, scheinbar von echtem Geist der Relativitätstheorie erfüllt, wirkt überzeugend. Allein ich fügte das Wort scheinbar bei; denn tatsächlich widerspricht sie gerade dem Ausgangspunkte der speziellen Relativitätstheorie: „Zwischen signalisierender Lichtquelle und Beobachter gibt es niemals Relativbewegung.“ Die Beziehung zwischen beiden hat stets „absoluten“ Charakter, nämlich den der „Ruhe“. Die Signalggeschwindigkeit ist eine Invariante, deren numerischer Wert durch keine Relativbewegung geändert werden kann, und die übliche Vorstellung von Relativbewegung wird hier ebenso hinfällig, wie sie es in der herkömmlichen Mechanik werden würde, falls eine der Komponenten unendlich wäre.

Diese Tücke der Problemstellung ist selbst einem gründlichen Kenner der Relativitätstheorie²⁾ unbequem geworden, denn H. THIRING sieht sich nicht nur veranlaßt, zum schwereren Rüstzeug der allgemeinen Relativitätstheorie zurückzugrei-

fen, sondern überflüssigerweise den Begriff der „Latenzzeit“, die Aberrationszeit der Astronomen, herbeizuziehen, die Zeit, die das Licht braucht, um die Strecke Stern—Erde zurückzulegen. Sie hat zur Folge, daß außer durch die Aberratio fixarum, bestimmt durch das Verhältnis Erdgeschwindigkeit zu Lichtgeschwindigkeit, die hier allein in Betracht kommt, die leuchtenden Objekte durch eine Aberratio planetarum eine weitere Verschiebung erfahren, so daß das Bild des gestirnten Himmels einer Vergangenheit und jeder Teil desselben einer anderen Vergangenheit angehört. Nichtsdestoweniger dienen die Fixsterne zur Festlegung astronomischer Koordinaten, und kommt die Aberratio planetarum lediglich zur Festlegung der Orte von Planeten, Kometen usw. in Betracht. THIRING benutzt sie auch, um die Wegstrecke abzugrenzen, welche die Erde in ihrem Ablaufe zurücklegt. Allein diese Zeit kann hier unmöglich in Betracht kommen; denn die Frage der Aberration fixarum, und um diese handelt es sich hier allein, lautet so:

Wie wird die Richtung des einfallenden Strahles durch die momentane Bewegung der Erde und die Bewegung (nicht den Ort) des Sternes zur Zeit der Aussendung des Strahles beeinflusst?

Die spezielle Relativitätstheorie gibt daraufhin klipp und klar die Antwort

Gar nicht.

Wie trotzdem durch die spezielle Relativitätstheorie das Aberrationsproblem qualitativ und quantitativ vollständig erledigt werden kann, möchte ich nun darlegen.

Die Entdeckung der Aberration ereignete sich auf der Suche einer anderen, auf dem eingeschlagenen Wege nicht feststellbaren Erscheinung. Im Jahre 1725 begann ein englischer Liebhaberastronom, S. MOLYNEUX, auf seiner Privatsternwarte zu Kew eine Reihe von Beobachtungen an Zenithsternen, speziell an γ Draconis, um die so lange vergeblich gesuchte jährliche Parallaxe dieser Gestirne zu ermitteln. An diesen Untersuchungen beteiligte sich weiterhin auch J. BRADLEY. Sie fanden eine kleine, scheinbare Verschiebung, erkannten aber, daß diese nicht durch Parallaxe gedeutet werden konnte; denn sie erfolgte in Richtung

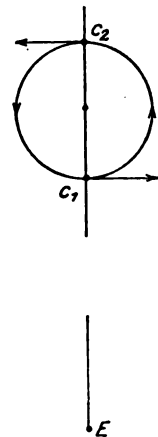


Fig. 1. Relativbewegung der Doppelsternkomponenten gegen die Erde.

¹⁾ Nach einem Vortrage, gehalten im physikalischen Kolloquium.

²⁾ H. THIRING, Relativität und Aberration. Naturwissenschaften 1925, H. 21, S. 443. Ich sehe selbstverständlich davon ab, die gesamte vorliegende, oft ziemlich verworrene Diskussion hier kritisch zu behandeln; an Hand der vorliegenden, prinzipiell Klarheit anstrebbenden Darstellung können vorhandene Differenzpunkte leicht aufgedeckt und beseitigt werden.

der Erdbewegung, nicht dieser entgegen; die maximalen Ausschläge in Deklination erfolgten im Frühjahr und Herbst, nicht im Sommer und Winter. Im Jahre 1729 nahm BRADLEY diese Beobachtungen mit neuem Instrumentarium in Wanstead wieder auf und gelangte zu einigen empirischen Regeln, durch welche die beobachteten Veränderungen in Deklination dargestellt werden konnten. (Beobachtet wurde nur in Deklination, zu Beobachtungen in Rektaszension reichte vermutlich die Genauigkeit der damaligen Uhren nicht aus.) Für die Aberrationskonstante selbst wurde der sehr gute Wert $\frac{1}{100}$ Grad ermittelt = $19''$. Trotzdem der Begriff der Relativbewegung den Astronomen durch das Kopernikanische System geläufig und die Lichtgeschwindigkeit gemessen war, dauerte es bis zum Herbst 1728 (MOLYNEUX starb im Frühling dieses Jahres), ehe BRADLEY, wie erzählt wird durch Zufall, zu seiner Erklärung der Aberration gelangte, die, im Jahre 1729 veröffentlicht, in ihrer für die damalige Zeit zwingenden Beweiskraft allgemeine Zustimmung fand. Sie lautet in modernerer Ausdrucksweise: Ist (Fig. 2) die Lichtgeschwindigkeit durch den Vektor $c = SA$, die Erdgeschwindigkeit durch den Vektor $v = AB$

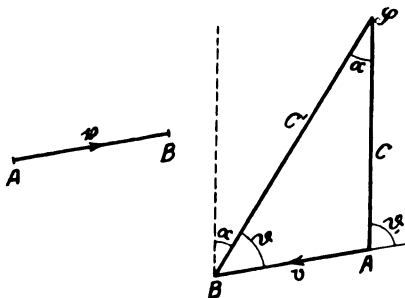


Fig. 2. Aberration als Folge der Relativbewegung Erde—Stern.

gegeben, so ergibt sich dem irdischen Beobachter die beobachtete Lichtgeschwindigkeit durch den Vektor $c' = SB$. Er sieht den Stern in Richtung BS gegen die Richtung AS um den Aberrationswinkel α in Richtung der Erdbewegung verschoben, und es ergibt sich

$$(1) \quad \sin \alpha = \frac{v}{c} \sin \vartheta$$

mit dem Maximalwerte

$$\sin \alpha_{\max} = \frac{v}{c}$$

für $\vartheta = 90^\circ$, in welchem Falle die Geschwindigkeit des ankommenden Lichtes zu

$$c' = c \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

gemessen wird. Bei einem Verhältnis $\frac{v}{c} = \frac{1}{10\,000}$ kann $\sin \alpha$ durch α und ϑ durch ϑ_1 ersetzt werden. Oder der Undulationstheorie angepaßt: Tritt das Licht in Richtung SA in das Objektiv S eines Fernrohres ein, so braucht es, um zum Fadenkreuze A

zu gelangen, eine Zeit $\frac{SA}{c}$, während welcher sich dieses durch Erdbewegung um die Strecke $v \cdot \frac{SA}{c}$ verschoben hat. Soll das Fadenkreuz getroffen werden, so muß das Fernrohr in Richtung BS eingestellt werden, wodurch der Stern durch einen Winkel α von angegebenem Betrage in Richtung Erdbewegung verschoben erscheint.

Die Sterne beschreiben so im Laufe eines Jahres Ellipsen (im Pole der Ekliptik Kreise), deren halbe großen, verschieden gerichtete Achsen von gleichem Öffnungswinkel $\alpha_{\max} = \frac{v}{c}$ sind. Als Normalwert dieser „Aberrationskonstanten“ ist der Wert $\frac{v}{c} = 20,47''$ festgelegt; damit wird $\frac{v}{c} = \frac{1}{10\,076,5}$. Setzt man v rund gleich 30 km/sek., so wird $\frac{v}{c} = \frac{1}{10\,000} = 20,6''$.

Es kann deshalb keinem Zweifel unterliegen, daß die Aberration quantitativ so richtig wiedergegeben wird. Allein einer strengen Behandlungsweise auf Grund der elektromagnetischen Lichttheorie stellen sich bekanntlich außerordentliche Hindernisse entgegen, die hier nicht zu erörtern sind. Doch sollen zur Klärung der Verhältnisse zwei weitere Schwierigkeiten hervorgehoben werden.

Im Jahre 1742 machte R. G. BOSCOVICH den Vorschlag, zur Prüfung der BRADLEYSchen Theorie Aberrationsmessungen mit einem Wasser gefüllten Fernrohre auszuführen. Vollständige Wasserfüllung vergrößert die Zeit, welche das Licht zum Durchlaufen des Fernrohres braucht, um rund $\frac{1}{3}$, die daraus resultierende Vergrößerung der Aberrationskonstanten um $\frac{1}{3} \cdot 20''$, kann der Beobachtung nicht entgehen. Nach widersprechenden Versuchen von RESPIGHI und KLINKERFUES (letzterer mit positivem Ergebnisse benutzte eine Wasserschicht von nur 3 Zoll Dicke), führte AIRY in Greenwich in den Jahren 1871 und 1872 im Frühjahr und Herbst, den Zeiten maximaler Aberration in Deklination, entscheidende Messungsreihen aus. Die Länge der Wassersäule betrug 30 Zoll. Als überraschendes Resultat ergab sich *keine* Änderung der Aberrationskonstanten. Nun hatte FIZEAU bei seinen bekannten Untersuchungen über die Lichtgeschwindigkeit in strömendem Wasser gezeigt, daß man den Beobachtungen gerecht werden kann durch die Annahme, es werde dem die Lichtwellen tragenden Äther durch das mit der Geschwindigkeit v strömende Wasser eine Geschwindigkeit $u = v \left(1 - \frac{1}{n^2}\right)$ n der Brechungsexponent, mitgeteilt. Überträgt man diese Annahme sinngemäß auf die mit Erdschwindigkeit bewegte Wasserfüllung des Fernrohres, so ergibt sich die beobachtete Unveränderlichkeit der Aberrationskonstanten¹⁾. Allein trotzdem FIZEAU versuchte diesen

¹⁾ Siehe z. B. O. D. CHWOLSON, Lehrbuch der Experimentalphysik Bd. II, S. 259. 1904.

Mitführungskoeffizienten theoretisch zu begründen, kann ihm doch nur der Charakter einer rein empirischen Regel zukommen; denn für jede Wellenlänge und in Krystallen für den ordentlichen und den außerordentlichen Stahl ergeben sich verschiedene Koeffizienten. Die Äthertheorie versagt hier vollkommen; um so wertvoller ist das Ergebnis der speziellen Relativitätstheorie, daß sie in diese Verhältnisse vollkommene Klarheit gebracht hat.

Unbefriedigend in dem Ausdruck 1. ist auch die Interpretation, die der Geschwindigkeit v gegeben wird. Sinngemäß soll sie die Geschwindigkeit der Erde relativ zum Äther messen. Nun bewegt sich aber die Sonne mit einer Geschwindigkeit gleicher Größenordnung durch das Fixsternsystem hindurch, das sich selbst wieder mit gänzlich unbekannter Geschwindigkeit durch den Äther hindurch bewegt. Wenn wir die Erdgeschwindigkeit um die Sonne mit v_s bezeichnen und die Summe der Geschwindigkeiten von Sonnen- und Fixsternsystem zu einem Vektor zusammenfassen, dessen Projektion auf die Ekliptik durch v_s dargestellt wird, so trägt in einem gewissen Momente die Aberration

$$\sin \alpha_1 = \frac{v_s + v_e}{c} \sin \vartheta$$

und $1/2$ Jahr später

$$\sin \alpha_2 = \frac{v_s - v_e}{c} \sin \vartheta.$$

Werden Glieder mit $\frac{v^2}{c^2}$ vernachlässigt, so folgt für die halbe große Achse der Aberrationsellipse

$$\frac{\alpha_1 - \alpha_2}{2} = \frac{v_e}{c} \sin \vartheta.$$

Trotz der gänzlich veränderten Bedeutung von v ergibt sich also wieder dieselbe Aberrationskonstante, daneben aber ist der Mittelpunkt der Aberrationsellipse eines jeden außerhalb unseres Fixsternsystems liegenden Objektes, um den selbstverständlich nicht meßbaren Betrag

$$\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} = \frac{v_s}{c}$$

verschoben, wobei für unsere Fixsterne v_s für die Sonne allein zu bilden ist (säkulare Aberration). Diese Unsicherheit in der Bedeutung des v wird durch die spezielle Relativitätstheorie vollständig beseitigt; wie das ursprünglich in gleichem Sinne gebrauchte v der bekannten LORENTZschen Transformationsformeln wird es auch hier gedeutet als die exakt meßbare Relativgeschwindigkeit zweier Systeme.

Würde die Erde, statt in ihrer Bahn um die Sonne, geradlinig mit konstanter Geschwindigkeit sich bewegen, so würde auch nach der Äthertheorie niemals eine Aberration beobachtet werden können. Ein spekulativer Kopf könnte wohl eine Aberration theoretisch konstruieren und den Betrag für jede Geschwindigkeit v berechnen, allein die Prüfung seiner Theorie würde sich jeder Beobachtung entziehen. Erst die Kreisbewegung der Erde schafft eine Flächennormale, eine feste Richtung,

gegen welche die Aberration, infolge ihrer Richtungsänderung gemessen werden kann. Nur eine mechanisch, nicht optisch gegebene Standardrichtung ermöglicht eine Messung der Aberration.

Diese und andere Schwierigkeiten, die stets wiederkehren, wenn es sich um die Elektrodynamik bewegter Systeme handelt, werden durch die Relativitätstheorie vollständig beseitigt. Dies klarzulegen haben wir an ihre eigentlichen Grundlagen zu erinnern.

Bis zur Aufstellung der Theorie durch EINSTEIN konnte bekanntlich das Gebiet der Physik in zwei sich verschieden verhaltende Teile gespalten werden; in die Physik der ponderablen Materie, kurz Mechanik genannt, und die Physik des Äthers. Die Mechanik ist durch eine Eigentümlichkeit ausgezeichnet, so daß ich sie hier im engen Kreise als Speisewagenmechanik charakterisieren möchte. Im Wagen, der mit nach Größe und Richtung unveränderter Geschwindigkeit rollt, kann ich mein Glas ebensovoll gießen, könnte ich ebensovoll Billard spielen, wie bei Stillstand. In unendlich vielen Wagen, deren Geschwindigkeitsvektoren konstant, aber sonst beliebig sind, spielen sich alle mechanischen Vorgänge qualitativ und quantitativ auf gleiche Weise ab. Alle Wagen sind gleichberechtigt, und der Insasse eines jeden Wagens ist berechtigt, den seinen in Ruhe befindlich anzunehmen. Die Geschwindigkeit eines Inertialsystems ist überhaupt keine Geschwindigkeit; auf die Schwierigkeit der Definition eines Inertialsystems braucht hier nicht eingegangen zu werden. Was sich in jedem Wagen aber auf gleiche Weise abspielt, wird von den Insassen anderer Wagen anders gesehen; ein Stein der geradlinig fällt, wird für jeden anderen Wagen eine andere Parabel beschreiben. Diese Beziehung von einem Wagen zum anderen wird durch die GALILEISchen Transformationsformeln geregelt. Der Ausdehnung dieser so befriedigenden Verhältnisse auf das andere Teilgebiet der Physik schiebt der hypothetische Äther einen Riegel vor. Es gibt ein System, ausgezeichnet dadurch, daß es im Äther ruht und die Versuchsergebnisse in Laboratorien auf anderen Systemen konstanten Geschwindigkeitsvektors sind abhängig von dessen numerischen Betrag in bezug auf das ausgezeichnete System. Diese Relativgeschwindigkeit zu dem ruhenden, die Lichtwellen tragenden Äther sollte durch den MICHELSONschen Versuch festgestellt werden, der kurz so skizziert werden kann. In dem Kreuzungspunkt L zweier rechtwinklig zueinander gestellter Arme LA und LB (Fig. 3) gleicher Länge, die an ihren Enden Spiegel A und B tragen, flammt ein Lichtsignal auf. (Ich spreche im folgenden stets von der Signalgeschwindigkeit c , der Geschwindigkeit, mit welcher sich

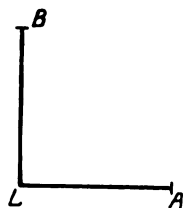


Fig. 3. Schema des MICHELSON-Versuches.

eine Störung fortpflanzt; nur diese, nicht die Phasengeschwindigkeit, die $\approx c$ sein kann, ist invariant.) Es werden die Zeiten gemessen, innerhalb welchen es nach Reflexionen in A und B wieder in L eintrifft. Liegt der Geschwindigkeitsvektor der Erdbewegung unsymmetrisch zu LA und LB , so müssen diese Zeiten ungleich sein. Der Versuch ergab das entgegengesetzte Resultat, nämlich Gleichheit. Um Erklärungsversuche, welche in Erinnerung an ältere Emmissionstheorien die Lichtausbreitung durch den Bewegungszustand der Lichtquelle beeinflusst annehmen, auszuschließen stellte EINSTEIN das Prinzip von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit auf: „Jeder Lichtstrahl bewegt sich im ‚ruhenden‘ Koordinatensystem mit der bestimmten Geschwindigkeit c unabhängig davon, ob dieser Lichtstrahl von einem ruhenden oder bewegten Körper emittiert ist.“ Oder kürzer gefaßt (PAULI): „Die Lichtgeschwindigkeit ist unabhängig vom Bewegungszustand der Lichtquelle“; wobei man sich allerdings erinnern muß, daß zur Fixierung des Bewegungszustandes nicht der Äther, sondern ein ruhend gedachtes System anzusetzen ist. (Diese „Konstanz“ der Lichtgeschwindigkeit wird vielfach verwechselt mit der Gleichheit des Zahlwertes c von allen Inertialsystemen aus gemessen; die Konstanz besteht auch in der allgemeinen Relativitätstheorie.) Diese Konstanz der Lichtgeschwindigkeit ist von den Astronomen stets stillschweigend vorausgesetzt worden; daß sie aus Beobachtungen an Doppelsternen mit Notwendigkeit gefolgert werden kann, ist von DE SITTER klargelegt worden. Und die Wiederholung des MICHELSON-Versuches durch R. TOMASCHEK unter Benützung von Fixsternlicht mit gleichem Ergebnis führt zu gleichem Schlusse, der, wenn auch nicht seine theoretische Begründung, von jedem Relativisten mit heller Freude begrüßt werden wird. An Stelle dieses Prinzipes, eines Restes Äthertheorie, kann wohl eine experimentell gesicherte Tatsache gesetzt werden. Die Hypothese von LORENTZ, eine wirkliche, durch physikalische Kräfte hervorgerufene Kontraktion der durch den Äther bewegten Materie anzunehmen, ist von ihrem Begründer fallen gelassen worden. Ein anderer Ausweg, den Äther in der Umgebung der Erde an deren Bewegung vollständig teilnehmen zu lassen, erweist sich, abgesehen von den FIZEAUSCHEN Mitführungsversuchen, es sei nur an die diesbezüglichen Arbeiten von STOKES erinnert, ungangbar; und ein anderer Vorschlag, den herkömmlichen Äther, den „kranken Mann“ der Physik als heimgegangen zu betrachten und an dessen Stelle erblich belastete Abkömmlinge einzuführen, dürfte nur ganz vereinzelt Beifall gefunden haben. Die weitaus überwiegende Mehrzahl der Physiker hat sich deshalb dem Vorgehen EINSTEINS angeschlossen, den Äther als Träger der Lichtbewegung überhaupt fallen zu lassen. Dies ist eine Annahme von ungeheurer Tragweite; denn nun gibt es auch in der bisherigen Ätherphysik kein ausgezeichnetes Be-

zugssystem mehr; alle Inertialsysteme werden gleichberechtigt und, was ich für die Mechanik als charakteristisch hervorgehoben habe, gilt nun für das gesamte Gebiet der Physik: Ein jeder Versuch aus einem beliebigen Gebiete der Physik, der in einem beliebigen der unendlich vielen möglichen Inertialsystemen angestellt wird, führt zu gleichem qualitativen und quantitativen Resultate. Dies der kurze, schwerwiegende Satz, dessen Ausarbeitung den Inhalt der speziellen Relativitätstheorie bildet. Der Versuch, der in einem System genau so verläuft, wie in jedem anderen, wird aber, wie schon speziell für die Mechanik erwähnt, von jedem anderen System aus anders wahrgenommen. Diese Beziehung zwischen den Systemen wird nun aber nicht mehr durch die GALILEISCHEN, sondern durch die LORENTZSCHEN Transformationsformeln bestimmt. Doch ist zu betonen, daß ihr v nicht mehr die unbestimmte Geschwindigkeit gegen einen Äther, sondern die exakt gegebene Relativgeschwindigkeit der beiden in Betracht kommenden Systeme gegeneinander bedeutet. Daß damit freilich eine vollkommene Änderung unserer überlieferten Zeit- und Raumauffassung verbunden sein muß, braucht hier nicht näher erläutert zu werden.

Um diesen Grundsatz der speziellen Relativitätstheorie auf das Aberrationsproblem anzuwenden, denken wir uns z. B. beliebig viele Inertialsysteme verschiedener und verschieden gerichteter Geschwindigkeit mit gleichen Instrumentarium (Fig. 3), zur Anstellung des MICHELSON-Versuches ausgerüstet, doch sollen deren Geschwindigkeiten so reguliert sein, daß die Kreuzungspunkte L ihrer Arme in einem gewissen Zeitmomente zusammenfallen. In diesem Augenblicke flamme in diesem gemeinsamen Durchkreuzungspunkte L ein Lichtsignal auf. Alle Systeme sind gleichberechtigt, und in allen muß folglich der Versuch mit gleichem negativen Ergebnisse verlaufen. Und, und dies ist der springende Punkt, jeder Beobachter in diesen gleichberechtigten Systemen ist berechtigt, die signalisierende Lichtquelle in seinem System „ruhend“ anzunehmen. Auch andere, leicht konstruierbare Gedankenexperimente führen zu dem Schlusse, daß der Ausgangspunkt eines und desselben Lichtsignales für die Beobachter in allen Inertialsystemen ruht. Die LORENTZ-EINSTEINSCHEN Transformationsformeln sind ja nur die mathematische Fassung der Tatsache, daß ein Lichtsignal, das am Kreuzungspunkte zweier Inertialsysteme abgeht, sich in jedem der beiden als Kugelwelle ausbreitet. *Zwischen Signalquelle und Beobachter gibt es keine Relativbewegung.* Und damit ist das Aberrationsproblem vom Standpunkte der speziellen Relativitätstheorie aus erledigt. *Ein Stern, der ein Lichtsignal abgibt, ruht für die Beobachter auf allen Weltkörpern, die durch konstanten Geschwindigkeitsvektor ausgezeichnet sind.* Würde die Erde keine Bahn um die Sonne, sondern eine Inertialbahn zurücklegen, so wäre für einen irdischen Beobachter sein System allen von den

Sternen ausgehenden Lichtsignalen gegenüber ein Ruhesystem. Also folgt: *Nach der speziellen Relativitätstheorie gibt es keine Aberration*, und die Lichtsignale durchlaufen ein Fernrohr stets längs dessen Achse und nicht auf einer Bahn, die sich aus Licht- und Erdgeschwindigkeit zusammensetzt; die Wasserfüllung ändert wohl die Brennweite, nicht aber den Neigungswinkel. Ich habe oben bereits bemerkt, daß auf einer Erde konstanten Geschwindigkeitsvektors auch nach der Äthertheorie keine Aberration auftreten würde. Aber die Verhältnisse in beiden Fällen sind gänzlich verschieden; dort ist die Aberration lediglich nicht beobachtbar, existiert aber tatsächlich in einem Betrage, der für jedes v angegeben werden kann, hier hingegen ist ihr Begriff an sich hinfällig.

Die Aberration kann also nur bewirkt werden durch die Umlaufbewegung der Erde um die Sonne; trotzdem ist es möglich, ihren Betrag auf Grundlage der *speziellen* Relativitätstheorie zu berechnen, wie auch in der Mechanik die Erdbahn vielfach als geradlinig angenommen werden kann. Gegeben seien 2 Systeme K und K' mit der Relativgeschwindigkeit v . In K , dem „Ruhesystem“, laufen 2 Lichtsignale in Richtungen ϑ_1 und ϑ_2 gegen v , mit v in einer Ebene liegend und unter sich den Winkel ω einschließend. Dem Beobachter in K' erscheint die Geschwindigkeit invariant, die Richtungen aber geändert, so daß sie den Winkel ω' einschließen, bestimmt durch die Beziehung

$$\sin^2 \frac{\omega}{2} = \frac{\left(1 - \frac{v}{c} \cos \vartheta_1\right) \left(1 - \frac{v}{c} \cos \vartheta_2\right)}{1 - \frac{v^2}{c^2}} \sin^2 \frac{\omega'}{2}$$

Liegt ϑ_2 in Richtung v , so wird die Richtung $\vartheta_1 = \vartheta$ von K' aus gemessen unter einem Winkel ϑ' , der unter Vernachlässigung von Gliedern $\frac{v^2}{c^2}$ durch die Beziehung

$$2 \sin\left(\frac{\vartheta' - \vartheta}{2}\right) = \vartheta' - \vartheta = \frac{v}{c} \sin \vartheta$$

bestimmt ist. Das Ruhesystem legen wir in die Sonne, das Beobachtersystem in die Erde, die sich in einem bestimmten Zeitmoment geradlinig mit der Geschwindigkeit v bewegt (Fig. 4 a). Ein Lichtsignal, von einem Stern ausgehend, laufe in K unter einem Winkel ϑ ; er wird von der Erde aus gemessen unter einem Winkel ϑ'

$$\vartheta' - \vartheta = \frac{v}{c} \sin \vartheta$$

Somit ergibt sich $\vartheta' > \vartheta$; da aber das Licht von unten einfällt, muß das Fernrohrobjektiv in Richtung v vorgerückt sein. Diese Beziehung kann selbstverständlich nicht nachgeprüft werden. Allein $\frac{1}{2}$ Jahr später hat die Erde ihre Geschwindigkeit v umgekehrt, die Richtung ϑ (Fig. 4 b) auf der Sonne ist unverändert geblieben, wird aber von der Erde aus unter einem Winkel

$$\vartheta'' - \vartheta = \frac{v}{c} \sin \vartheta$$

gemessen. Die unverändert gebliebene Richtung ϑ wird somit von der Erde aus im Intervall $\frac{1}{2}$ Jahr unter Winkeln gemessen, deren Differenz

$$\vartheta' - \vartheta'' = \frac{2v}{c} \sin \vartheta.$$

Oder einfacher: Das Ruhesystem K bilde die Erde, das Beobachtersystem K' ebenfalls die Erde, aber $\frac{1}{2}$ Jahr später; als Relativgeschwindigkeit ist $2v$ anzusetzen und die Fixsternrichtung ϑ in K wird $\frac{1}{2}$ Jahr später in K' zu ϑ'

$$\vartheta' - \vartheta = \frac{2v}{c} \sin \vartheta$$

gemessen.

Somit ergibt sich auf Grund der speziellen Relativitätstheorie eine Aberrationskonstante $= \frac{v}{c}$, in Richtung und Größe bis auf Glieder höherer Ordnung mit den Beobachtungen übereinstimmend. Die Aberration kommt aber nicht zustande durch die Relativbewegung der Erde gegen die Sterne, sondern durch die Relativbewegung der Erde gegen sich selbst. Um die Umlaufbewegung der Erde und die damit verbundene Richtungsumkehr von v zu behandeln, muß selbstverständlich auf die allgemeine Relativitätstheorie zurückgegriffen werden; allein der große Krümmungsradius der Bahn gestattet, in jedem Momente die Formeln der spezielleren Theorie anzusetzen. Daß die Relativbewegung Erde—Stern für das Aberrationsproblem ohne jede Bedeutung

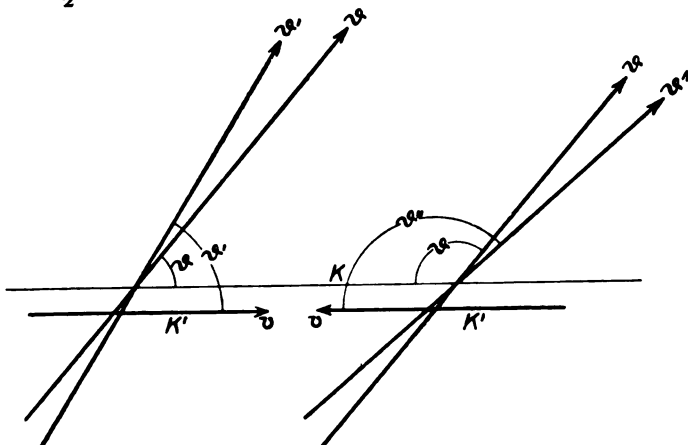


Fig. 4 a. Zustandekommen der Aberration nach der speziellen Relativitätstheorie.

Fig. 4 b.

ist, geht aufs anschaulichste aus einem von THIRING gegebenen Beispiele hervor. Durchläuft die Komponente eines Doppelsternes eine der Erdbahn kongruente, in derselben Ebene liegende Bahn synchron mit der Erde, so fehlt zwischen ihr und der Erde Relativbewegung vollständig, trotzdem ergibt sich nach unseren Ausführungen dem irdischen Beobachter für die Komponente (und dem Beobach-

ter auf der Komponente für die Erde) eine Aberrationskonstante $\frac{v}{c} = 20,47''$.

In seiner eingangs erwähnten Arbeit geht THIRING, unnötigerweise die allgemeine Theorie benützend und so auf eine Berechnung der Aberrationskonstanten verzichtend, aus von einer Gegenüberstellung der Bewegung der Erde und der Komponente eines Doppelsternes. Diese gestaltet sich nach meiner Auffassung vielmehr so: Die Erde läuft um die Sonne mit der Geschwindigkeit v , der Begleiter um den Hauptstern in hinreichend gestreckter Bahn mit der Geschwindigkeit $p \cdot v$. Dann ergibt sich für den irdischen Beobachter für beide Komponenten des Doppelsternes die gleiche Aberrationskonstante $\frac{v}{c}$, dem Beobachter auf der Doppelsternkomponente aber eine für Erde und Sonne gleiche Aberrationskonstante im Betrage $p \cdot \frac{v}{c}$.

Die hier gegebene Darstellungsweise der Aberration kann natürlich dem Kenner der Relativitätstheorie kaum etwas Neues bieten; ich habe sie lediglich so ausführlich gehalten, um vorhandene Mißverständnisse aufzuheben; denn es kann nicht geleugnet werden, daß verschiedene vorliegende Fassungen wider Erwarten Anlaß dazu geben können. Wenn ich einige hier anführe, geschieht es in erster Linie, um den springenden Punkt nochmals hervorzuheben. So lesen wir in der so sorgfältig redigierten gemeinverständlichen Schrift von EINSTEIN (S. 33): „Ich erwähne hier als besonders wichtig, daß die Relativitätstheorie in überaus einfacher Weise in Übereinstimmung mit der Erfahrung die Einflüsse abzuleiten gestattet, welche das von den Fixsternen zu uns gesandte Licht durch die Relativitätsbewegung der Erde gegen jene Fixsterne erfährt. Es ist dies die jährliche Wanderung des scheinbaren Ortes der Fixsterne infolge der Erdbewegung der Erde um die Sonne.“ Der 2. Satz ist ganz exakt gefaßt, der Schluß des 1. Satzes aber kann zu verhängnisvollem Irrtum Veranlassung geben. In der gründlichen Schrift von v. LAUE (Die Relativitätstheorie Bd. I, S. 120) ist zu lesen: „Sendet ein im Bezugssystem K' ruhender Fixstern der Erde (System K) Licht zu in der Richtung AB , so hat dieser Strahl für den Beobachter auf der Erde die Richtung AF .“ Die entbehrlichen Worte „im Bezugssystem K' ruhend“ sind falscher Deutung ausgesetzt. Und wenn PAULI die Darstellung der Aberration in seinem bekannten Enzyklopädieartikel mit den Worten schließt: „Die Relativitätstheorie bringt hier insofern eine prinzipielle Vereinfachung, als die Fälle bewegte Lichtquelle — ruhender Beobachter und ruhende Lichtquelle — bewegter Beobachter völlig identisch werden“ (welcher Satz von TOMASCHEK ohne weiteres als mit den Beobachtungen im Widerspruch bezeichnet wird), so könnte noch beigefügt werden, daß diese Beziehung, welche für den Dopplereffekt von Wichtigkeit ist, im Aberrationsproblem in beiden Fällen gegenseitige Ruhe bedeutet.

Ich habe in vielleicht schwerfällig erscheinender und ungewohnter Weise stets nur von Lichtsignalen und signalisierenden Sternen gesprochen. Damit sollte auf das Nachdrücklichste betont werden, daß die Nichtexistenz einer Relativbewegung zwischen Lichtquelle und Beobachter sich nur auf die Ausbreitung der Wellenfront, nicht aber, wie schon der Dopplereffekt anzeigt, der Wellen, der Phasen bezieht. Da es sich im Aberrationsproblem aber nur um Richtungen handelt, im Weltraum der Brechungsexponent 1 gilt und der Strahlkrümmung in der Erdatmosphäre stets Rechnung getragen wird, kann schließlich Strahlrichtung durch Richtung der Frontnormale ersetzt werden, wodurch sich für die der Beobachtung allein zugänglichen Wellen dieselbe Aberrationskonstante ergibt.

Zum Schlusse noch eine Bemerkung. Wenn Herr TOMASCHEK in bezug auf das Aberrationsproblem schreibt¹⁾: „Einen rein formalen Ausweg, unter Verzicht auf das anschauliche physikalische Denken versucht die Relativitätstheorie, welche jedoch, wie nicht zu leugnen ist, bereits sehr vielseitigen Bedenken unterworfen ist, vor allem aber prinzipiell einer anschaulichen Auffassung der Erscheinungen aus dem Wege geht, wie sie am stärksten durch die Abschaffung des Äthers charakterisiert ist“, so möchte ich energisch widersprechen. Was bei Interpretation beobachteter Erscheinungen als formal aufgefaßt wird, ist schließlich Geschmacksache (ist die Einführung der Begriffe Masse, Kraft, Potential, Entropie usw. formal oder nicht?), hingegen kann sicher behauptet werden, daß auf dem Gesamtgebiete der Physik keine Theorie die spezielle Relativitätstheorie an Klarheit und Durchsichtigkeit des Aufbaues übertrifft; kann ihr Inhalt doch in den anschaulichen, physikalischen Denken so befriedigenden Satz zusammengefaßt werden, daß in allen Inertialsystemen sich alle Prozesse auf gleiche Weise abspielen. Erweist sich dieser Grundsatz, und nur Beobachtung, nicht Spekulation kann darüber entscheiden, als richtig, so kann der Umstand, daß seine theoretische Formulierung, und das nur gelegentlich, zu verwickelteren Ausdrücken führt, der Theorie unmöglich zum Vorwurfe gemacht werden, und wird überreichlich aufgewogen durch Klarheit und Wirksamkeit, die sie auf sonst unzugänglichen Gebieten entfaltet. Dabei muß freilich mit den Vorstellungen von Raum und Zeit, wie sie uns durch jahrhundertlange Überlieferung eingewurzelt sind, gebrochen werden; daß diese aber nicht als unantastbar zu betrachten sind, wird namentlich von EDDINGTON im einleitenden Kapitel zu „Space, Time and Gravitation“ anschaulich dargelegt, und ist auch von anderer Seite wiederholt betont worden. Die neuen Auffassungen von Raum und Zeit verlieren bei näherer Beschäftigung auffallend rasch ihre anfängliche Fremdartigkeit und gewinnen, namentlich in den bekannten graphischen Darstellungsweisen,

¹⁾ R. TOMASCHEK, Über Aberration und Absolutbewegung, Ann. d. Physik 74, 136. 1924.

dem anschaulichen physikalischen Denken ungleich mehr Leben und Bedeutung wie bisher, wo Raum und Zeit gleichsam nur als zwei leere Behälter zur Seite stehen, bestimmt, das Geschehende in sich aufzunehmen. Eine jede prinzipiell neue Theorie stößt anfangs auf ähnliche Schwierigkeiten. Die neuen Zeit- und Raumbegriffe werden

allen, die guten Willens sind, rasch geläufig, um so rascher, je früher und je vollständiger sich der Bruch mit den älteren vollzieht. Principiis obsta! Nichts wäre verfehlter, als die neuen Vorstellungen durch allmähliches Umkrempeln der alten gewinnen zu wollen; wäre dieser Weg gangbar, so gäbe es überhaupt keine Relativitätstheorie.

Aufgaben der Strömungsforschung¹⁾.

Von L. PRANDTL, Göttingen.

Es war der Wunsch der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft, daß in diesem Vortrage die Aufgaben der Strömungsforschung näher auseinandergesetzt werden möchten, denen das heute einzuweihende Institut gewidmet sein soll. Diesem Wunsche werde ich im folgenden nachkommen; vorher aber drängt es mich, in einem kurzen Rückblick derer zu gedenken, denen das Institut seine Entstehung verdankt.

Der erste Name, der hierbei genannt werden muß, ist der des großen Organisators der Göttinger Mathematik und Physik, FELIX KLEIN, auf den alle Institute der angewandten Wissenschaften in Göttingen zurückgehen. Unser Institut ist mit seiner Person besonders eng verknüpft, wie ich gleich noch schildern werde. Ich hatte gehofft, ihm am heutigen Tage meinen besonderen Dank abtatten zu können für alles, was ich durch ihn hier erreichen konnte und was ich ihm sonst verdanke, und ich glaube sicher zu sein, daß Sie alle sich gern diesem Dank angeschlossen hätten. Aber wie Sie wissen, haben wir ihn vor drei Wochen zur letzten Ruhe bestattet. In dem Wunsche, sein Andenken zu ehren, habe ich hier sein Bild anbringen lassen; es wird dauernd einen Ehrenplatz in diesem Hause erhalten.

Wenn ich nun die Wirksamkeit KLEINS für das Institut schildern soll, so möchte ich zunächst betonen, daß es ganz allein KLEINS Gedanke war, den Anwendungen der exakten Wissenschaften in Göttingen einen Platz zu schaffen, und daß er seine Pläne gegen die heftigsten Widerstände von außen wie von innen durchzusetzen verstanden hat. Ohne KLEIN wäre z. B. ich selbst, von Hause aus Ingenieur, niemals nach Göttingen gekommen. Dies ist es aber nicht, was ich vorhin meinte, sondern KLEIN hat in drei Phasen in durchaus entscheidender Weise in die Entwicklung eingegriffen, deren Endergebnis die Verwirklichung dieses Institutes ist. Die eigentliche Vorgeschichte beginnt mit dem Jahre 1906, mit der Gründung der „Motorluftschiff-Studiengesellschaft“ durch ALTHOFF und RATHENAU sen. Diese Gesellschaft berief einen umfangreichen Technischen Ausschuß, in den durch die Verbindung, die KLEIN mit ALTHOFF unterhielt, drei Göttinger berufen wurden, außer KLEIN selbst WIECHERT und ich. KLEIN wurde „Sprecher“ der

dynamischen Gruppe und verteilte die Aufgaben dieser Gruppe. Er hatte sich zum Ziel gesetzt, daß Göttingen sich in der Luftfahrtforschung intensiv beteiligen müsse, und so stellte er mir die Aufgabe, etwas vorzuschlagen, was von meinem Fach (der Strömungslehre) aus für die Luftschiffahrt getan werden könne. Ich schlug damals eine Modellversuchseinrichtung für Luftschiffe und Flugzeuge vor und erhielt bald nachher Mittel für Vorarbeiten. Ein halbes Jahr darauf hatte ich fertige Pläne und auf KLEINS Fürsprache wurde die Bausumme, ganze 20 000 M., bewilligt und der Bau begonnen. Durch Werbung bei verschiedenen Stellen verstand KLEIN auch die erforderlichen Betriebsmittel herbeizuschaffen; die kleine Anstalt, die nach der Auflösung der Motorluftschiff-Studiengesellschaft in den Besitz der Göttinger Universität übergegangen war, hat so bis 1918, wo sie stillgelegt wurde, eine sehr ersprießliche Tätigkeit entfalten können.

Inzwischen war von v. HARNACK die „Kaiser Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften“ gegründet worden; es war nun ein echt KLEINScher Gedanke, angesichts der für damalige Begriffe recht erheblichen Mittel, über die die neue Gesellschaft zu verfügen schien, den Schluß zu ziehen, daß Göttingen Anteil an diesen Mitteln haben müsse. Ich erhielt den Auftrag, eine Denkschrift auszuarbeiten über ein „Forschungsinstitut für Hydrodynamik und Aerodynamik“. Ich habe mich, ohne viel Zutrauen zu dem meinem Gefühl nach reichlich kühnen Plan, des Auftrages nach besten Kräften entledigt. Wenn meine Eingabe und ein später nachgefolgter ins einzelne gehender Entwurf bei der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft dann doch Beachtung gefunden haben, so habe ich hier eines andern Mannes in Dankbarkeit zu gedenken, der die Angelegenheit innerhalb des Senats der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft vorwärts trieb, HENRY TH. VON BÖTTINGER. Als erster Vorsitzender der „Göttinger Vereinigung zur Förderung der angewandten Physik und Mathematik“ war er mit KLEIN eng befreundet. Über diese „Göttinger Vereinigung“ mag hier gesagt werden, daß sie zu einer Hälfte aus führenden Industriellen, und zur anderen aus Göttinger Professoren bestand, und daß das Wertvollste an ihr nicht die von den Industriellen gewährten Geldmittel, sondern die persönliche Fühlungnahme zwischen den Vertretern der Wissenschaft und denen des werktätigen

¹⁾ Festvortrag, gehalten bei der Einweihung der Neubauten des Kaiser Wilhelm-Instituts für Strömungslehre am 16. Juli 1925.

Schaffens war. BÖTTINGER hatte übrigens in Göttingen wertvolle Grundstücke erworben, mit dem ausgesprochenen Zweck, daß darauf Institute errichtet werden sollten. Er hat später das Grundstück der Aerodynamischen Versuchsanstalt, deren erster Kuratoriums-Vorsitzender er wurde, geschenkt, und seine Erben haben der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft nicht nur den Grund für dieses neue Institut, sondern noch ein ansehnliches Gelände für Erweiterungsbauten geschenkweise überlassen.

Dank der Hilfe von BÖTTINGER bestanden nach recht schwierigen Verhandlungen im Sommer 1914 gute Aussichten auf eine baldige Verwirklichung des Forschungsinstitutes, als der Kriegsausbruch alle Abmachungen zerschlug. Wieder war es nun KLEIN, der mich Anfang 1915 auf einen neuen Weg wies, den kriegswichtigen Teil des Instituts — die Aerodynamische Anstalt — mit Hilfe der Kriegsverwaltung zu schaffen. Zur wirklichen Durchführung dieses Planes hat nun wieder BÖTTINGER sehr viel beigetragen und die Kaiser Wilhelm-Gesellschaft, bei der ich nun schon eingeführt war, nahm das Institut unter ihre Fittiche.

Ich habe nun noch vom letzten Entwicklungsabschnitt zu berichten, der zu diesem Neubau geführt hat. Infolge der unglücklichen Verhältnisse nach dem Kriege schien es, als ob die Aerodynamische Anstalt die Ergänzung durch die übrigen Teile des früher geplanten Instituts nicht mehr erfahren würde, und so entschloß ich mich, als ich einen Ruf an eine sehr wichtige Lehrstelle der Münchener Technischen Hochschule erhielt, diesen anzunehmen, da ich die Göttinger Anstalt bei meinem treuen Mitarbeiter Dr. BETZ in guten Händen wußte, selbst aber in München wichtigere Aufgaben sah, als sie mir in Göttingen verblieben wären. Man hat mir dann aber zu meiner eigenen großen Überraschung — zu einer Zeit, wo anderwärts die wichtigsten Arbeiten aus Mangel an Mitteln eingestellt werden mußten — das neue Institut angeboten und mir dadurch die Abänderung des schon gefaßten Entschlusses, nach München zu gehen, ermöglicht. Ich weiß, welcher zähen und immer wieder vergeblich erscheinenden Arbeit es bedurft hat, die Behörden in so schwerer Zeit zur Hergabe von immerhin nicht unbeträchtlichen Mitteln zu bewegen, und ich möchte hier allen in Betracht kommenden Stellen, besonders aber auch einem Gönner, der durch sein persönliches Eingreifen erst die Durchführung des Baues ermöglichte, herzlichsten Dank sagen für die Hilfe, die sie unseren Plänen haben angedeihen lassen.

Wenn man nun das abgerundete Institut mit dem Entwurf von 1912 vergleicht, so zeigt sich, daß der im Krieg gebaute Teil ungefähr die dreifache Größe des Friedensentwurfes erhalten hat, während der neue Bau allerdings sich gegenüber dem früheren Plan eine recht starke Einschränkung hat gefallen lassen müssen. So hat sich der Schwerpunkt also stark verschoben, aber wir wollen uns dessen freuen, was wir nun haben, und

es wird sich sicher auch recht viel mit dem verkleinerten Institut machen lassen.

Ich komme jetzt zu den Aufgaben des Instituts: Es ist vor allem dem *systematischen Studium der Strömungen* gewidmet, im Gegensatz zu anderen Anstalten, die ganz bestimmte technische Aufgaben bearbeiten. Um das Gebiet unserer Forschungsaufgaben besser kennzeichnen zu können, muß ich ein wenig über die physikalischen Eigenschaften sprechen, die die Flüssigkeiten charakterisieren. Diese sind, soweit sie hier in Betracht kommen, Dichte, Zähigkeit und Zusammendrückbarkeit. Die *Dichte*, gemessen durch die Masse, die in der Einheit des Volumens enthalten ist, kann dabei wohl als bekannt gelten. Die *Zähigkeit*, auch innere Reibung genannt, mag hier einfach dadurch der Vorstellung nahe gebracht werden, daß dickes Öl oder flüssiger Leim als Beispiele von besonders zähen Flüssigkeiten und Wasser und noch mehr Alkohol und Benzin als solche besonders wenig zäher Flüssigkeiten genannt werden. Unter der *Zusammendrückbarkeit* wollen wir ganz allgemein das Verhalten gegenüber wechselnden Drücken, also nicht nur gegen Druckvermehrung, sondern auch gegen Druckverminderung ansehen. Die Luft z. B., die wir hier durchaus unter die Flüssigkeiten rechnen wollen, ist verhältnismäßig stark zusammendrückbar. Sie ändert das Volumen um etwas weniger als 10%, wenn sie bei Atmosphärendruck als Ausgangszustand eine Druckerhöhung von $\frac{1}{10}$ at erfährt. Bei Wasser, das häufig als unzusammendrückbar gilt, sind solche Volumenänderungen übrigens auch möglich, erfordern aber rd. 2000 at. Im übrigen wird auch die Luft praktisch wie eine unzusammendrückbare Flüssigkeit strömen, wenn die dabei auftretenden Druckunterschiede klein gegen $\frac{1}{10}$ at bleiben. Dies ist dann der Fall, wenn die Geschwindigkeiten klein sind gegen die Schallgeschwindigkeit.

Beim Wasser kommt es bei Druckverminderung bis nahe an das Vakuum heran zur Ausscheidung von Luft und zur Bildung von Dampfblasen, die dann bei erneuter Drucksteigerung wieder unter großem Getöse, und verbunden mit Zerstörungen an den mit dem Wasser in Berührung stehenden festen Körpern, zusammenstürzen. Man nennt diesen Vorgang *Kavitation* (Hohlraum-bildung).

Wie mannigfaltig die zu erforschenden Erscheinungen bei der Flüssigkeitsströmung sind, mag daraus hervorgehen, daß bei ein und derselben Anordnung von festen Körpern, zwischen denen oder um die herum die Strömung vor sich geht, die Strömung jedesmal immer wieder anderen Charakter erhält, wenn der Anteil der Zähigkeit und der der Zusammendrückbarkeit an der Bewegung sich ändert. OSBORNE REYNOLDS hat vor ungefähr 40 Jahren gezeigt, daß es, soweit die Zusammendrückbarkeit keine Rolle spielt, auf das Verhältnis der Trägheitswirkungen zu den Zähigkeitswirkungen ankommt, das durch die reine Zahl

$$\frac{\text{Länge} \times \text{Geschwindigkeit} \times \text{Dichte}}{\text{Zähigkeit}}$$

darstellbar ist. Ist diese Zahl, die man ihm zu Ehren „REYNOLDSSche Zahl“ nennt, in zwei Fällen vergleichbarer Art (also z. B. Bewegung einer Kugel in Luft und einer anderen Kugel in Wasser) dieselbe Zahl, so sind auch die strömenden Bewegungen genau vergleichbar, in anderen Fällen dagegen nicht¹⁾. Man wird also nach dem Gesagten verstehen, was mit der Forderung gemeint ist, daß irgend ein Strömungsvorgang durch alle REYNOLDSSchen Zahlen hindurch verfolgt werden müsse. Für die Kugel z. B. ist diese Arbeit, was die Messung des Widerstandes bei der Bewegung in einer Flüssigkeit betrifft, von REYNOLDSSchen Zahlen unter 1 bis etwa zu 1 000 000 hin geleistet, und es zeigen sich hier 4 oder 5 wesentlich voneinander verschiedene Gesetze, je nach der Größe der REYNOLDSSchen Zahl. Noch zu erforschen sind aber die zu diesen Widerstandskräften gehörenden Strömungsformen, denn erst durch diese wird man die beobachteten Gesetze verstehen lernen.

Wenn man an alle möglichen zu untersuchenden Körper denkt, so ist die Zahl der anzustellenden Versuche ungeheuer. Man wird daher von selbst dazu geführt, nur Körper von technischer Wichtigkeit, also neben Kugeln, Zylindern und Rotationskörpern vor allem Flugzeugtragflächen, Propeller- und Turbinenschaufeln usw. zu untersuchen. Mit Rücksicht auf die manchmal in der praktischen Anwendung auftretenden höheren Geschwindigkeiten, die bei Luft die Schallgeschwindigkeit erreichen oder sogar überschreiten, bei Wasser die Kavitationsgrenze erreichen, müssen im Laboratorium dieselben Geschwindigkeiten verwirklicht werden.

Bisher sprach ich nur von den in Flüssigkeiten bewegten Körpern. Für die in Röhren oder Gefäßen strömenden Flüssigkeiten gilt aber ganz Entsprechendes. Die Widerstände und Strömungsformen in geraden und krummen Röhren, in Abzweigstücken, in Absperrvorrichtungen usw. sind ebenfalls systematisch zu untersuchen. Die Vorgänge in umlaufenden Maschinen, wenigstens das Prinzipielle an diesen, kommen hinzu. Weiter interessieren auch die freien Flüssigkeitsstrahlen und die verschiedenen Bewegungsformen freier Flüssigkeitsoberflächen, Schwallbildungen u. dgl., ferner auch die Fließvorgänge in natürlichen Flußläufen und künstlichen Gewässern, bei denen die Fortbewegung der Flußsohle durch das Wasser und die dauernde Neubildung des Bettes durch die fortgeschwemmten und wieder angelagerten Geschiebeteile noch manche Aufgabe zu lösen geben. Auch die Strömungsvorgänge in der freien Atmosphäre sollen in den Kreis unserer Betrachtungen einbezogen werden. Schließlich sei auch die Anwendung der Strömungslehre auf die Lebe-

wesen nicht vergessen, Die Fortbewegung der Wassertiere vom wimperschlagenden Infusorium bis zum schnellen Delphin, die der Flugierte vom winzigen Mückchen bis zum Adler weist durch die sehr verschieden angewandten Mittel schon darauf hin, daß bei den kleinen REYNOLDSSchen Zahlen ganz andere Bedingungen als bei den großen herrschen. Ich bemerke dazu, daß ein Versuch mit einem vergrößerten Modell eines Infusoriums nach dem REYNOLDSSchen Gesetz durchaus möglich ist. Man braucht nur das Modell in eine sehr zähe Flüssigkeit zu setzen und es sehr langsam zu bewegen.

Wenn ich nun kurz auf die Einrichtungen des neuen Instituts eingehe, so muß gesagt werden, daß wir bestrebt waren, mit den begrenzten Mitteln möglichst viel zu erreichen. Die beiden hier aufgestellten Kessel von je rd. 10 cbm Inhalt können in sehr verschiedener Art benutzt werden. Einmal können sie luftleer gemacht werden, und es wird durch eine Einrichtung, die erst noch geschaffen werden muß, ermöglicht werden, daß die atmosphärische Luft, durch eine Rohrleitung stürzend, die Kessel in wenigen Sekunden wieder füllt. Wir erhalten so auf kurze Zeit einen Luftstrom von ansehnlichem Querschnitt mit einer sehr großen Geschwindigkeit, in dem wir Widerstandsversuche u. dgl. machen können. In Verbindung mit einer 20 cbm fassenden Gasglocke kann dieselbe Einrichtung zur Eichung von Düsen und anderen Vorrichtungen zur Luftmengenmessung verwendet werden. Die beiden Kessel können ferner durch einen Kompressor mit Druckluft beschickt werden, in der ausfließenden Druckluft können dann Versuche gemacht werden. Weiter kann ein Kessel mit Druckluft und der andere mit Wasser gefüllt werden, und es kann nun das Wasser durch die Druckluft ausgetrieben werden, wodurch in der Wasserströmung auf kurze Zeit so große REYNOLDSSche Zahlen erzielt werden, wie sie sonst nur mit gewaltigen Pumpmaschinen zu erreichen wären. Weiter ist eine Umlaufpumpe vorhanden, die in den Wasserkessel arbeitet. Durch Wegpumpen der Luft aus dem Kessel kann dabei der Druck erniedrigt werden, so daß in der zu Versuchen dienenden Umlaufleitung, die noch im Bau ist, Kavitation eintritt. Für den Vergleichsversuch ohne Kavitation kann nötigenfalls durch Einleiten von Druckluft in den Wasserkessel der Druck in der Umlaufleitung erhöht werden. Die Pumpe kann auch in ein offenes Gerinne arbeiten und gibt so die Möglichkeit für Versuche ähnlich wie in Flußbaulaboratorien. Das Gerinne dient im übrigen auch als Schlepptank für Widerstandsversuche. Die heute vollendeten Versuchsanlagen sind damit aufgezählt. Es werden noch hinzukommen mehrere Tanks, hauptsächlich für Aufnahme von Strömungsbildern aller Art, einige Gebläse zur Erzeugung von Luftströmungen in Rohren und Kanälen und auch als Studiengegenstände für sich selbst und schließlich ein rotierendes Zimmer, in dem Versuche an rotierenden

¹⁾ Der Bau der REYNOLDSSchen Zahl zeigt, daß kleine Abmessungen und kleine Geschwindigkeiten ebenso wirken wie große Zähigkeit und umgekehrt.

Objekten von mitrotierenden Beobachtern gemacht werden können. Dabei wird, abgesehen von Aufgaben des Turbinenbaues (Untersuchung eines isoliert rotierenden Schaufelkanals), auch die Meteorologie, mit der wir uns schon jetzt theoretisch beschäftigen, zum Wort kommen. Bei den Windströmungen auf der Erde ist nämlich die Erddrehung vom ausschlaggebendem Einfluß. Solche Strömungen können also nur im rotierenden Laboratorium einigermaßen nachgeahmt werden.

Wenn ich von der Vakuumanlage und von dem rotierenden Zimmer absehe, dann sind alle Ein-

richtungen des Laboratoriums nichts an sich völlig Neues. Viele von den Versuchen sind in Sonderheit schon früher in kleinerem Maßstab in meinem hiesigen Institut für angewandte Mechanik gemacht worden, so daß wir auf manchem Gebiet schon Erfahrung besitzen und auch schon ungefähr wissen, was sich ergeben wird. Ich erwarte daher von dem neuen Institut weniger aufsehenerregende Entdeckungen als vielmehr eine solide systematische Durchforschung des ganzen Gebietes, zum Besten der an unserem Arbeitsgebiet interessierten Industriezweige, und damit auch des allgemeinen Volkswohles.

Über die Ausbreitung des Schalles in der Atmosphäre.

Von B. GUTENBERG, Darmstadt.

Seit vorigem Jahre werden von Zeit zu Zeit Sprengungen veranstaltet, um die Schallgeschwindigkeit in der Atmosphäre feststellen zu können. Bereits seit 1904 weiß man, daß bei stärkeren Explosionen zwei Gebiete auftreten, in denen der Schall wahrgenommen werden kann, und die meist durch eine Zone getrennt werden, in der nichts gehört wird, und die deswegen als „Zone des Schweigens“ bezeichnet wird (vgl. Fig. 1).

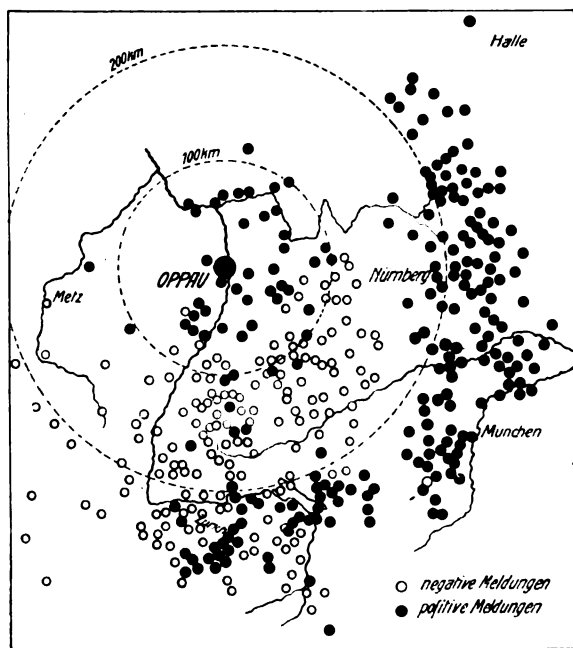


Fig. 1. Schallbeobachtungen bei der Explosion in Oppau. (Nach A. De Quervain).

Der erste, welcher genauere Feststellungen über diese Erscheinungen traf, war VON DEM BORNE⁷⁾. Inzwischen wurden sie an zahlreichen weiteren Schallquellen studiert. Eine Übersicht über die hierbei entstandene Literatur hat A. WEGENER¹⁾ gegeben, während G. ANGENHEISTER²⁾ eine Reihe

von bei künstlichen Sprengungen festgestellten Laufzeiten der Wellen zusammengestellt hat.

Wir wollen zunächst die *innere Schallzone* („Zone normaler Hörbarkeit“) betrachten. Ihre Ausdehnung ist vielfach nach verschiedenen Seiten verschieden groß, eine Folge der Wirkung des Windes, dann auch der Temperatur. Starke Zunahme des Windes mit der Höhe hat zur Folge, daß die Schallstrahlen in den untersten Kilometern der Atmosphäre umbiegen und wieder die Erdoberfläche erreichen. Die instrumentellen Messungen ergeben in allen, auch den zuletzt erwähnten Fällen Schallgeschwindigkeiten, wie wir sie auf Grund der normalen Schallformel erhalten:

$$(1) \quad V = \sqrt{101,32 \frac{c_p}{c_v} \frac{\alpha T}{\delta_0}},$$

für Luft speziell $V = \text{ca. } 20 \sqrt{T}$,

wo T die absolute Temperatur an der betreffenden Stelle, V die entsprechende Schallgeschwindigkeit sind. Die größten Entfernungen, in denen der normale Schall noch gehört wurde, betrugen fast 5000 km bei der Explosion des Krakatau am 27. August 1883. Bei den seit 1903 untersuchten Fällen wurde der normale Schall nur selten über 150 km weit gehört und auch in diesen Entfernungen nur auf einer Seite der Schallquelle, nach der die Fortpflanzung durch meteorologische Verhältnisse (Temperatur und Wind) begünstigt war. Dagegen zeigten die Registrierungen von Instrumenten noch in weit größeren Entfernungen regelmäßig die Druckwelle, welche sich mit der normalen Schallgeschwindigkeit fortgepflanzt hat. Allerdings fehlen dann meist die kurzen Schwingungen, welche wir allein als Schall hören, ganz oder sie sind unter der Wahrnehmungsschwelle unseres Ohres. Der Vergleich von Aufzeichnungen aus verschiedener Entfernung von der Schallquelle ergab nach F. RITTER⁵⁾ (vgl. Fig. 2), daß aus der ursprünglich unregelmäßigen Druckänderung nach und nach eine regelmäßige Sinuswelle wurde. Wir haben hier die gleiche Erscheinung, auf die F. LINKE bei den Wellen der seismischen Bodenunruhe ebenso wie bei den Meereswellen aufmerk-

sam gemacht hat: In allen Fällen werden die Wellen unter Anwachsen ihrer Perioden um so regelmäßiger, je weiter sie sich von der Störungsquelle entfernen. Diese Energieumlagerungen hängen vielleicht mit der Gruppengeschwindigkeit zusammen. [Vgl. 9).]

Über den Verlauf der Strahlen, welche die *äußere Hörbarkeitszone* bilden, waren erst nähere Angaben möglich, als man die Laufzeiten feststellte. Bis dahin war die Theorie von DEM BORNES, wonach die Schallstrahlen bis zur theoretisch in ca. 80 km beginnenden Wasserstoffsphäre laufen, ebenso leicht möglich wie die Theorien, nach welchen die Schallstrahlen bereits in der Troposphäre, also unter 10 km Höhe, aus meteorologischen Gründen umbiegen sollten. Die mit Instrumenten beobachteten Eintrittszeiten (Genauigkeit von der Größenordnung $\frac{1}{8}$ Sekunde!) zeigten jedoch, daß die anormalen Wellen rund

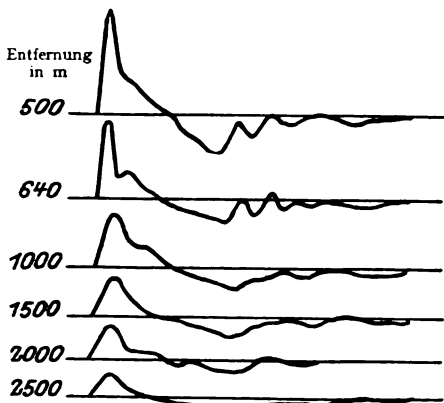


Fig. 2. Registrierung einer Schallwelle in verschiedener Entfernung von der Schallquelle. (Nach F. Ritter).

100 Sekunden später eintreffen als die normalen. In Fig. 3 ist *a* die mittlere Laufzeitkurve der normalen Schallwellen, während die beobachteten Eintrittszeiten der anormalen Wellen durch die Punkte in der Umgebung der Kurve *b* dargestellt sind. Es folgt hieraus, daß die anormalen Schallwellen einen beträchtlichen Umweg gemacht haben müssen, andererseits können sie nicht bis in 80 km Höhe gelangt sein.

Bevor wir die Bahn der anormalen Wellen untersuchen, wollen wir noch kurz einen *Überblick über die Beobachtungstatsachen* an Hand der Zusammenstellung und zum Teil auch der Ergebnisse von A. WEGENER (l. c.) geben. Die Zone anormaler Hörbarkeit trat in allen untersuchten Fällen auf; meist ist sie nur auf einer Seite der Schallquelle vorhanden, und zwar sowohl in Europa wie in Japan im Sommer *meist* im Westen, im Winter im Osten der Schallquelle; es sind jedoch auch Fälle festgestellt worden, in denen der anormale Schall fast rings um die Schallquelle festgestellt wurde. Der innere Rand der anormalen Zone liegt im Winter näher an der Schallquelle

als im Sommer, und zwar schwankt seine Entfernung von der Schallquelle zwischen 125 und 230 km. Das Intensitätsmaximum liegt 15 bis 30 km vom Innenrand entfernt und ist sehr stark ausgeprägt. Im doppelten Abstand von der anormalen Zone scheint eine zweite Zone anormaler Hörbarkeit zu liegen, über die wir jedoch nur wenige Angaben sowohl von Ohrbeobachtungen wie von Instrumenten besitzen (Kurve *c* in Fig. 3).

Auch bei *detonierenden Meteoren* wurden die Hörbarkeitsverhältnisse untersucht. Es ergab sich, daß die Zone anormaler Hörbarkeit um so näher an die Schallquelle rückt, je höher der Hemmungspunkt des Meteors liegt. Bei sehr hoch gelegenen

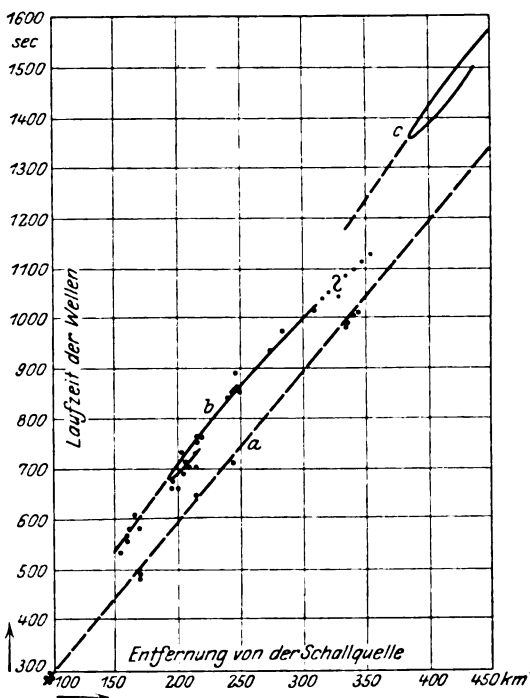


Fig. 3. Laufzeiten von Schallwellen. *a* Normale Wellen, *b* Wellen, welche in der Höhe umbiegen (vgl. Fig. 5), *c* an der Erdoberfläche reflektierte Wellen *b*.

Hemmungspunkten (40 km und mehr) scheint überhaupt keine anormale Zone mehr vorhanden zu sein. Bei dem Meteor von Obernburg, das von Dr. SCHÜTTE und Dr. BODA an der Sternwarte in Frankfurt a. M. bearbeitet wurde, ergab sich (nach mündlicher Mitteilung) ein einziges Gebiet, in dem der Schall gehört wurde, und dessen Peripherie zwischen 40 und 120 km von der Projektion des Hemmungspunktes auf die Erde entfernt ist. Dabei war der Schall an der äußeren Grenze der Schallzone besonders stark hörbar, während etwas weiter nach der Schallquelle hin die Intensität vorübergehend geringer war, vereinzelt sogar das Meteor zwar gesehen aber nicht gehört wurde.

Wir müssen nunmehr untersuchen, bei welcher *Verteilung der Schallgeschwindigkeit in der Strato-*

sphäre (über 10 km Höhe) die beobachteten Laufzeiten der Schallwellen und die übrigen Beobachtungstatsachen sich ergeben. Einen Weg, um dieses Ziel schnell zu erreichen, hat B. GUTENBERG³⁾ gegeben. Wir teilen die Atmosphäre in zwei Teile, von denen wir für den unteren die Schallgeschwindigkeit kennen oder annehmen, während wir sie für den oberen berechnen. Die Beobachtungen haben gezeigt, daß sich bis 10 km Höhe die Zusammensetzung der Luft nicht ändert, während die Temperatur auf etwa -55° abnimmt und dann bis etwa 30 km Höhe diesen Wert beibehält; über die Zusammensetzung der Luft über 10 km Höhe wissen wir nichts. Ist T die absolute Temperatur, so ergibt sich die Schallgeschwindigkeit V in Luft ohne Rücksicht auf die Höhe angenähert aus der Gleichung $V = 20\sqrt{T}$, d. h. wir kennen bis 10 km Höhe die Schallgeschwindigkeit und damit auch die Schallbahnen, falls der Wind überall in der gleichen Richtung und mit gleicher Stärke weht. Ändert sich der Wind mit der Höhe, was meist recht erheblich der Fall ist, so werden die Schallbahnen deformiert, es erklärt sich so zum Teil die Streuung der Beobachtungspunkte in Fig. 3, zu denen auch Temperaturschwankungen beitragen.

Durch Subtraktion der in den untersten 10 km vom Schalle zurückgelegten Wege und Laufzeiten von den entsprechenden beobachteten Werten für die ganze Schallbahn ergeben sich dann die Laufzeiten und Einfallswinkel an der Stratosphärengrenze, wobei noch das Brechungsgesetz gilt. [Näheres vgl. ³⁾.] Da die Schallwellen, welche die Schallquelle horizontal verlassen, bereits recht tief in die Stratosphäre eintauchen (vgl. Fig. 5), läßt sich der Beginn der Laufzeitkurve in der Stratosphäre nicht sicher festlegen, wenn auch allzu große Willkür durch Beziehungen zwischen den verschiedenen Größen eingeschränkt wird. GUTENBERG nahm zunächst an, daß die Wellengeschwindigkeit von der Stratosphärengrenze an zunimmt und erhielt die in Fig. 4 gestrichelt gezeichnete Kurve. Es ergeben sich dann alle oben erwähnten Beobachtungstatsachen. Gleichzeitig hatte E. WIECHERT⁴⁾ versucht, durch verschiedene Annahmen über die Schallgeschwindigkeit in der Stratosphäre und durch Vergleich der hieraus berechneten Laufzeiten mit den beobachteten die mittlere Schallgeschwindigkeit in der Stratosphäre zu finden. Er fand die beste Übereinstimmung, als er voraussetzte, daß die Schallgeschwindigkeit bis zu 30 km Höhe konstant ist, dort schnell zunimmt, dann wieder bis 38 km konstant ist und dann langsam weiterwächst. Genauere Zahlen waren bei der Niederschrift nicht veröffentlicht. Die Konstanz der Schallgeschwindigkeit bis 38 km Höhe wurde zur Erklärung der Brenmlinie am inneren Rande der anormalen Zone angenommen. B. GUTENBERG⁵⁾ zeigte dann, daß man auch bei Annahme konstanter Schallgeschwindigkeit in den untersten Schichten der Stratosphäre, etwa bis 35 km Höhe, über die uns ja die

Beobachtungen, wie erwähnt, nichts direktes aussagen, zu qualitativ ähnlichen Ergebnissen kommen kann wie unter seiner ersten Annahme. In Fig. 4 stellt die strichpunktierte Kurve die Geschwindigkeit der Schallstrahlen dar, die sich ergibt, wenn man die Schallgeschwindigkeit bis 35 km Höhe konstant voraussetzt. Die mittlere Schallgeschwindigkeit, die sich je nach der Temperatur und der Windstärke etwas ändert, wird wohl etwa durch die ausgezogene Kurve der Fig. 4 dargestellt werden. In Fig. 5 sind schließlich eine Reihe von Schallbahnen eingezeichnet, welche der strichpunktierten Kurve der Fig. 4 entsprechen. Die zugehörigen berechneten Laufzeitkurven sind in Fig. 3 mit b (für die direkten anormalen Wellen) und mit c (für die einmal an der Erdoberfläche reflektierten Wellen) bezeichnet und ausgezogen. Die gestrichelten Kurven in Fig. 3 sind gebeugte Wellen.

Wir haben nunmehr noch die verschiedenen Beobachtungsergebnisse abzuleiten. Zunächst er-

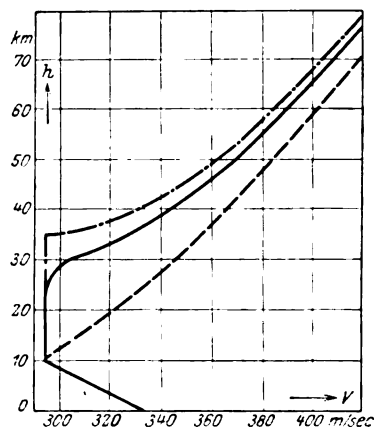


Fig. 4. Mittlere Schallgeschwindigkeit in der Atmosphäre. Die gestrichelte und die strichpunktierte Kurve stellen etwa die Grenzen dar unter der Voraussetzung, daß keine Dispersion auftritt. (Vgl. vorletzten Absatz).

kennen wir aus Fig. 5 sofort die Entstehung der „Zone des Schweigens“ und der Brenmlinie am inneren Rande der anormalen Zone. Die Projektionen der in den untersten 10 km zurückgelegten Strahlstücke nehmen erst schneller, dann langsamer ab, als die der Stücke oberhalb 10 km zunehmen. Infolgedessen existiert eine Minimaldistanz mit Brennpunktsercheinung (für einen Abgangswinkel von etwa 82° , in Fig. 5 gestrichelte Kurve), während in größeren Distanzen zunächst 2 Schallwellen mit verschiedenen Eintrittszeiten (Kurve b in Fig. 3) tatsächlich beobachtet werden. Daneben können übrigens weitere Einsätze durch Unregelmäßigkeiten in der Atmosphäre hervorgerufen werden. Mit abnehmendem Abgangswinkel werden die Distanzen, in denen der Schall zur Erde kommt, immer größer. Es scheint, als ob in 360 km Distanz nur noch ausnahmsweise

der direkte anormale Schall ankommt; es würde das darauf schließen lassen, daß die Schallgeschwindigkeit oberhalb rund 70–100 km langsamer zunimmt oder wieder abnimmt.

Im Winter ist das Temperaturgefälle in den untersten 10 km geringer, die Einfallswinkel an der Stelle, von der ab die Schallgeschwindigkeit zunimmt, größer, der Schallweg oben mehr verkürzt als er unten verlängert ist, infolgedessen liegt die Brennpunktlinie näher an der Schallquelle. Der Wind wirkt hier natürlich auch mit. Im Sommer liegen die Verhältnisse umgekehrt. Der flache Einfall der anormalen Schallstrahlen (vgl. Fig. 5) ist die Ursache dafür, daß die anormale Zone meist stellenweise fehlt. Neben dem Wind wirkt hier die Temperatur. An den Stellen, an denen die Temperatur mehr als 8–10° über derjenigen der Schallquelle liegt, kann sich die anormale Zone nicht ausbilden, die Schallstrahlen kehren, ohne die Erde berührt zu haben, in die Atmosphäre zurück. Da bei uns im Winter hohe

Nunmehr ist die Frage nach der *Ursache der hohen Schallgeschwindigkeit* in den höheren Atmosphärenschichten noch zu beantworten. Hierfür sind im wesentlichen vier Hypothesen aufgestellt worden. Zunächst haben wir die alte Hypothese von VON DEM BORNE⁷⁾ (1904), wonach die leichten Gase in der Höhe die Ursache der großen Schallgeschwindigkeit sind. Gleichung (1) gibt die Dichte δ_0 des betreffenden Gases für 0° und 760 mm Druck. Nimmt man an, daß die Temperatur nach oben *nicht zunimmt*, so ist angenähert $\delta_0 \leq 116 : V^2$, wo das Gleichheitszeichen für konstante Temperatur gilt. Man erhält so in 40 km Höhe bereits eine erhebliche Menge von leichten Gasen, die dem Diffusionsgleichgewicht vollkommen widerspricht. Es müßte dieses also in großen Höhen nicht vorhanden sein; ein Grund hierfür ist schwer anzugeben. (Vertikalströmungen? Entstehen leichter Gase?)

Die zweite, ebenfalls recht alte Annahme macht den Windgradienten für die Ergebnisse verant-

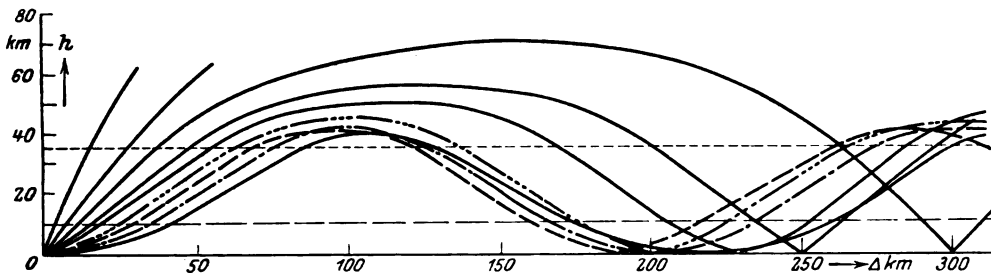


Fig. 5. Mittlere Schallbahnen in der Atmosphäre (h -Höhe Δ -Entfernung von der Schallquelle) unter der Voraussetzung, daß die strichpunktierte Kurve der Fig. 4 für die Schallgeschwindigkeit gilt. In den andern Fällen liegen die Scheitelpunkte der Strahlen tiefer.

Temperaturen meist westlich, tiefe östlich von der Schallquelle liegen, wird im Winter die Ausbildung der anormalen Schallzone im Osten der Schallquelle begünstigt, im Winter erschwert. Im Sommer ist es in Übereinstimmung mit den Beobachtungen umgekehrt.

Auch die Meteorschallbeobachtungen entsprechen durchaus dem, was wir erwarten müssen. Wie man sich leicht an Hand der Fig. 4 klar machen kann, wächst die normale Zone, je höher die Schallquelle liegt, gleichzeitig rückt die anormale Zone näher an diese heran, fällt schließlich an den Außenrand der normalen Zone (Meteor von Obernburg!); bei Hemmungspunkten oberhalb 30–40 km Höhe je nach der Lage des Gebietes, in dem sich die Schallstrahlen überschneiden, existiert nur noch eine normale Zone.

Es zeigt sich also, daß die in Fig. 3 gewonnenen Kurven für die Geschwindigkeit der Schallwellen in der Atmosphäre alle Beobachtungen erklären, so daß wir annehmen dürfen, damit ein qualitativ richtiges Ergebnis erzielt zu haben. Die genauere quantitative Feststellung muß an Hand einzelner Fälle mit möglichst gut bekannten meteorologischen Daten erfolgen. Die angegebene Rechnungsmethode kann dabei gute Dienste leisten.

wortlich. Neben anderen Argumenten wird gegen diese Hypothese treffend angeführt, daß dann die anormale Zone, entgegen den Beobachtungen, nie auf entgegengesetzten Seiten der Schallquelle in gleichem Abstand von dieser gleichzeitig entstehen kann, so daß diese Erklärung wohl unzutreffend ist.

Die dritte Hypothese nimmt Zunahme der Temperatur in der Höhe an. Sie wurde von LINDEMANN und DOBSON⁸⁾ auf Grund von Meteorbeobachtungen aufgestellt und war schon vorher von verschiedenen Autoren [vgl. Literatur in ¹⁾] zur Erklärung der anormalen Hörbarkeitszone herangezogen worden. Es müßte danach zwischen 30 und 40 km Höhe die Temperatur am Erdboden überschritten werden und in größerer Höhe müßten noch höhere Temperaturen herrschen, was mit allen anderen Hypothesen über die Temperatur der Atmosphäre in Widerspruch steht. Trotzdem kann diese Annahme wie auch die erste noch nicht als widerlegt angesehen werden.

Schließlich wies A. WEGENER¹⁾ darauf hin, daß die Schallformeln in der Höhe nicht mehr gelten, da dort der durch die Schallwelle erzeugte Überdruck groß gegen den Druck selbst wird und die Welle dann schneller läuft, als Gleichung (1)

ergibt. Diese Erklärung, die theoretisch noch nicht durchgearbeitet ist, würde einen Ausweg aus dem Dilemma bilden (unsere Ergebnisse würden an und für sich nicht davon berührt!), doch scheint die Rechnung dann einen erheblichen Einfluß der Stärke der Schallquelle zu ergeben, der nicht vorhanden ist. Andererseits darf man nicht übersehen, daß in diesem Falle die kürzesten Wellen wahrscheinlich am schnellsten laufen, d. h. es ist dann anormale Dispersion vorhanden und es müßte dann die Gruppengeschwindigkeit berücksichtigt werden.

Das vorliegende Problem zeigt besonders deutlich, wie schon die näherungsweise Lösung einer Frage stets zu neuen Problemen führt. Die Schallfortpflanzung „in der Atmosphäre“ beginnt damit, sich als der Theorie der Erdbebenwellen gleichwertiger Teile der Geophysik herauszubilden. Im Prinzip haben wir es in beiden Fällen mit der gleichen Erscheinung zu tun.

Literatur.

- 1) A. WEGENER, Die äußere Hörbarkeitszone, Zeitschr. f. Geophysik **1**, 297. 1925.
- 2) G. ANGENSEHEISTER, Die Laufzeit des Schalles für große Entfernungen. Zeitschr. f. Geophysik **1**, 314. 1925.
- 3) B. GUTENBERG, Die Geschwindigkeit des Schalles in der Atmosphäre, Vortrag Tagung der Dtsch. geophys. Ges. 7. XII. 1925; Phys. Zeitschr. (im Druck).
- 4) E. WIECHERT, Über Luftschall; Vortrag: Tagung der Dtsch. geophys. Ges. 7. XII. 1925 (im Druck).
- 5) F. RITTER, Sprengungen für Forschungszwecke; Beitr. z. Physik d. freien Atm. **12**, 1. 1925.
- 6) B. GUTENBERG, Die Geschwindigkeit des Schalles, Zeitschr. f. Geophysik (im Druck).
- 7) G. VON DEM BORNE, Die Erdbebenwarte **4**, 1. 1904.
- 8) F. A. LINDEMANN und G. M. B. DOBSON, Proc. of the roy. soc. of London A, **102**, 411. 1923 und **103**, 339. 1923.
- 9) H. JEFFREYS, On the surface waves of earthquakes. Monthly notices of Roy. Astron. Soc. London, Geophy. Suppl. **1**, 282. 1925.

Neuere Untersuchungen über Lebensweise und Verbreitung des Madenwurms (*Oxyuris vermicularis* L.).

VON ARNOLD JAPHA, Halle a. S.

Der häufigste und am weitesten verbreitete Darmschmarotzer der Menschen, insbesondere der Kinder, ist der etwa 1 cm lange Madenwurm (*Oxyuris vermicularis* L.), der oft in ungeheuren Mengen den Darm bewohnt. Besonders lästig wird er durch den außerordentlich heftigen Juckreiz, den die geschlechtsreifen Weibchen, zumal abends beim Verlassen des Darms, in der Aftergegend hervorrufen, wodurch allerhand nervöse Erscheinungen, Schlafstörungen, Masturbation usw. vornehmlich bei Kindern ausgelöst werden. Bisher war fast jede gegen ihn angewandte Therapie erfolglos. Die Entwicklung dieses Wurmes verläuft im Gegensatz zu den meisten Darmschmarotzern ohne Zwischenwirt; die Lebensdauer des einzelnen Wurmes beträgt nur wenige Wochen. Die Aufnahme der Eier erfolgt durch den Mund, wohl meist durch die beim Kratzen mit Wurmeiern verunreinigten Finger eines Wurmträgers; hierdurch finden sowohl Reinfektionen wie Neuinfektionen bisher Gesunder statt. Man findet die Eier der Oxyuren im Gegensatz zu denen aller anderen Darmschmarotzer nur sehr spärlich im Kot, dagegen in ungeheurer Menge regelmäßig in der Umgebung der Afteröffnung.

Seit den grundlegenden Untersuchungen LEUCKARTS in den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts, der zu der Annahme kam, daß Magenpassage für die Entwicklung der Eier notwendig und Entwicklung etwa schon im Darm abgelegter Eier unmöglich sei, ist viel Neues in den folgenden Jahrzehnten über den Madenwurm nicht veröffentlicht worden. Erst die jüngste Zeit hat, wohl wegen der durch den Krieg und seine Folgen bedingten größeren Unreinlichkeit infolge Seifenmangels usw., mit der Zunahme der Madenwürmer auch eine Reihe weiterer Untersuchungen gebracht, die alle noch unklaren Punkte in der Lebensweise dieses Schmarotzers klärten.

Zunächst versuchten einige Ärzte infolge der sehr schlechten Ergebnisse der verschiedensten Wurmkuren, die immer nur vorübergehende Besserung brachten, von jeder Behandlung abzusehen und nur hygienische

Maßnahmen — äußerste Sauberkeit, Kurzschneiden der Nägel, Badehosen während der Nacht, sehr häufiger Leib- und Bettwäschewechsel, gründliches Händewaschen nach jedem Stuhlgang und vor jeder Mahlzeit — anzuwenden. Der erwartete Erfolg trat bei genauer Durchführung wohl oft ein, blieb aber zuweilen auch in solchen Fällen aus, wo mit der genauesten Befolgung der gegebenen Vorschriften gerechnet werden konnte. Hierdurch und insbesondere durch die sehr sorgsam, jahrelang am eigenen Körper durchgeführten Beobachtungen und Untersuchungen HEUBNERS wurde die LEUCKARTSche Lehre, daß eine Entwicklung der Oxyureneier im menschlichen Dünndarm ohne Magenpassage unmöglich sei, erneut in Frage gestellt, und GOEBEL, von dem 1922 eine umfassende, die gesamte frühere Literatur berücksichtigende Arbeit über die Oxyuriasis erschien, gelang es, *in vitro* im verdünnten Darmsaft Oxyureneier zur Entwicklung zu bringen. Er zog hieraus den berechtigten Schluß, daß die Entwicklung der Oxyureneier im unteren Dünndarm durchaus im Bereich der Möglichkeit liege und daß deshalb immer erneute Selbstinfektion kein unbedingtes Erfordernis für das Bestehenbleiben der Oxyurenansiedlung im Darm des Menschen sei. Der Beweis hierfür — Infektion unter Umgehung des Magens — ist inzwischen durch Versuche E. W. KOCHS erbracht worden.

E. W. KOCH stellte zunächst fest, daß die Auswanderung der reifen Weibchen aus dem After nicht an bestimmte Nacht- oder Tageszeiten gebunden ist, sondern daß die Auswanderung im allgemeinen etwa 1/2 Stunde nach dem Zubettgehen allmählich einsetzt und sich auf 2—3 Stunden erstreckt. Eine abendliche Auswanderung von 30—40 Würmern war ein ganz gewöhnlicher Befund, Zahlen, die aber zuweilen erheblich überschritten wurden. Die Mehrzahl waren stets legerife Weibchen, die alsbald außerhalb des Afters mit der Eiablage begannen, sobald sie die Grenze der in der Afterumgebung herrschenden Feuchtigkeit erreicht, d. h. im Höchsfalle eine Strecke von 2—3 cm zurück-

gelegt hatten. Die Eiablage aller Eier (über 12 000!) geht außerordentlich rasch vonstatten und ist in etwa 15–20 Minuten beendet, wonach die Würmer, die dann nur noch einen zusammengeschrunpften, unscheinbaren Schlauch darstellen, sehr rasch absterben und von der Haut bald danach abfallen. Rückwanderung zur Afteröffnung ist nicht anzunehmen, der Aufenthalt der noch nicht legereifen Oxyuren im Darm wird wohl nur durch Ansaugen an der Darmwand ermöglicht, das wohl durch besondere Lippenwülste und Pumpapparat im Vorderabschnitt des Wurmtraktus bewirkt wird. Wenn dieser Pumpapparat durch die prall gefüllten Eischläuche bei den legereifen Weibchen zusammengedrückt wird, können sie sich nicht mehr ansaugen und werden durch die Darmperistaltik und die Kotmassen des Wirtes in die Aftergegend gedrängt, wo sie regellos herumkriechen, ein Teil wandert, wenn der Afterverschluß bei Bettruhe lockerer wird, zum After hinaus, ein Teil nach oben, bis er durch erneut andrängende Kotmassen wieder zurückgetrieben wird. Die bis zu ihrem Tode saugfähigen Männchen bleiben in den oberen Dünndarmabschnitten, wo sie nach Absterben durch den Darmsaft rasch aufgelöst werden. Den ganz jungen Oxyuren fehlt bis zur ersten Häutung Lippenwulst und Pumpapparat, daher haben fast nur in den oberen Abschnitten auskriechende Larven, deren Eier den Magen passiert haben, Aussicht, der Vernichtung durch vorzeitige Herausbeförderung mit den Kotmassen zu entgehen, die alle in den unteren Darmabschnitten auskriechenden Larven, die im Darm selbst abgelegten Eiern entstammen, zum weitaus größten Teile treffen muß.

Endlich glückte E. W. Koch der Versuch, einen sicher wurmfreien Menschen durch Einverleibung ganzer Oxyurenweibchen mittels hohen Einlaufs zu infizieren und eine Vermehrung im Darm zu erzielen, trotzdem durch sinnreiche und sorgfältig überwachte Maßnahmen Infektion durch den Mund ausgeschlossen war, wie auch in einem anderen Falle von bestehender Oxyuriasis bei sorgfältiger Reinfektionsverhinderung selbst nach 8 Wochen keinerlei Aufhören der Verwurmung stattfand, die in dieser Zeit hätte eintreten müssen, wenn nur Neuinfektion durch Mund und Magen möglich wäre. Es ist hierdurch bewiesen, daß in scharfem Gegensatz zu der früher allgemein verbreiteten Ansicht, die Möglichkeit einer Vermehrung der Oxyuren im menschlichen Darm selbst vorliegt, wenn sie wohl auch nicht die Regel ist. Begünstigend hierfür dürfte Darmträgheit und Neigung zur Stuhlverstopfung sein. Andererseits folgt hieraus für die Behandlung, daß neben den oben erwähnten, unbedingt notwendigen hygienischen Maßnahmen eine etwa 4 Wochen dauernde milde Abführkur ohne weitere Wurmmittel genügt, da schon hierdurch die etwa im Darm ausschlüpfenden Larven an der Festheftung in diesem verhindert werden und zugrunde gehen müssen.

Eine weitere Frage war nun, ob die Vermutung mancher Autoren, daß der Wurmfortsatz vielleicht die Stelle sei, an der die ungehinderte Vermehrung der Oxyuren stattfinden könne, zutreffe; denn der Gedanke, daß die Oxyuren in manchen Fällen vielleicht nur deshalb so hartnäckig verbleiben, weil sie vom geschützten Wurmfortsatz aus dauernd den Darm mit neuen Generationen überschwemmen, scheint durchaus einleuchtend. Sind doch Oxyuren im Wurmfortsatz ein alltäglicher Operationsbefund, weshalb nicht wenige

Ärzte annehmen, daß zwischen Oxyuren und „Blinddarmentzündung“ (Appendicitis) ein Zusammenhang bestände. Die Klärung dieser Frage unternahmen von DRIGALSKI und E. W. KOCH durch Untersuchungen an Schulkindern. Wenn nämlich der Wurmfortsatz die alleinige oder doch hauptsächliche Stelle ist, in der neue Madenwurmgenerationen in Ruhe und ohne Gefahr zu früher Herausbeförderung durch Peristaltik und abwärts drängende Kotmassen heranwachsen können, so müssen Menschen, deren Wurmfortsatz operativ entfernt ist, nach der Operation häufiger von Oxyuren frei befunden werden, da bei ihnen Vermehrung im Darm nicht in Frage käme; bei Massenuntersuchungen müßte sich ein deutlicher Unterschied zwischen Blinddarmoperierten und Nichtoperierten herausstellen. Von über 20 000 halleischen Schulkindern aller Schulstufen war 110 der Blinddarm durch Operation entfernt. 100 dieser Kinder wurden auf das Vorhandensein von Madenwürmern untersucht und zur Kontrolle 100 Nichtoperierte (jeweils der rechte Nebenmann des Operierten). Und das Resultat? 57 Wurmträger in beiden Fällen! Der Wurmfortsatz kann bei der Vermehrung der Oxyuren im Darm also keine besondere Bedeutung haben.

Endlich noch wenige Worte über die Häufigkeit der Oxyuren bei Kindern und die Technik der Untersuchung. Die früheren Statistiken, die auf Sektionsbefunden beruhten, gaben wegen der Hinfälligkeit der kleinen Würmer ebenso zu geringe Zahlen und dadurch ein falsches Bild wie Kotuntersuchungen auf Oxyureneier, da deren überwiegende Mehrzahl nicht im Darm, sondern außerhalb des Darms an der Afteröffnung abgelegt wird. Ein Abstrich der Analgegend und deren Umgebung mit dem von mir konstruierten Glasspatel eignet sich zum Nachweis von Oxyureneiern unter dem Mikroskop am besten. Eine vor einigen Jahren vorgenommene Untersuchung von 300 Knaben einer halleischen Volksschule ergab folgende Zahlen, die auch gut mit den Resultaten anderer neuerer Untersuchungen übereinstimmen:

Schuljahr	Zahl der Untersuchten	davon Oxyuren =	Prozent
1. Schuljahr	37	32	86,5
2. Schuljahr	49	41	83,7
4. Schuljahr	39	31	79,5
6. Schuljahr	75	48	64,0
7. Schuljahr	43	30	69,8
8. Schuljahr	42	27	64,3
Gesamtzahl	285	209	73,3

Aus der obenstehenden Tabelle sieht man auch deutlich, daß die Verwurmung vom 1. Schuljahr (6 bis 7jährige) mit zunehmendem Alter von 86,5% stetig bis 64% absinkt, was durch zunehmende Sauberkeit (nicht mehr so häufiges in den Mund stecken der Finger usw.) wohl bedingt ist.

Daß tatsächlich die Finger die Hauptrolle bei der Übertragung spielen, geht aus den Untersuchungen von WILHELMI und QUAST hervor, die im Winter 1923/24 in Großberliner Schulen folgende „Fingernagelprobe“ anstellten: der gesamte Fingernagelrand der drei Mittelfinger beider Hände wurde zur Erweichung des Schmutzes mit 0,5–1% Natron oder Kalilauge betupft, Nagelwurzel und Nagelrand wurden dann mit Wattekügelchen und Pinzette gereinigt, die Wattebäuschchen in 1% Natronlauge ausgespült, der zentrierte Bodensatz mikroskopisch geprüft. Von den untersuchten 637 Kindern zeigten 387, also rund 61%, Oxyureneier im Fingernagelschmutz!

Literatur:

- VON DRIGALSKI und E. W. KOCH: Über die Bedeutung des Wurmfortsatzes für die Entstehung der Oxyuren. Untersuchungen an 200 Schulkindern. Dtsch. med. Wochenschr. 1925, Nr. 8.
- GOEBEL: Die Oxyuriasis. Ergebn. d. inn. Med. u. Kinderheilk. 22, 106–138. 1922.
- HEUBNER: Studien über Oxyuriasis. Jahrb. f. Kinderheilk. 98, 1–21. 1922.
- JAPHA: Die Verbreitung von Oxyuris vermicularis bei

Schulkindern. Münch. med. Wochenschr. 1925, Nr. 12.

- KOCH, E. W.: Oxyurenfortpflanzung im Darm ohne Autoreinfektion und Magenpassage. Zentralbl. f. Bakteriologie, Parasitenk. u. Infektionskrankh., Abt. I, Orig. 94, H. 3/4. 1925.
- KOCH, E. W.: Die Radikalheilung der Oxyuriasis. Dtsch. med. Wochenschr. 1925.
- WILHELMI und QUAST: Über die Verbreitung und den Nachweis der Oxyuriasis. Klin. Wochenschr. 4. Jg., Nr. 20.

Besprechungen.

HERING, M., **Biologie der Schmetterlinge**. Biologische Studienbücher III, herausgegeben von WALTHER SCHOENICHEN. Berlin: Julius Springer 1926. 480 Seiten mit 82 Textabbildungen und 13 Tafeln. 16 x 24 cm. Preis geh. 18, geb. 19,50 Reichsmark.

In der Fülle der bereits vorhandenen Bücher, welche die bunte Welt der Falter behandeln, nimmt das neu erschienene Werk von HERING einen besonderen Platz ein: es beschreibt nicht die Gattungen und Arten nach üblicher Weise in nüchterner Reihenfolge, es ist kein Bestimmungsbuch, an denen bei dieser Insektengruppe wahrlich kein Mangel herrscht, sondern befaßt sich mit den lebenden Tieren, indem es die Biologie der Schmetterlinge der ganzen Erde von großen allgemeinen Gesichtspunkten aus darstellt. Man darf dem Herausgeber der biologischen Studienbücher dazu beglückwünschen, daß es gelungen ist, einen Autor zu finden, der den gewaltigen Stoff zu meistern imstande war. In der Tat sind hier aus der gesamten weit zerstreuten Weltliteratur wohl alle wichtigeren Beobachtungen zusammengetragen und mit großer Sachkenntnis und Umsicht zu einem einheitlichen Gesamtbild vereinigt worden. Vielfach hat der Verf. hierbei auch aus dem eigenen reichen Schatze seiner Erfahrungen schöpfen können, wie dies namentlich bei Besprechung der minenbewohnenden Arten ersichtlich ist. Auf Einzelheiten des Inhaltes kann hier nicht eingegangen werden, nur soviel sei gesagt, daß in dem einleitenden Teil auch die Grundzüge des Körperbaues behandelt worden sind, soweit dies zur Beurteilung der Lebensweise wesentlich war. Dankenswert ist, daß der Verf. hieran einen Abschnitt über die Stammesgeschichte und die verwandtschaftlichen Beziehungen der Schmetterlingsgruppen zueinander gefügt hat. Zumal die knappe Kennzeichnung der verschiedenen Schmetterlingsfamilien in Form einer analytischen Tabelle wird sicherlich vielen willkommen sein. Das Werk gliedert sich im übrigen in 3 Hauptteile, von denen der erste die Entwicklung beginnend vom Ei an, der zweite die Lebensweise der fertigen Schmetterlinge und der dritte eine Reihe allgemeiner Probleme behandelt. In diesem dritten umfangreichsten Abschnitt werden unter anderem die geographische Verbreitung der Schmetterlinge, die Erscheinungen des Generationswechsels, das Leben im Wasser, in Minen und Gallen, Symbiose, Instinktleben und ähnliches geschildert, ebenso wie die Ergebnisse der experimentellen Forschung und die Fragen der wirtschaftlichen Bedeutung wenigstens in den Hauptpunkten berücksichtigt sind. Man folgt dem Verf. gern bei dieser Wanderung durch die mannigfachen Gebiete der Schmetterlingskunde, zumal die Darstellung überall anregend und lebendig ist. Hoffentlich wird das Werk, dem wir eine möglichst weite Verbreitung wünschen, den Anstoß geben, daß auch Liebhaber und Sammler mehr als bisher sich dem biologischen Studium der Falterwelt zuwenden.

R. HEYMONS, Berlin.

HOBGEN, LANCELOT T., **Comparative Physiology**. London: Sidgwick & Jackson 1926. XIV, 219 S. 14 x 22 cm. Preis 7,6 Sh.

Das vorliegende kurze Lehrbuch der vergleichenden Physiologie ist aus Vorträgen hervorgegangen, die der Verf. längere Zeit vor Zoologen und Medizinern an der Edinburger Universität gehalten hat. Für erstere sollten sie eine Einführung in die Physiologie, insbesondere der niederen Lebewesen, für letztere eine Ausdehnung ihrer physiologischen Kenntnisse nach eben dieser Richtung bieten. Natürlich kann das H.sche Werk nur eine Auswahl des gesamten Materials geben, aber diese Auswahl ist sehr geschickt in 12 Kapiteln untergebracht, die in vier große Abteilungen zu je 3 Kapiteln zusammengefaßt werden. — Die erste Abteilung handelt von der Muskelkontraktion, der Art ihres Zustandekommens und der dabei ablaufenden Vorgänge, wobei die neuesten Erfahrungen insbesondere die von HILL mit verwertet werden. Daran schließt sich die Bewegung der Cilien, die amöboide Bewegung und die der Chromatophoren. Angeschlossen sind die Sekretionsvorgänge.

Die zweite Abteilung handelt von der Atmung, wobei zugleich die verschiedenen Atmungspigmente genau besprochen werden, ihr spektroskopisches Verhalten und ihre Fähigkeit zur Gasaufnahme; ferner von der Blutzirkulation. Bei letzterer interessieren besonders die Zirkulationsverhältnisse der untersten Tierstufen, deren anatomische Besonderheiten durch Abbildungen erläutert werden. — Die dritte Abteilung stellt die endokrine Koordination dar, ferner die nervöse Leitung und Erregung und gibt einen Überblick über die durch das Nervensystem vermittelten Prozesse in der niederen Tierwelt.

Der letzte Abschnitt endlich bringt eine Einführung in die Eientwicklung, in die Vererbungsvorgänge, in den Aufbau des Embryos.

Natürlich ist die Darstellung überall knapp gehalten, aber vielleicht gerade darum ist der Fortschritt auf allen hier behandelten Gebieten der vergleichenden Physiologie besonders klar zu erkennen. Der Verf. ist mit der neuesten Literatur genau vertraut, und zwar nicht nur mit der englischen. Auch die neuesten deutschen Arbeiten werden entsprechend gewürdigt. Hervorzuheben ist die Fähigkeit des Verf., gerade das Wesentliche aufzunehmen und leicht verständlich zu verarbeiten, wozu 44 gut ausgewählte Abbildungen besonders beitragen. Die neueste deutsche Literatur besitzt kein Kompendium, das in dieser Kürze und doch Vollständigkeit die wesentlichen vergleichend physiologisch wichtigen Probleme zur Darstellung bringt.

A. LOEWY, Davos.

GUTHERZ, S., **Der Partialtod in funktioneller Betrachtung**. Ein Beitrag zur Lehre von den unspezifischen Reizwirkungen. Jena: G. Fischer 1926. 66 S. und 10 Abbildungen. Preis 3,50 Reichsmark.

Der Verf. sucht für die allgemeine Geltung der

(letzten Endes auf C. WEIGERT zurückgehenden) Annahme, daß Zufallsprodukte von Zellen oder Zellbestandteilen („Nekrotine“) eine „anregende“, leistungssteigernde (unter „Leistung“ wird hier auch Wachstum und Vermehrung verstanden) Wirkung auf andere Zellen ausüben, Beweismaterial aus verschiedenen biologischen und medizinischen Wissensgebieten zu sammeln. Er setzt diese Annahme weiterhin in wesentliche Beziehung zum ARNDT-SCHULZschen „biologischen Grundgesetz“ (= „schwache Reize fördern die Lebensfähigkeit, starke hemmen sie, noch stärkere heben sie auf“) und erweitert sie durch die Aufnahme der sog. „Metaboline“ (= Produkte des normalen Stoffwechsels) unter die „stimulierenden“ Substanzen. Eine Kritik dieser Ausführungen kann füglich unterbleiben, da ihnen vom Verf. selbst in erster Linie heuristische Zwecke zugeschrieben werden. Ob man allerdings ihr eventuelles Versagen in dieser letzteren Hinsicht lediglich dem Umstand wird zuschreiben dürfen, daß „die Zeitströmung, welche die chemisch-physikalische Richtung der Lebensforschung besonders betont, derartigen Bestrebungen (in einem vorhergehenden Satz bezeichnet der Verf. die von ihm behandelten Er-

scheinungen als „essentiell-biologisch“) nicht eben günstig sind“, darf wohl bezweifelt werden.

KARL BĚLAŘ, Berlin-Dahlem.
ELLENBERGER, W., H. BAUM und HERMANN DITTRICH, *Handbuch der Anatomie der Tiere für Künstler*. Bd. IV: Hirsch, Reh, Ziege. 2. verm. Auflage. Leipzig: Dieterichsche Verlagsbuchhandlung 1925. 20 S. und 14 Abb. auf 8 Tafeln mit Erläuterungen. 31 × 25 cm. Preis 14 Reichsmark.

Die Mappe enthält auf 8 losen Tafeln vortreffliche Darstellungen der oberflächlichen Muskulatur (Seitenansicht des ganzen Tieres in natürlicher Stellung nach Entfernung der Haut), des Skelettes (mit eingezeichneten Umrißlinien des Körpers) sowie einige, den Kopf und die Füße betreffende Einzelheiten von Hirsch, Reh und Ziege. Als gesondertes Heft sind zur Erklärung der Abbildungen 20 Seiten Text beigelegt, in welchem insbesondere auf die für den Künstler wichtigen, in der äußeren Modellierung hervortretenden Teile hingewiesen wird. Das Werk dürfte sich für Künstler, denen bei Darstellung dieser Tiere die tatsächlichen Verhältnisse nicht gleichgültig sind, als äußerst brauchbar erweisen. K. v. FRISCH, München.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

Am 5. Februar berichtete Professor FRITZ JAEGER, (Berlin), unter Vorführung von Lichtbildern über seine *Reisen und Forschungen in Mexiko* im Sommer 1925. Der Vortr. war einer der 80 Teilnehmer einer deutschen kaufmännischen und industriellen Exkursion, welche von der mexikanischen Regierung veranlaßt war, um die Handels- und Kulturbeziehungen zwischen beiden Ländern enger zu gestalten. Seine Forschungen beschränkten sich auf den kontinentalen Hauptteil des Landes, während die beiden anderen Landschaften der Republik, die Halbinsel Niederkalifornien und das schon zu Zentralamerika gehörige Gebiet jenseits des Isthmus von Tehuantepec außer Betracht blieben. Der Kern des mexikanischen Staates ist ein von 1100 bis 2600 m aufsteigendes Hochland, das von noch höheren Gebirgen umrahmt und im Süden, in etwa 19° Nord durch eine Zone gewaltiger Vulkanberge begrenzt wird, zu der auch als höchster Berg des Landes der 5600 m hohe Pik von Orizaba gehört. Das Hochland besitzt also als ganzes eine Beckengestalt, die durch zahlreiche Gebirgszüge, welche aus seiner Mitte aufragen, in einzelne Becken zerlegt ist, die mit Schuttablagerungen und vulkanischen Aufschüttungen ausgefüllt sind. Die Bahn von dem Seehafen Veracruz hinauf nach der Hauptstadt Mexiko steigt auf 33 Bahnkilometer um 1134 m an, also 34 m auf den Kilometer. Die leicht gefalteten Tertiärschichten der östlichen Küstenabdachung enthalten die reichen Erdölfelder.

Der kontinentale Teil von Mexiko liegt in derselben geographischen Breite wie die Sahara und hat daher im ganzen ein Trockenklima mit einer Regenzeit im Sommer, die jedoch dem wüstenhaften Niederkalifornien weniger als 100 mm Niederschlag spendet. Das nördliche Binnenhochland hat kaum 300, das südliche 500–800 mm Niederschlagshöhe, was für eine Steppenvegetation ausreicht. Besser beregnet sind nur die Küstengebiete. Der Golfküste und dem östlichen Hochlandsantrieb südlich von Tampico bringt der, von dem warmen Golf herkommende feuchte Passatwind große Regenmengen von 1½ bis 2½ m im Jahr.

In den Höhen von 1500 m herrscht eigentlich das ganze Jahr hindurch eine frühsummerliche Witterung, die z. B. täglich die schönsten Erdbeeren reifen läßt.

Im Winter können die, von Norden hereinbrechenden „Nortes“ starke Abkühlung und gelegentlich auch der Stadt Mexiko Schneefälle bringen.

Mexiko hat so gut wie keine schiffbaren Flüsse mit Ausnahme des östlichen Tieflandstreifens, wo die untersten Teile des, in den Vereinigten Staaten Rio Grande del Norte benannten Grenzflusses Rio Bravo und des Rio Panuco sowie die Ströme des regenreichen Tieflandes von Tabasco befahren werden können. Die Flüsse des Hochlandes stürzen nicht selten zum Tieflande in malerischen Wasserfällen hinab, welche vielfach zur Gewinnung elektrischer Energie ausgenutzt werden. Große Teile des Inneren sind abflußlos und enthalten Salzseen, wogegen der größte mexikanische See, der Chapalla, Süßwasser hat und durch den Rio Grande zum Pazifischen Ozean entwässert.

Der klimatischen Mannigfaltigkeit entspricht die Vegetation. Auf der Strecke von Veracruz nach Mexiko finden wir im Tiefland Savannen mit Gras und niedrigen Buschwald, in 800–1200 m üppigen Regenwald, höher hinauf Laub- und Nadel-, namentlich Kiefernwald. An der Hochlandkante in 2400 m treten weite Grassteppen mit Maisfeldern auf. In den trockenen Gegenden weiter nördlich überwiegt die grasarme Sukkulente-steppe. In der „Mixteca“, der südlichen Verlängerung des Hochlandes nach Oaxaca sind die Kakteen so reich entwickelt, wie sonst nirgend auf der Erde. Als stachelige Säulen starren sie 10–15 m hoch in die Luft — eine Spezies hat den charakteristischen Namen *Cereus columna Trajani* — oder sie verzweigen sich zu mächtigen Kandelaberformen. Dazwischen breiten Agaven, Hechtien und Yuccas ihre starren Blattrosetten aus. Über der in etwa 4000 m gelegenen Waldgrenze folgt eine alpine Hochsteppenvegetation, die auf den höchsten Bergen nach oben in Hochgebirgswüste und schließlich in Schnee- und Eisfelder übergeht.

Als Brückenland zwischen Nord- und Südamerika ist Mexiko ein Mischgebiet verschiedener Floren und Faunen, nämlich der holarktischen, welche die außertropische Nordhalbkugel einnimmt, und der neotropischen, die in Südamerika ihre Heimat hat. Die erstere bewohnt in Mexiko besonders die kühleren

Höhen, die letztere vorwiegend das Tiefland. So bildet Mexiko das Endland der holarktischen Welt, das erst in junger geologischer Zeit mit Südamerika verbunden wurde. Einige Vertreter einer sehr altertümlichen Lebewelt haben sich noch erhalten, deren merkwürdigste der Ahuehuetebaum, *Taxodium mucronatum*, ist, den wir bei uns fossil in der miozänen Braunkohle finden. Unter einem Exemplar jenes Baumes, der in Tule bei Oaxaca steht und dessen gewaltigen Stamm 30 Mann kaum umspannen können, lagerte vor 400 Jahren Hernandez Cortez mit seinen Krieger, und Alexander von Humboldt hielt ihn für das älteste Lebewesen auf Erden.

Die Indianer bilden noch heute den Grundstock der Bevölkerung. Aus ihnen und den Spaniern ist das Volk der Mexikaner entstanden, in dem Mischlinge aller Grade überwiegen.

Die Verschiedenartigkeit des Klimas gestattet Mexiko eine große Mannigfaltigkeit der landwirtschaftlichen Erzeugung. In der Tierra caliente des Küstentieflandes gedeihen besonders der Tabak und die Sisalagave, an der Küste selbst die Kokospalme. An den feuchten Hängen des Hochlandanstieges sehen wir Pflanzungen von Kaffee, meist von Bananensaaten beschattet, Zuckerrohr, Vanille, Apfelsinen und tropischem Obst. Auf dem Hochland dienen ausgedehnte Agavenfelder lediglich der Bereitung des Pulque, des berauschenden Nationalgetränks der Mexikaner. Außerdem wachsen hier Weizen, Gerste, Kartoffeln, Gemüse und unser mitteleuropäisches Obst. Das Hauptgetreide ist im ganzen Lande der Mais. Die landwirtschaftliche Kultur steht auf hoher Stufe. Bei Puebla hat ein Deutscher mit dem sog. Trockenfarmverfahren, das im wesentlichen auf sehr sorgfältiger Bodenbearbeitung und Aufspeicherung der, aus der Regenzeit stammenden Feuchtigkeit im Boden beruht, ausgezeichnete Erfolge erzielt, nämlich einen

300fältigen Weizenantrag, obwohl das Getreide von der Saat bis zur Ernte keinen Tropfen Regen erhalten hatte.

Der Mineralreichtum Mexikos ist für die Weltwirtschaft von der größten Bedeutung. Gold und Silber wurden jahrhundertlang reichlich gewonnen, und noch heute ist Mexiko das erste Silberland der Erde. Nach der Entdeckung ergiebiger Petroleumfelder im Jahre 1910 wird seine Erdölproduktion gegenwärtig nur von derjenigen der Vereinigten Staaten übertroffen.

Die Stadt Mexiko mit 700 000 Einwohnern verdankt ihrer Höhenlage von 2240 m ein angenehmes Klima. Sie ist die Nachfolgerin der alten, von Cortez zerstörten aztekischen Hauptstadt Tenochtitlan und auf einer Insel des abflußlosen Texcocoesees angelegt, durch den sie bei jedem Hochwasser überschwemmt wurde. Erst unter der Herrschaft von Porfirio Diaz gelang es, die vor Jahrhunderten begonnenen Entwässerungsarbeiten zu vollenden und den See durch einen 10 km langen Tunnel abzuleiten und trocken zu legen. Die Stadt wird in malerischer Weise überragt von 2 Vulkanriesen, dem 5286 m hohen Ixtaccihuatl (= Weiße Frau) und dem 5440 m hohen Popocatepetl (= Rauchender Berg). Der Vortr. bestieg beide. Der Ixtaccihuatl zeigte schon von 3400 m an aufwärts Rundhöcker, Gletscherschrammen und andere Spuren ehemals größerer Eisbedeckung. Die Schneehaube des Gipfels weist stellenweise einen Böschungswinkel von 47° auf. Auch der Popocatepetl trägt einen Gletscher. Er befand sich gerade im Stadium des Ausbruchs, und aus dem gewaltigen Kraterkessel von etwa 1500 m Durchmesser und 800 m Tiefe brachen in ungefähr 1stündigen Intervallen ungeheure Rauchmassen hervor, die im wesentlichen aus Wasserdampf mit verzeigten Sandkörnern und Aschenteilen zu bestehen schienen.

O. B.

Mineralogisch-petrographische Mitteilungen.

The mechanical, thermal and optical properties of fused silica. (E. THOMSON, Journ. Frankl. Inst. 200, 313—325. 1925.) In dem vorliegenden Aufsatz gibt der Verf. eine weit ins einzelne gehende Darstellung der Erfahrungen bei der praktischen Verarbeitung des Kieselglases zu technologischen und wissenschaftlichen Zwecken. Unter den mechanischen Eigenschaften ist besonders bemerkenswert die hohe Elastizität dieses Kunstproduktes, unter den thermischen bekanntlich sein sehr geringer Ausdehnungskoeffizient. Das Problem der Herstellung von blasenfreiem Kieselglas kann als gelöst betrachtet werden. Der Anwendbarkeit des technischen, durch Blasen getriebenen Kieselglases eröffnet sich ein weites Feld auf dem Gebiet der Hochspannungsisolatoren, besonders bei Spannungen von mehr als 200 000 Volt. In der optischen Industrie ist besonders die Herstellung von sehr beständigen Kondensorlinien für Projektionszwecke und die Möglichkeit der Herstellung ausgezeichneter astronomischer Spiegel hervorzuheben. Die Anwendbarkeit des Kieselglases bei Lichtquellen für ultraviolette Strahlung ist bekannt; es ist einer der allerdurchlässigsten Körper überhaupt. Auf einige biologische Anwendungen sei hier nicht eingegangen, wohl aber auf die für Gitterteilmaschinen, deren Schraube aus Kieselglas äußerst genau und temperaturkonstant sich herstellen ließe.

Formation of Mullite from Cyanite, Andalusite, and Sillimanite. (J. W. GREIG, Journ. Americ. ceram. soc. 8, 465—484. 1925.) Die vorliegende Abhandlung gibt zunächst eine geschichtliche Darstellung über die Forschun-

gen im System $Al_2O_3-SiO_2$; alsdann gibt der Verf. eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse seiner eigenen mikroskopischen und thermischen Studien über die Zersetzung der bekannten Al_2SiO_5 -Mineralien bei hohen Temperaturen. Es bildet sich dabei das Silicat $3 Al_2O_3 \cdot 2 SiO_2$ (Mullit), neben einer SiO_2 -reichen Phase, die glasig entwickelt sein kann, oder auch vielleicht Cristobalit enthalten kann. Am leichtesten zersetzt sich jedenfalls der Disthen, nämlich bereits bei ca. 1200° merklich, rasch bei 1360°. Andalusit fängt bei 1400° an sich zu zersetzen, Sillimanit erst bei ca. 1550°. Allerdings sind diese Temperaturen keineswegs scharf zu bestimmen, da auch die Erhitzungsdauer eine sehr wesentliche Rolle spielt. Bei Disthen und Andalusit beobachtet man, wie die Umsetzung von der Außenseite der Krystalle einsetzt und allmählich nach innen vordringt. Bei Sillimanit geht die Umsetzung wohl im gesamten Krystall vor sich. Sehr kennzeichnend ist dabei die Orientierung der neuentstehenden Mullitnadelchen, welche bei Disthen sich senkrecht zu der Oberfläche des Krystalles einstellt, bei Andalusit und Sillimanit dagegen parallel zur ursprünglichen Orientierung des Krystalles verbleibt. Ausgezeichnete Photographie bestätigen dies. Thermisch zeigt sich die Zersetzung des Disthens bei 1400° etwa an einer merklichen Diskontinuität der Temperaturdifferenz gegen reinen miterhitzten Korund (Methode der Differentialmessung). Allerdings ist die Lage dieser Unstetigkeit von der Korngröße abhängig. Beim Andalusit bemerkt man eine solche erst unterhalb 1545°. Silli-

manit zeigt bis 1545° überhaupt keine Wärmeeffekte. Besondere Sorgfalt wurde darauf verwendet, um die Form zu bestimmen, in welcher die Kieselsäure neben Mullit in den Zersetzungsprodukten vorhanden ist. Empfindliche Differentialmessungen ergaben nur schwache Effekte, die einer Umwandlung des Cristobalits $\beta \rightarrow \alpha$ entsprechen. Auch ergaben Röntgenographien des Pulvers die Anwesenheit von Cristobalit in winzigen Krystallen. Die Bildung dieses Cristobalits auch bei Temperaturen, die dem Stabilitätsfeld des Tridymits entsprechen, erscheint bei seiner Neigung zur metastabilen Krystallisation nicht weiter verwunderlich. Wichtig ist die Erscheinung, daß die durch Zersetzung der Al_2SiO_5 -Mineralien gebildeten Produkte ein größeres spezifisches Volumen besitzen. Für die keramische Praxis ist dies von Wichtigkeit, weil Cyanit wegen dieses großen Volumeffektes zur Erzeugung hochfeuerfester Produkte ungeeignet erscheint. Man kann allerdings noch vor der Verarbeitung ihn auf 1400° erhitzen und dadurch in eine leicht zerreibliche mullitreiche Masse verwandeln, die keine weiteren Volumänderungen mehr erfährt.

Progress report on the use of andalusite as a refractory. (R. TWELLS, Journ. Americ. ceram. soc. 8, 485 bis 492. 1925.) Der Gebrauch des Andalusits von den White Mts., Inyo Range, Calif. (vgl. PECK, Americ. mineral. 9, 123. 1924), zu keramischen Zwecken ist vor allen Dingen zur Herstellung von höchstwertigen Zündkerzenkörpern bedeutungsvoll geworden. Ein großer Vorteil dieses Andalusits ist seine Formbeständigkeit bei der Umwandlung zu Mullit und SiO_2 -Glas, seine sehr hohe Feuerbeständigkeit und seine leichte Verarbeitbarkeit. Die geringen Verunreinigungen mit Pyrophyllit wirken günstig als ein Flußmittel, und es kann der Andalusit ohne weiteres plastisch verarbeitet werden. Sehr wichtig ist die Feuerbeständigkeit der aus Andalusitmaterial hergestellten Untersätze für die Brennöfen; er ist in dieser Beziehung sogar dem Carborundum gleichwertig. In der Diskussion gibt u. a. GREIG noch wertvolle Vergleiche der Andalusit-Mullit-Massen mit der bekannten MARQUARDTSchen Masse.

An X-ray study of natural and artificial sillimanite. (J. T. NORTON, Journ. Americ. ceram. soc. 8, 401—406. 1925.) **An X-ray study of cyanite and andalusite.** (J. T. NORTON, Journ. Americ. ceram. soc. 8, 636—639. 1925.) Mit Hilfe der Methode von HULL wird nachgeprüft, ob die Gemenge von Al_2O_3 und SiO_2 im Verhältnis 1 : 1 und 3 : 2 beim Schmelzen und Krystallisieren Produkte ergeben, welche von dem natürlichen Sillimanit irgendwie sich unterscheiden. Verf. findet aber, daß eine völlige Übereinstimmung des Röntgendiagramms zwischen dem „künstlichen“ und dem natürlichen Sillimanit bestehe. Verf. zieht daraus den Schluß, daß wirklich beide identisch seien. Er erkennt in der Röntgenuntersuchung eine Methode, welche der chemischen Analyse überlegen sei, und daß man folgern müsse, daß in der Tat das Gittergefüge beider übereinstimmt, in dem einen Falle aber noch Moleküle von SiO_2 oder Al_2O_3 irgendwie eingefügt sein müßten, und zwar in zufälliger Verteilung, da diese keine eigenen Interferenzen verursachen.

In gleicher Weise untersuchte Verf. auch Pulverdiagramme von Disthen und Andalusit, welche als selbständige Modifikationen auch individuelle Röntgendiagramme ergeben. Verf. bestätigt die Ergebnisse von PECK über die Umwandlung derselben in „künstlichen Sillimanit“ bei höheren Temperaturen, wie seit längerem bekannt.

In beiden Arbeiten gibt Verf. auch eine Diskussion mit den Ergebnissen von BOWEN und GREIG über den

Mullit; er hält diesen als künstlichen Sillimanit für wesensgleich mit dem natürlichen.

Discussion on „An X-ray study of natural and artificial sillimanite“. (N. L. BOWEN and J. W. GREIG, Journ. Americ. ceram. soc. 4, 574—576 1925. Abstracts.) Eine Entgegnung von BOWEN und GREIG, zu der vorstehenden Arbeit von J. T. NORTON. Die Verff. treten der Ansicht NORTONS entgegen, daß Sillimanit und Mullit wesensgleich seien und daß auch ihre chemische Zusammensetzung dieselbe sein müsse, weil das Verhalten gegenüber den Röntgenstrahlen einen Unterschied nicht erkennen lasse. Die Verff. zeigen die großen Unterschiede beider an dem verschiedenen thermischen Verhalten bei den synthetischen Studien und erkennen in der nahen kristallographischen Übereinstimmung beider einen Grund für die Analogie auch im Verhalten gegenüber den Röntgenstrahlen.

A micro-furnace for high magnification. (H. S. ROBERTS and TAISSA STADNICHENKO, Journ. opt. soc. Americ. 10, 605—608. 1925.) Der hier beschriebene Mikroskopofen ist besonders bestimmt zur Beobachtung der Veränderungen im Mikrogefüge von Schmelzen von Kohle oder kohligen Tonen; er ist besonders ausgezeichnet durch Anwendbarkeit auch starker Objektive. Die Substanz wird zwischen 2 Kieselglasstreifen eingeführt, welche mittels Nichrombandes erhitzt werden. Der Ofenkörper ist mit Wasser gekühlt und wird zur Vermeidung von Oxydation mit Heliumgas gefüllt, das in genau reguliertem Strome eingeführt wird. Der Einfluß des Gasstromes auf die Ablesung des Thermoelementes wird empirisch festgestellt. Mit Niederspannungsstrom von 11 Volt und 40 Amp. kann 800° C erreicht werden.

The Geophysical Laboratory furnace thermostat. (H. S. ROBERTS, Journ. opt. soc. Americ. 11, 171—186. 1925.) Die im Geophysikalischen Laboratorium neuerdings benutzten Öfen für konstante Temperaturen beruhen auf dem von WHITE und ADAMS (Phys. review 14, 44. 1919) angegebenen Prinzip, daß die Heizwicklung des Ofens selbst als ein Widerstandsthermometer benutzt wird. Der Ofen wird alsdann in einen Zweig einer Wheatstoneschen Brückenschaltung so gelegt, daß die Brücke mit einem Nullinstrument, stromlos ist, wenn die einzustellende Temperatur wirklich herrscht, dieses Instrument aber je einen Kontakt betätigt, je nachdem die Temperatur zu hoch oder zu niedrig geht, wodurch dann Relais betätigt werden, welche das Gleichgewicht durch Ein- oder Ausschalten eines Hilfsstromkreises wiederherstellen. Auf die sehr sorgfältig entworfenen Schaltungsweisen für Gleich- und Wechselstrom kann hier im Referat nicht näher eingegangen werden.

A black body for optical pyrometer calibration. (H. S. ROBERTS, Journ. opt. soc. Americ. 10, 723 f. 1925.) Der neue schwarze Körper besteht aus einem längsdurchbohrten Zylinder aus Achesongraphit mit eingeschnittenem Schraubengewinde im Innern, welcher am einen Ende eine enge Öffnung zum Anvisieren hat, am anderen Ende aber einen kürzeren Graphitstößel trägt, der an dem inneren Ende schräg abgeschnitten und mit einer glatten zylindrischen Bohrung versehen ist. Auf diese Abschrägung legt man ein Scheibchen von dem hochschmelzenden Eichmetall (Ag, Au, Pd, Pt) und erhitzt das Graphitblockchen in aufrechter Stellung bis zum Schmelzen des Metalls. Visiert man dieses durch die obere enge Öffnung an, so bemerkt man beim Eintreten der Schmelzung dunkle Flecken auf dem Bilde des Metalls, herrührend von der Reflexion des Schauloches; zuletzt kann man auch das Abtropfen des flüssigen Metalls beobachten. Eine entsprechende

Vorrichtung aus MARQUARDTScher Masse oder ThO_2 , geschwärzt durch Metalloxyde, kann auch für unedlere Metalle (Ni, Fe) benutzt werden.

Leverrierite als schicht-forming mineral. (C. S. CORBETT, *Americ. Journ. of science* [5], 10, 247—268. 1925.) Der Leverrierit, der als sekundäres Mineral in Sedimentgesteinen schon öfters beobachtet wurde, und auch gelegentlich in Gängen auftritt, ist vom Muscovit nur sehr schwer physikalisch zu unterscheiden, enthält aber nicht Kali als wesentlichen Bestandteil. In vorliegender Arbeit wird gezeigt, daß dieses Mineral auch in Schiefergesteinen, in denen es dem Muscovit ganz besonders ähnlich sein mußte, tatsächlich auftritt. Es werden vom Verf. späterhin einige Gesteine dieser Art beschrieben, welche höchstens Spuren von Kali enthalten und doch ganz den Typus von Muscovitgesteinen haben.

Für den Muscovit ist charakteristisch, daß er zwar in magmatischen sauren Gesteinen auftritt, nicht aber auf Gängen direkt aus Lösungen ausgeschieden erscheint. Umgekehrt ist für den Leverrierit das magmatische Vorkommen noch nicht beobachtet, meist aber das sekundäre (so von P. TERMIER wiederholt beschrieben); merkwürdig ist auch sein Auftreten in Verbindung mit Erzlagertstätten (so von Beidell, Saguache Co., Colorado, vgl. LARSEN und WHERRY, *Journ. Washington acad. sciences* 7, 208—217. 1917; ferner vom Carson District, Owyhee Co., Idaho, vgl. SHANNON, *Proc. U.S. nat. Mus.* 62, Nr. 15. 1923). Höchst bemerkenswert ist dabei die von LARSEN und WHERRY gefundene Tatsache, daß die Lichtbrechung des Leverrierits variabel ist, und daß der Wassergehalt von gewöhnlicher Temperatur bis 350° kontinuierlich sich verringert. Die Doppelbrechung bleibt dabei die gleiche. Genetisch ist ferner wichtig die Beobachtung von H. G. FERGUSON (*Econ. geol.* 16, 1—36. 1921), daß der Leverrierit in den Erzen von Manhattan, Nevada, aus Lösungen abgesetzt wurde, und das Mineral hier unabhängig von Schiefergesteinen auftritt.

LARSEN und WHERRY fassen als Leverrieritgruppe folgende Aluminiumhydrosilicate nach zunehmendem Molekularverhältnis $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{SiO}_2$ zusammen: Batchelorit, Kryptotil, Leverrierit (Frankreich), Rectorit, Leverrierit (Colorado), Delanouit. Verf. möchte vor allem noch hinzufügen zu dieser Reihe den Pyrophyllit (nach DANA $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4 \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$).

Des weiteren geht Verf. dazu über, die Wahrscheinlichkeit einer sehr weiten Verbreitung des Leverrierits und der ihm nahestehenden Mineralien besonders in denjenigen Gesteinen nachzuweisen, welche durch Metamorphose mechanisch umgebildet wurden. Daß diese weite Verbreitung nicht früher erkannt worden ist, liegt einerseits an der außerordentlichen Ähnlichkeit des Minerals mit Muscovit oder Sericit, sehr wahrscheinlich aber auch an der isomorphen Beziehung beider Typen. Die in der Literatur verstreuten Analysen von „hydratisierten Glimmern“ deuten auf die Wirklichkeit gewisser Isomorphiebeziehungen hin. Mineralien der Leverrieritgruppe sind vor allen Dingen in denjenigen Gesteinen zu erwarten, deren K_2O -Gehalt nicht ausreicht zur Bildung des Muscovits; auch könnte leicht der Kaolin durch Wasserverlust in Leverrierit übergehen, wie nach der von CLARKE gegebenen Formel beide Mineralien bei gleichem Verhältnis $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{SiO}_2$ sich nur durch den Wassergehalt unterscheiden. Auch bei der Gesteinsverwitterung könnte sich besonders aus Feldspat das Molekül des Leverrierits bilden, vor allem auch bei hydrothermalen Zersetzung, z. B. in den Lagerstätten der englischen Porzellantone. Direkt auch durch Niederschlag von kolloidalen Lösungen von Al_2O_3

und SiO_2 kann sich Leverrierit bilden, wie dies das Vorkommen von Manhattan, Nevada, zeigt. In Glimmerschiefern dürfte auch das Vorkommen der einfachen Aluminiumsilicate Andalusit, Sillimanit und Disthen darauf hinweisen, wie diese aus Leverrierit sich abteilen.

Da es praktisch unmöglich ist, auf dem gewöhnlichen Wege der petrographischen Untersuchung Leverrierit von Muscovit zu unterscheiden, benutzte Verf. die Methode von E. BORİČKY zum mikrochemischen Nachweis des Kaliums an winzigsten Proben. Auf diese Weise konnte er z. B. an Baraboo-Quarzit von Ablemans, Wis., nachweisen, daß das glimmerähnliche Mineral in diesem Leverrierit ist. In einem quarzitisches Sericitschiefer von Waterloo, Wis., und in dem Mesnard-Quarzit aus dem Marquette-Distrikt, Mich., erwies dasselbe sich als ein Gemenge oder Mischkristall von Muscovit mit Leverrierit. Sehr schwierig ist die Deutung des Mineralbestandes im Tonschiefer der Seely-Gruppe vom Baraboo-Distrikt, Wis., in welchem am wahrscheinlichsten neben Chlorit vor allem Quarz und Leverrierit auftritt.

Besonders wichtig ist die Anwendung röntgenographischer Methoden auf das vorliegende Problem. Als typischer Leverrierit wurde der von April Fool, Manhattan-Distrikt, Nevada, und von Beidell, Colorado, erkannt. Die Interferenzlinien des Leverrierits stimmen größtenteils mit denen des Muscovits überein, nur eine stärkere erscheint deutlich verschoben. Auch das Röntgenogramm des Pyrophyllits zeigt die nahe Verwandtschaft zum Leverrierit und auch zum Muscovit. In den sehr feinkörnigen Präparaten des Baraboo-Quarzits ist das Gemenge von Quarz und Leverrierit sehr deutlich zu erkennen, während in denen des Seeley-Schiefers eine Unterscheidung von Muscovit nicht mehr möglich war.

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen zeigen jedenfalls, daß der Leverrierit in Glimmerschiefern als Produkt der mit der Schieferung verbundenen „anamorphen“ Reaktion vorkommt, und daß die Anwesenheit oder Zufuhr von Kali nicht nötig ist, um ein Gestein mit Tongehalt in einen Glimmerschiefer umzubilden.

The crystalline modifications of $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$. (N. L. BOWEN und J. W. GREIG, *Americ. Journ. of science* [5] 10, 204—212. 1925.) Bekanntlich ist der Carnegieit bei gewöhnlichen Temperaturen durch eine polysynthetische Verzwilligung gekennzeichnet; die vorliegende Untersuchung ergab aber das wichtige Resultat, daß oberhalb 692° das genannte Silikat in eine reguläre, isotrope Modifikation übergeht. Damit tritt der Carnegieit in eine bemerkenswerte Analogie zum Cristobalit im System SiO_2 . Man kann die Umwandlung des vermutlich triklinen polysynthetischen Carnegieits bequem im Erhitzungsmikroskop beobachten, wenn man das Kristallpulver in geschmolzenes glasiges Natriummetaphosphat (aus $\text{NaNH}_4\text{HPO}_4 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$) einbettet. Hierbei beobachtet man bei vielen Präparaten zunächst bei Rotgluthitze einen scharfen reversiblen Übergang von der doppelbrechenden zur isotropen Form. Manchmal aber auch stellt sich bereits bei wesentlich niedrigerer Temperatur eine plötzliche Zunahme der Doppelbrechung ein; kühlt man wieder ab, so erfolgt die Wiederherstellung des ursprünglichen Zustandes nur sehr langsam. Nach einer besonders sorgfältigen Untersuchung dieser beiden Typen von Umwandlungen mit Hilfe der Differentialmethode ergab sich, daß die reversible scharf einsetzt bei $692,1^\circ$ beim Erhitzen und bei $698,4^\circ$ zu Ende geht; beim Abkühlen findet sich eine Unstetigkeit der Differential-

kurve erst bei 693,6° und hauptsächlich bei 687,0°. Die träge Umwandlung setzt scharf bei 226,5° ein; Präparate, welche diese zeigen, gehen bei 658,3 bereits in die isotrope Form über. Beim Abkühlen tritt der Wärmeeffekt der Rückwandlung schon bei 653,7° auf, die Umwandlung bei tiefer Temperatur ist aber so träge, daß sie erst bei etwa 176° an einem sehr schwachen Effekt erkannt wird. Der Wärmeeffekt der Umwandlung bei 226,5° beträgt nur etwa 2 cal pro Gramm; derjenige der Umwandlung bei 692° ist ca. 15 cal.

Auch der Carnegieit gehorcht nach diesen Ergebnissen der Regel, daß die bei höherer Temperatur stabilen Modifikationen eine höhere Symmetrie ihrer Krystallform besitzen (man könnte ihn etwa mit Kryolith, Leucit und Boracit vergleichen; Ref.). Es

steht die Möglichkeit offen, daß der Carnegieit in der Natur noch in einer pseudokubischen, polysynthetisch verzwilligten Form gefunden werde. Die Hypothese, daß im Anemousit von Linosa der Carnegieit in dem Mischkrystall mit Anorthit enthalten ist (vgl. WASHINGTON und WRIGHT, Americ. Journ. of Science [4] 29, 60 ff. 1910), verliert nach den vorliegenden Ergebnissen an Wahrscheinlichkeit, da die geringe Mischbarkeit des Anorthits mit dem kubischen Carnegieit bei magmatischen Temperaturen erwiesen ist und nunmehr nicht verwundern kann. Sehr viel wahrscheinlicher ist dagegen die Annahme von PARSONS (Univ. Toronto Stud. Geol. Ser. Nr. 14, S. 32—38. 1922), daß das Carnegieit-Molekül dem des Analcims sich beismischen kann.

W. EITEL.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Das Tierleben am Mount Everest. Die beiden ersten englischen Expeditionen zur Besteigung des Mount Everest in den Jahren 1921 und 1922 hatten bereits interessante und wichtige Beobachtungen über die Tierwelt in den Hochregionen des tibetanischen Himalaya angestellt, über welche seinerzeit in dieser Zeitschrift (1923, Jg. 11, H. 5, S. 67.) berichtet wurde. Auf der dritten Reise 1924 wurde gleichfalls der Fauna besondere Aufmerksamkeit geschenkt, und der Naturforscher dieser Expedition, Major R. W. G. HINGSTON hielt in der Royal Geographical Society zu London am 12. Januar 1925 einen Vortrag über die Ergebnisse seiner Forschungen (Animal life at high altitudes. Geographical Journ., London 1925, 65, Nr. 3, S. 185 bis 198, mit Abbildungen).

In erster Linie betont er die wichtige Rolle, welche die Anpassung nicht nur an die Farbe, sondern auch an die Formen der Umgebung spielt, so daß manche Tiere nicht von den umherliegenden Steinen, zwischen denen sie sich verborgen halten, unterschieden werden können. Zahlreich sind die angeführten Beispiele von Gazellen, Hasen, Murmeltieren, die auf den kahlen Pässen noch in 5200 m Höhe vorkommen, Finken, Lerchen, Hühnervögeln, Eidechsen usw. Die große zentralasiatische Wanderheuschrecke lebt auf frischem Gras und hat daher eine lebhaft grüne Farbe; eine neu entdeckte kleine und flügellose Art, die noch in 5500 m auf Moränen und Granitgrus vorkommt, ist entsprechend dieser Unterlage grau und schwarz gesprenkelt; eine dritte Art harmoniert durch blaue und rote Flecken mit den Farben einer gewissen Sorte von Kies, und eine vierte Form ist gleichförmig blau wie die geglätteten Flußgerölle auf den Sandbänken des Chiblung Chu.

Da die kahlen Höhen den Tieren nur selten Möglichkeiten zum Verstecken bieten, so hat die Schutzfärbung in jenen weiten, offenen Flächen von Sand, Schutt und Schnee eine ganz besondere Bedeutung für die Tierwelt.

Aber auch in anderer Beziehung ist diese den Lebensbedingungen jener rauen Gegend angepaßt. Der Wind pflegt dort mit so großer Heftigkeit zu wehen, daß er den Granit nicht nur glättet, sondern sogar Rinnen von 2 cm Tiefe in den Felsen ausfurcht. Gegen diese Stürme sind die meisten Säugetiere durch ein ungewöhnlich dicht behaartes Fell geschützt, wie z. B. Ziegen, Hunde und der, bis zu einer Höhe von 5200 m vorkommende Hase. Schweine wurden noch in 3650 m gesehen; sie unterscheiden sich von ihren halbnackten Genossen der Ebene durch ein dickes rostfarbenes Fell. Das beste Beispiel aber bietet der Jack. Über dem Wollflaum seines Felles hängt ein langer dichter Haarschurz tief herab, so daß namentlich die Beine geschützt sind. Der Hals trägt eine starke Mähne und der Schwanz dicke und buschige lange Haare. Beim Grasens steht

das Tier dem Winde abgewendet, so daß der Schwanz als wirksamer Windschutz für den Körper dient, während die Beine durch die vom Fell herabhängenden Haare, der gesenkte Kopf durch die Nackenmähne geschützt sind. Selbst Schmetterlinge, wie der für die großen Höhen von 5200 m charakteristische Apollotaler, ist fellartig behaart. Zweiflügler kamen noch in 4900 m vor. Die Schnäbel der insektenfressenden Vögel sind so beschaffen, daß sie gefrorenen Boden durchstoßen können.

Die Ernährungsschwierigkeiten und der Kampf um das Dasein in den unwirtlichen Hochgebirgsregionen veranlaßt die Tiere vielfach zur Bildung von Lebensgemeinschaften. Eine derartige Symbiose besteht zwischen dem Wildschaf und der Dohle, die auf dem Rücken des Schafes sitzend, ihm die lästigen Insekten aus dem Fell sucht, in dem die Dohle ihrerseits einen warmen Schlafplatz findet. Die Wildschafe klettern bis 5200 m und bringen dabei vielfach abgewitterte Blöcke und Steine zum Absturz, so daß ihnen ein nicht unbedeutender Anteil bei der Abtragung der Berge zukommt.

Um der Winterkälte zu entgehen, verlassen viele Tiere im Herbst die großen Höhen, während andere in Felsklüften oder in der Erde Winterschlaf halten. Die Expedition fand Anfang April unter den Steinen viele Würmer und Käfer, Tausendfüßler und Spinnen erstarrt und fast unfähig, sich zu bewegen. Messungen ergaben, daß bei einer mittleren Lufttemperatur von $-7,2^{\circ}\text{C}$ das Thermometer in 30 cm Tiefe bereits $+0,6^{\circ}\text{C}$ zeigte, ein Beweis, wie vorteilhaft für die Tiere das Verbergen in der Erde ist. Noch günstiger gestalten sich die Verhältnisse im Winter bei Vorhandensein einer Schneedecke. In 5200 m Höhe schwankte die Temperatur unter einem Stein nur um $6,1^{\circ}\text{C}$, diejenige der freien Luft dagegen um $24,4^{\circ}\text{C}$. Warme Quellen, deren eine die für dortige Verhältnisse hohe Temperatur von $15,6^{\circ}\text{C}$ aufwies, bilden ein willkommenes Rückzugsgebiet für die Tiere. In dem Quellwasser leben hauptsächlich Krustaceen und Muscheln. Auch die einzige Schlangenart des tibetanischen Hochlandes findet sich dort.

In dem eingangs erwähnten ersten Bericht war als das höchste Vorkommen von tierischem Leben ein Geier erwähnt worden, der über einem 7540 m hohen Gipfel im Segelflug dahinschwebte. Die Mitglieder der dritten Expedition fanden Bienen und Schmetterlinge bis zu 6400 m, Spinnen bis 6700 m und Dohlen bis zu der enormen Höhe von 8230 m. Permanentes animalisches Leben wurde weit innerhalb der Schneeregion, noch 1200 m über der äußersten Vegetationsgrenze beobachtet. Es handelte sich um kleine Spinnen, die demnach von allen erdgebundenen Tieren die größten Höhen erreichen können. Sie leben auf Inseln von Felschutt,

die rings von Eis und Schnee umgeben sind. Da dort keine Spur von Vegetation oder irgendwelchen Tieren vorhanden ist, so fressen sie ihre eigenen Artgenossen.

Im Anschluß an den Vortrag teilte der Direktor des Königlichen Botanischen Gartens in Kew, Dr. A. W. HILL mit, daß als *höchste Standorte von Pflanzen* bisher festgestellt wurden: 1921 von A. F. R. WOLLASTON am Mount Everest in 6220 m *Arenaria muscosa* und 1905 von JACOT GUILLARMOD am Kanchanjanga in 6290 m *Delphinium glaciale*.

Die mittlere Lufttemperatur der Parallelkreise. Die mittlere Temperatur der Luft im Meeresniveau wird für die gesamte Erde in der Weise berechnet, daß man aus Isothermenkarten die Mitteltemperaturen der einzelnen Parallelkreise bestimmt und deren verschiedene Länge bei der Berechnung des Gesamtmittels berücksichtigt. DOVE (1852), SPITALER (1885), BATCHELDER (1894) und HOPFNER (1906) haben für die meisten bis dahin zugänglichen Breitenkreise diese Berechnungen durchgeführt¹⁾. Eine Ergänzung für den nordpolaren Teil konnte HENRIK MOHN auf Grundlage von FRIDTJOF NANSENS Beobachtungen bei dessen Durchquerung des arktischen Eismeres mit der „Fram“ 1893—1896 geben²⁾. Für den fehlenden südpolaren Teil leitete dann WILHELM MEINARDUS Mittelwerte ab, welche er in einem von Meteorologen wenig benutzten geographischen Handbuch veröffentlichte³⁾, die jedoch inzwischen durch die Messungen neuerer antarktischer Expeditionen überholt worden sind. MEINARDUS hat daher die alten Werte revidiert und durch neue ersetzt⁴⁾, wobei sich ergab, daß die Temperaturen der höheren südlichen Breiten beträchtlich niedriger sind, als es die früheren Untersuchungen vermuten ließen. In der Umgebung des Südpols, der in etwa 2900 m Höhe auf dem völlig vereisten Zentralplateau der Antarktis liegt, hatte ROALD AMUNDSEN im Dezember 1911, also im Hochsommer, eine mittlere Temperatur von $-22,7^{\circ}$, R. F. SCOTT im Januar 1912 eine solche von $-28,2^{\circ}$ gemessen, Werte, die sich durch Reduktion auf das Meeresniveau (unter der üblichen Voraussetzung einer Temperaturabnahme mit der Höhe von $0,5^{\circ}$ für je 100 m) auf $-8,2^{\circ}$ für den Dezember und $-13,7^{\circ}$ für den Januar erniedrigen würden. MEINARDUS hält jedoch diese Zahlen für zu niedrig, da gerade jene Zeit auch an der britischen Ausgangsstation bei Kap Evans in Süd-Victorialand (etwa 78° Süd) um mehrere Grade zu kalt war, und nimmt daher als Januartemperatur des Südpols im Meeresniveau nur -11° an.

Als mittlere Lufttemperaturen der Parallelkreise, auf das Meeresniveau bezogen, ergeben sich danach die folgenden. (Siehe obenstehende Tabelle.)

Da der Flächeninhalt der Südpolarkalotte von 70° bis 90° nur 6% der Halbkugel beträgt, so werden sich deren Mitteltemperaturen kaum wesentlich ändern, selbst wenn diejenigen der hohen Südbreiten durch spätere Beobachtungen um einige Grad erniedrigt oder erhöht werden sollten. Obgleich also den Werten für die polnahen Gebiete der südlichen Halbkugel noch ein erheblicher Grad von Unsicherheit anhaftet, sind wir

Breite	Januar		Juli		Jahr	
	Nord	Süd	Nord	Süd	Nord	Süd
0°	26,4	26,4	25,6	25,6	26,2	26,2
10°	25,8	26,3	26,9	23,9	26,7	25,3
20°	21,8	25,4	28,0	20,0	25,3	22,9
30°	14,5	21,9	27,3	14,7	20,4	18,4
40°	5,0	15,6	24,0	9,0	14,1	11,9
50°	— 7,1	8,3	18,1	3,0	5,8	5,5
60°	— 16,1	1,2	14,1	— 10,3	— 1,1	— 4,1
70°	— 26,3	— 1,3	7,3	— 23,9	— 10,7	— 13,3
80°	— 32,2	— 7,4	2,0	— 36,3	— 18,1	— 24,7
90°	— 41	— 11	— 1,0	— 42	— 22,7	— 30
Halbkugel	8,1	17,0	22,4	9,7	15,2	13,3
Ganze Erde	12,5		16,1		14,2	

doch nunmehr in der Lage, uns an der Hand der obigen Tabelle eine zutreffende Vorstellung über die Mitteltemperaturen der einzelnen Breitenzonen in den extremen Monaten und im Jahresdurchschnitt auf beiden Halbkugeln, sowie für die ganze Erde zu machen.

Wir sehen, daß die Wintertemperaturen in der Arktis (Januar) und der Antarktis (Juli) nur um kleine Beträge voneinander abweichen (wohlverstanden immer im Meeresniveau!), daß jedoch in den gemäßigten Breiten der Winter der Südhalbkugel beträchtlich milder ist als derjenige der Nordhalbkugel, wodurch sich für den Winter ein Wärmeüberschuß der Südhalbkugel über die Nordhalbkugel ergibt. Den größten Unterschied zwischen den beiden Hemisphären aber finden wir bei den Sommertemperaturen, die auf der südlichen Halbkugel (Januar) durchweg erheblich geringer sind als auf der nördlichen (Juli). So kommt es, daß die mittlere Lufttemperatur für die ganze Erde im Südsommer niedriger ist als im Nordsummer.

Da die Erde sich aber zur Zeit des Südsommers in Sonnennähe befindet, so muß man annehmen, daß die Sonne der südlichen Halbkugel im Januar mehr Wärme zustrahlt als der nördlichen im Juli. Wenn trotzdem die Lufttemperatur die erwähnten Unterschiede aufweist, so ist dafür die ungleichmäßige Verteilung von Wasser und Land verantwortlich zu machen. Die Südhalbkugel zeigt in den außerpolaren Breiten, namentlich aber in der gemäßigten Zone, ein so entschiedenes Vordringen des Meeres, daß die sommerliche Erhitzung der geringen Landflächen durch die Sonnenstrahlung nicht ausreicht, um die Sommertemperatur der ganzen Halbkugel auf dieselbe Höhe zu bringen, welche die Nordhalbkugel infolge der großen Ausdehnung ihrer Kontinentalgebiete erreicht.

Russische Nordpolarforschung. Die deutschen geographischen Zeitschriften, welche früher ziemlich regelmäßig die Ergebnisse russischer wissenschaftlicher Arbeiten und Entdeckungsreisen anzeigten, haben diese Berichterstattung schon lange vor dem Weltkrieg eingestellt, so daß wir seit Jahrzehnten über russische geographische Arbeiten nur sehr unvollkommen unterrichtet werden. Erschwerend wirkte auch, daß die russischen wissenschaftlichen Kreise in steigendem Maße darauf verzichteten, ihren Abhandlungen kurze Inhaltsangaben in einer westeuropäischen Sprache beizufügen, so daß wir meistens auf lückenhafte oder entstellte Nachrichten aus zweiter oder dritter Hand angewiesen sind.

Auch über die vielen, zum Teil mit großem Erfolg ausgeführten Unternehmungen der Russen im Polargebiet sind wir daher sehr schlecht informiert, und der russische Polarforscher Dr. LEONID BREITFUSS hat sich deshalb ein großes Verdienst erworben, daß er uns die Kenntnis aller im hohen Norden während der Jahre

¹⁾ HANN-SÜRING, Lehrbuch der Meteorologie. 4. Auflage, Lieferung 1, S. 142—143. Leipzig 1924.

²⁾ The Norwegian North Polar Expedition 1893/96. Scientific Results ed. by FRIDTJOF NANSEN. Bd. VI, Meteorology by MOHN. Christiania 1905.

³⁾ Geographisches Handbuch. Herausgegeben von ALBERT SCOBEL. 5. Aufl. Bd. I, S. 74. Bielefeld und Leipzig 1909.

⁴⁾ Neue Mitteltemperaturen der höheren südlichen Breiten. Nachr. d. Ges. d. Wiss., Göttingen, Mathem.-physik. Kl. 1925. 12 Seiten.

1912–1924 ausgeführten See- und Landreisen in einer auf die russischen Originalquellen zurückgehenden Bearbeitung (Die Erforschung des Polargebietes Russisch-Eurasiens. Dr. A. PETERMANNS Mitteilungen aus Justus Perthes Geographischer Anstalt, Ergänzungsheft Nr. 188. Gotha: Justus Perthes 1925. VI, 113 Seiten, 16 Karten) vermittelt. Der Verfasser hat 10 Jahre lang teils als erster Assistent, teils als Leiter der Wissenschaftlichen Murman-Expedition fungiert, nahm regen Anteil an der Gründung der nordischen Radiowetterstationen, sowie der Ausrüstung von Rettungsexpeditionen und war bis 1920 Chef des Ozeanographischen und Meteorologischen Dienstes an dem Haupthydrographischen Amt der Marine in Petersburg. Er dürfte gegenwärtig der beste Kenner der russischen Polarliteratur in Deutschland sein. Mit Überraschung erfährt man aus seinem Werk, daß in dem kurzen, von ihm behandelten Zeitraum nicht weniger als 130 Polarexpeditionen von russischen Forschern des alten Stammes in der Arktis tätig gewesen sind. Mehr als 500 Schriften wurden über diese Reisen veröffentlicht, auf denen neben rein wissenschaftlichen Untersuchungen auf den Gebieten der Topographie, Kartographie, Geophysik, Meteorologie, Ozeanologie, Geologie usw. auch praktische Ziele verfolgt wurden. Von hervorragendem Wert für die Schifffahrt erwiesen sich insbesondere nautische Arbeiten zum Ausbau des Nordsibirischen Seewegs und die Einrichtung von Radiostationen für Zwecke der Wetterprognose und des Eismeldedienstes. Dazu kamen noch Untersuchungen von Lagerstätten nutzbarer Mineralien und dergleichen mehr.

Im besonderen sind die ozeanographischen Forschungen längs des Kolameridians ($33^{\circ} 30'$ östlicher Länge) zu erwähnen, welche von der Murmanexpedition 1899 begonnen und bis 1908 fortgeführt wurden. Diese Arbeiten sind dem Programm des Ausschusses für Internationale Meeresforschung in Kopenhagen angepaßt. Nach langer Pause nahm man die Forschungen 1919 wieder auf, wobei die von der Murmanexpedition erzielten Anschauungen über die Hydrologie des Barentsmeeres ihre volle Bestätigung fanden, nämlich die Periodizität und Aperiodizität in den thermischen und halinischen Impulsionen des Golfstromes im Barentsmeer, der Zusammenhang zwischen der thermischen Kapazität und den klimatischen Erscheinungen im Norden, sowie die neue interessante Tatsache, daß die drei südlichen Zweige der Nordkapströmung zu gewissen Zeiten bis zu 55 km nach Süden von ihrer gewöhnlichen Lage abweichen können.

Ferner wurden zahlreiche Beobachtungen über die Strömungsverhältnisse im Karischen und im Sibirischen Meer und gründliche Untersuchungen in dem bis dahin recht mangelhaft bekannten Weißen Meer angestellt.

Von den Landexpeditionen sind besonders diejenigen der „Nordischen Wissenschaftlich-Praktischen Expedition“ erwähnenswert, welche die Kolahalbinsel, das

Petschoragebiet und Nowaja-Semlja mehrfach erforscht hatten.

Eine hohe wirtschaftliche Bedeutung kommt den Entdeckungen von reichen Kohlenflözen an der Petschora und an der Tunguska zu. Es handelt sich hier um ein Areal von etwa einer Million Quadratkilometern mit schätzungsweise 72 Millionen Tonnen Kohle, die den besten Cardiffsorten an Güte gleichkommen soll.

Der Hochseefischerei und dem Robbenfang wurden gleichfalls eingehende Untersuchungen gewidmet.

Von den größeren Expeditionen in die unbekannten Teile des Polarmeeres erregt unsere besondere Anteilnahme diejenige von G. L. BRUSILOW auf der „St. Anna“, die im Sommer 1912 Petersburg verließ, vom Eise umklammert in zwanzigmonatlicher Drift weit über den Franz-Josephs-Archipel hinaus nach Norden getrieben wurde und seit April 1914 verschollen ist. Damals verließ der Steuermann ALBANOW das Schiff in $83^{\circ} 18'$ Nord und 60° Ost, um sich mit 13 Begleitern nach Kap Flora an der Südküste von Franz-Josephs-Land durchzuschlagen, das er im Juli erreichte, nachdem seine Gefährten bis auf einen umgekommen waren. ALBANOWS Tagebuch-Aufzeichnungen sind in deutscher Übersetzung als Buch erschienen (Irrfahrten im Lande des Weißen Todes. Herausgegeben von LEONID BREITFUSS. Stuttgart-Gotha: F. A. Perthes 1925. 206 Seiten, 15 Textbilder, 2 Karten) und geben eine erschütternde Schilderung der Katastrophe.

Zur Aufsuchung dieser und der anderen unglücklich verlaufenen russischen Expeditionen von SSEDOW, RUSANOW und des Eisbrechers „Solowei Budimirowitsch“ wurden von der russischen Regierung unter tatkräftiger Mitwirkung von BREITFUSS allein in Norwegen 4 Rettungsexpeditionen ausgerüstet und nach dem Eismeer ausgesandt: „Eklipse“-Expedition, „Hertha“-Expedition, „Kit“-Expedition und „Sviatogor“-Expedition. Dazu kamen noch in Rußland die Hilfs-Expeditionen mit „Petschora“ und „Andromeda“ und zwei weitere, welche die beiden verschollenen Matrosen der AMUNDSENSCHEN Expedition aufsuchen sollten und auch deren Leichen fanden. Auf der „Hertha“-Expedition, die 1914 nach dem Verbleib von SSEDOW forschte, gelangte zum erstenmal das Flugzeug in der Arktis zur Verwendung. Mit einem Fahrmann-Hydroaeroplan unternahm J. NAGURSKI mehrere ausgedehnte Flüge über die Nordinsel von Nowaja-Semlja und die angrenzenden Meeresteile.

Die großartigen Leistungen von B. A. WILKITZKI, der mit den Eisbrechern „Taimyr“ und „Waigatsch“ 1913 nördlich von Kap Tscheljuskin eine ausgedehnte Landmasse, Nikolaus II-Land, entdeckte und 1914 die Nordost-Passage in ost-westlicher Richtung durchführte, haben im Verein mit anderen kartographischen Arbeiten im sibirischen Küstengebiet der Nordfassade Asiens ein ganz anderes Aussehen gegeben.

O. BASCHIN.

Astronomische Mitteilungen.

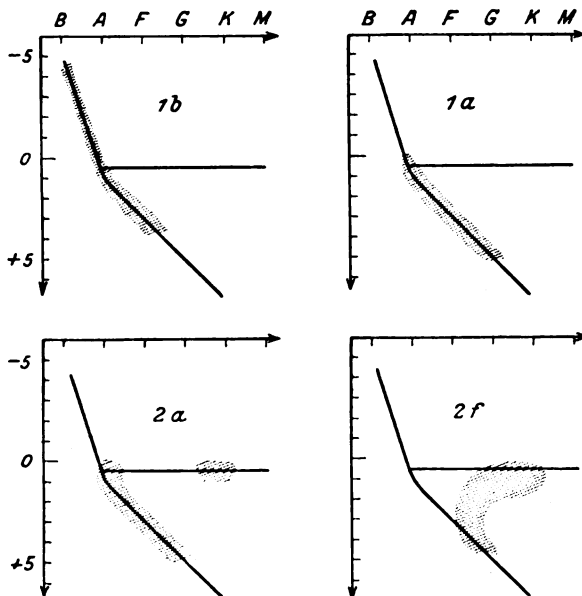
Spectral Types in Open Clusters. (ROBERT J. TRÜMLER, Publications of the Astronomical Society of the Pacific 37, 307. 1925.) Schon in den Naturwissenschaften 13, 747, hatte ich über TRÜMLERS Studien betreffend den Sternhaufen Messier 11 berichtet. Unterdessen hat er sein Beobachtungsmaterial erheblich vermehrt und auf im ganzen 52 offene Sternhaufen ausgedehnt. Es wurden, soweit zugänglich, die hellsten Sterne mit einem Spaltspektrographen, die schwächeren mit dem spaltlosen Spektrographen am Crossley-Reflektor der Licksternwarte untersucht. Die Methode, anstatt der Spektraltypen die Farbenindizes zu benutzen, scheitert, wie TRÜMLER in der oben

genannten Arbeit dargetan hat, an den großen systematischen Fehlern der bisherigen Farbenindexbestimmungen. Da die betrachteten Objekte alle im Verhältnis zu ihrem gegenseitigen Abstand weit von uns entfernt sind, kann man für alle Sterne eines jeden Haufens die Parallaxe als gleich annehmen und ihre scheinbaren Helligkeiten den absoluten bis auf eine Konstante gleichsetzen.

Im Spektraltypus-Helligkeitsdiagramm (Russell-diagramm) erhält man ein Bild von der relativen Verteilung von Helligkeiten und Spektraltypen in den einzelnen Haufen. Dabei zeigt sich fast ausnahmslos, daß die größte Zahl der Sterne vom frühen zum späten

Spektraltypus an Helligkeit abnehmen. Wir haben allen Grund, diese Häufung mit dem Zwergast des Russell-diagramms der Sterne unserer näheren Umgebung zu identifizieren und für diese Sterne des Haufens die normale absolute Helligkeit der Zwergsterne von A bis K anzunehmen. Meistens sind die Zwergsterne nur bis F oder G meßbar. Hieraus ergibt sich die oben erwähnte Konstante, und wir können aus der Differenz *absolute minus scheinbare Größe* die Parallaxe des Haufens errechnen. Allgemein ergibt sich die Entfernung der Sternhaufen als zwischen 40 und 3000 Parsek liegend; die meisten befinden sich zwischen 500 und 2000 Parsek.

In etwas mehr als der Hälfte der 52 von TRÜMLER untersuchten Fälle ist ausschließlich oder fast ausschließlich der Zwergast vertreten, d. h. die hellsten Sterne sind auch die frühesten Spektraltypen. Nur gelegentlich kommen unter den hellsten Exemplaren einige gelbe oder rote Riesen vor. Sternhaufen dieser Art nennt TRÜMLER den Typus 1.



Die Typen der offenen Sternhaufen.

Ordinaten = absolute Größen. Abszissen = Spektralklassen. Die schräge, geknickte Linie ist der Zwergast, die horizontale Linie der Riesenast. Die schraffierten Teile sind mit Sternen besetzt.

Bei manchen von diesen ist der früheste Spektraltypus A, bei den meisten aber sind die hellsten Exemplare vom Typus B. Hier zeigt sich aber ein gewisser Unterschied gegenüber dem gewöhnlichen Russell-diagramm. Die B-Sterne der Haufen sind um über 2 Größenklassen heller als die B-Sterne unserer näheren Umgebung, so daß eine Knickung des Zwergastes bei A in den Haufendiagrammen eintritt. Je nachdem ob in den Haufen des Typus 1 die frühesten Typen B oder A sind, bezeichnet TRÜMLER sie als 1b oder 1a.

Sternhaufen, in denen der Riesenast nennenswert besetzt ist, bilden den Typus 2. In den meisten Fällen dieser Art ist der früheste vertretene Typus A. Der Riesenast ist entweder ganz besetzt oder nur bei den Spektraltypen G bis K mit einer Lücke bei F. Fast stets aber ist bei G und K eine starke Verdichtung zu bemerken. Dieser Typus heißt demnach 2a. Es kommt

aber auch vor, daß die frühesten Typen F sind und der Riesenast glatt in den Zwergast übergeht, Typus 2f. Ein nach dieser Terminologie als 2b zu bezeichnender Haufen ist nicht bekannt.

Endlich findet TRÜMLER ein Gebilde, das gar keine Gesetzmäßigkeit erkennen läßt, und er vermutet, daß es kein physisches System, sondern nur eine zufällige Häufung sei.

Interessant ist auch die Häufigkeit der einzelnen Typen. Es sind von den 52 untersuchten Gebilden

vom Typus 1b	24
1a	6
2a	20
2f	1

kein physisches System 1

Wie sind nun diese verschiedenen Haufentypen zu deuten, wenn wir es heute schon wagen wollen, an eine solche Deutung heranzutreten?

Da man zur Klassifizierung zweier Argumente benötigt, so nimmt der Verf. wohl mit Recht an, daß hier 2 Faktoren ausschlaggebend sind. Er setzt als diese erstens das Alter des Haufens (die wohl gerechtfertigte und jedenfalls durch nichts anderes ersetzbare Annahme, daß alle Mitglieder eines Haufens zu angenähert demselben Zeitpunkt entstanden sind, wird hier gemacht) und zweitens die mittlere ursprüngliche Masse der einzelnen Haufensterne. Das heißt Haufen mit einer ungewöhnlich hohen mittleren Sternmasse gehen einen anderen Entwicklungsgang als solche mit kleineren Einzelmassen. Nur jene, deren ursprüngliche Massen groß genug waren, können das Stadium 1b erreichen.

Warum aber gibt es keinen Haufen vom Typus 2b? Dies versucht TRÜMLER damit zu beantworten, daß, wenn die größten Massen den B-Typus erreicht haben, alle anderen bereits auf dem Zwergast angelangt sind. Dies stimmt auch damit überein, daß bei den selteneren 1b-Typen, die einige rote Sterne besitzen, diese keine gewöhnlichen Riesen, sondern Übergiganten zu sein scheinen und demnach vermutlich noch größere Massen haben werden als die hellsten B-Sterne. Fälle dieser Art sind χ und h-Persei. Eine willkürliche Annahme ist es, den Sternen eines Haufens durchweg große, denen eines anderen durchweg kleine Massen zuzusprechen.

Ein weiterer, hier nicht behandelter Unterschied zwischen den verschiedenen Haufen ist die Sternzahl, die zwischen einigen Dutzend und Tausenden variiert. Diese wäre vielleicht als ein drittes Argument in die Klassifizierung einzuführen.

TRÜMLER vermutet noch einen Typus 3, der unter den offenen Haufen bisher noch nicht beobachtet wurde und bei dem bloß der Riesenast besetzt ist. Der Entwicklungsgang des einzelnen Haufens wäre dann 3 2 1.

Hier sei noch auf die sog. Kugelhaufen hingewiesen, die viel seltener, weiter entfernt sind und die eine starke Konzentration nach ihrer Mitte aufweisen. Sie zeigen eine viel größere, bisher nicht abzählbare Sternanzahl. Eingehende Untersuchungen über diese Gebilde stammen von SHAPLEY. Ihre kosmische Stellung ist eine ganz andere, indem sie auf eine Hemisphäre zusammengedrängt sind, während die offenen Haufen eine starke Konzentration nach der Milchstraße zeigen, ja fast nur in dieser vorkommen. Physisch aber sind alle Übergänge zwischen den beiden Haupttypen vorhanden.

Sicher wird die Arbeit von TRÜMLER, deren Publikation in extenso wir entgegensetzen, unsere Erkenntnis der Genesis der Sternhaufen wie der Einzelsterne erheblich fördern können. BOTTLINGER.

Ergebnisse meiner Forschungsreisen in den Wüsten Ägyptens.

Von E. STROMER, München.

Mitte der achtziger Jahre hat der kürzlich verstorbene G. SCHWEINFURTH, dessen unermüdlicher Forschertätigkeit in Nordostafrika die Wissenschaft so vielseitige Förderung verdankt, in der Wüste nördlich der Fajûm-Oase die ersten bemerkenswerten fossilen Wirbeltierreste Ägyptens entdeckt, marine Urwale (Archaeoceti) in fluviomarin, obereocänen Schichten. Leider ist man aber damals weder von deutscher noch von anderer Seite den Funden weiter nachgegangen. Erst gegen Ende der neunziger Jahre fanden dann viel weiter nördlich, im Natrontale, zuerst Schweizer eine Anzahl von dürftigen Säugetier- und Reptilresten in ebenfalls fluviomarin Schichten des Pliocäns, hierauf Prof. M. BLANCKENHORN solche auch west-südwestlich davon, bei Moghara, in gleichartigen untermiocänen Ablagerungen. Große Beachtung fand aber erst, daß die Engländer ANDREWS und BEADNELL um die Jahrhundertwende in entsprechenden Schichten des Obereocäns und Unteroligocäns nördlich des Fajûm zufällig eine Fülle gut erhaltener Wirbeltierreste entdeckten, darunter Vorläufer der Elefanten.

Da ich mich schon seit Jahren mit der geologischen Geschichte Afrikas beschäftigt hatte und dabei zu der Überzeugung gelangt war, daß entgegen der herrschenden Ansicht dieses uralte und trotz zeitweiliger, zum Teil starker Meerestransgressionen stets stattliche Festland auch als Entstehungszentrum von Säugetieren eine Rolle gespielt haben müsse, regten mich schon die ersten, vorläufigen Mitteilungen über jene Funde an, selbst in Ägypten Forschungen anzustellen. Dank der Unterstützung durch die bayerische Akademie der Wissenschaften konnte ich in der Folge dreimal, 1901/2, 1903/4 und 1910/11, je ungefähr ein Vierteljahr in den Wüsten Ägyptens forschend und sammelnd tätig sein. Ich sah dabei meine wesentliche Aufgabe darin, Fundorte fossiler Wirbeltiere festzustellen und geologisch zu erforschen, sowie ihre sachgemäße Ausbeutung, besonders für die Münchner paläontologische Staatssammlung, zu sichern. Denn der ausgezeichnete, leider schon 1915 verstorbene Leiter der paläontologischen Sammlung in Stuttgart, Prof. E. FRAAS, hatte in dem Deutschböhmen R. MARKGRAF in Kairo einen ideal gesinnten und sorgfältig arbeitenden Sammler von Fossilien in den Steinbrüchen des Mokattam vor den Toren Kairos gefunden und ich ihn für das Sammeln und Ausgraben von Wirbeltierresten in der Wüste ausgebildet.

Wüsten sind ja für geologische und paläontologische Forschungen ein besonders günstiges Gebiet, weil die anstehenden Gesteinsschichten nur örtlich von Verwitterungsschutt oder Flugsand

verdeckt sind und ihr Fossilinhalt sehr häufig durch den Wind oberflächlich freigelegt ist. Durch derartige, unschwer zu findende, einzelne oder in Gruppen beisammen liegende Reste wird man aufmerksam gemacht, wo noch weitere, womöglich vollständige Skelettreste in den Schichten verborgen sind. Aber deren Ausgraben oder Herausmeißeln in der wasserlosen Wüste, mehr oder minder weit von allen Hilfsquellen, ist eine langwierige und harte Arbeit.

Der entbehrungsreichen, wenig lohnenden und überaus schweren Tätigkeit MARKGRAFS, der, infolge des Weltkrieges brotlos geworden, 1916 im Elende starb, sind die allermeisten und besten, seit 1900 in deutschen Sammlungen, aber auch ein erheblicher Teil der in das naturhistorische Museum in New York gelangten fossilen Wirbeltierreste Ägyptens zu danken, wenn dies auch leider der Curator letzterer Sammlung vergessen zu haben scheint. MARKGRAFS letzte, umfangreiche Ausbeute konnte erst 1922 nach München gelangen, weil im Sommer 1914 die vorher stets überaus zuvorkommenden Angloägypter ihrer Ausfuhr unerwartet Schwierigkeiten bereitet hatten und sie nach dem Weltkriege zum Danke für all das, was Deutsche, besonders für die geologische und paläontologische Erforschung Ägyptens, geleistet haben, konfiszieren wollten. Es konnte dies nur durch Eingreifen nordamerikanischer und englischer Gelehrter und der deutschen und schwedischen Regierung nach jahrelangen Bemühungen verhindert werden, und bloß infolge reicher Geldunterstützung durch meinen deutsch-schweizerischen Freund und Kollegen Dr. PEYER wurde die Übersendung möglich.

Die geologisch-stratigraphischen und paläontologischen Ergebnisse meiner Forschungen im Tertiär und Quartär des Nordens der Libyschen und Arabischen Wüste sind nun zwar nicht völlig, aber doch größtenteils an verschiedenen Stellen veröffentlicht. Wesentlich für weitere Forschung war, daß sich eine Reihe fluviomarin Ablagerungen feststellen ließ, die meistens, außer Resten wirbelloser Tiere, verkieselte Hölzer und vor allem Reste von Fischen, Reptilien sowie von Meer, Süßwasser und Land bewohnenden Säugetieren enthielten, Faunen, die bei höherem geologischen Alter den aus dem Norden, aus Asien und Europa, bekannten gleichzeitigen Faunen immer fremdartiger gegenüberstanden. Besonders wichtig war, daß, entsprechend der im allgemeinen ungestörten, fast wagrechten Lage der Schichten und ihrer Folge von Süden nach Norden, diese fluviomarin Ablagerungen ziemlich gesetzmäßig verteilt erschienen.

Letzteres, einige geringfügige Hinweise in der geologischen Literatur und eine Mitteilung Prof. M. BLANCKENHORNS, des besten Kenners der Geologie Ägyptens, über von ihm in Oberägypten gemachte Beobachtungen, ließen mich darauf schließen, daß diese Schichtreihe sich nach rückwärts in die Kreideformation verfolgen lassen müsse, und daß in Oberägypten, südlich von Luxor, sowie in der Libyschen Wüste, weit südlich der Fajûm-Oase, im Kessel der Baharije-Oase, die entsprechenden Ablagerungen zu finden sein müßten. Diese Vermutung zu bewahrheiten, war der Zweck meiner letzten Reise von 1910/11; sie hat im wesentlichen, trotz erheblicher Schwierigkeiten, zu einem vollen Erfolge geführt.

Die hier kurz zu besprechenden Ergebnisse, welche in den am Schlusse aufgezählten und nach ihren Nummern im folgenden zitierten Veröffentlichungen verschiedener Gelehrter niedergelegt sind, stellen geologisch zwar einen gewissen Abschluß dar, paläontologisch aber erst einen Beginn, denn die Hauptmenge der gesammelten Fossilien ist noch unbearbeitet.

Was die in Nr. I, III und IV, 2 veröffentlichten geologischen und geographischen Ergebnisse anlangt, so wurden natürlich eine Reihe von Einzelbeobachtungen über örtliche geologische Verhältnisse, Schichtfolge und Wüstengeologie und -geographie in den von Forschern zum Teil nur sehr selten und flüchtig betretenen Gebieten gemacht. Hier ist aber als wichtig nur hervorzuheben, daß es mir gelungen ist, den mehrfach für eine Wüstenbildung angesehenen und als fast fossil leer geltenden oberkretazischen nubischen Sandstein Oberägyptens, speziell bei Edfu und Mahámíd als fluviomarin und nicht arm an Pflanzen- und besonders Wirbeltierresten nachzuweisen. Allerdings hatte ich nicht das Glück, vollständig erhaltene Knochen zu finden. Ferner habe ich als die ältesten fossilführenden Schichten Ägyptens (mit Ausschluß der Gebiete am Golfe von Sues) gleichfalls fluviomarine, aber mittelmittelkretazische Ablagerungen (Baharije-Stufe) im Grunde des Nordens des Baharije-Kessels, reich an Pflanzen-, Fisch- und Reptilresten festgestellt.

Der Charakter dieser wesentlich sandigen und tonigen Schichten ist in Nr. I genau beschrieben; es handelt sich, wie bei den entsprechenden tertiären Ablagerungen, um die von Flüssen an ihrer Mündung in ein ganz seichtes Meer. Der Geologe Dr. LEBLING, der auf meine Veranlassung hin 1914 eine Forschungsreise nach Ägypten gemacht hat, gab in Nr. III noch wesentliche Ergänzungen zur Darstellung der geologischen Verhältnisse von Baharije und hat vor allem nachgewiesen, daß dort ebenso wie bei Abu Roasch, westlich von Kairo, keine echten Schichtfaltungen vorhanden sind, wie man bisher angenommen hatte, sondern nur örtliche, eigenartige domförmige Aufwölbungen, vielleicht im Zusammenhang mit Vulkanismus. Sein Nachweis der Geringfügigkeit tektonischer Erscheinungen in der Li-

byschen Wüste ist in bezug auf die Frage der Entstehung der merkwürdigen, abflußlosen Kessel dieses Wüstenplateaus von Bedeutung; denn sie haben nach meinen Befunden und Ansichten (Nr. I) nicht tektonischen oder gar fluviatilen Ursprung, sondern sind durch Wüstendenudation, wesentlich durch die mechanische und chemische Wüstenverwitterung und die Tätigkeit des Windes, entstanden.

In Nr. IV, 2 habe ich als Einleitung in die monographische Beschreibung der fossilen Floren Ägyptens das Vorkommen und geologische Alter derselben klarzustellen versucht. Es hat sich dabei ergeben, daß von den ältesten fossilführenden Schichten an bis zu den jüngsten eine ganze Anzahl pflanzenführender Horizonte feststellbar ist und daß darin hauptsächlich verkieselte Hölzer, allem Anscheine nach Treibhölzer, nämlich Stammstücke oder Stämme ohne Rinde und fast stets auch ohne Äste oder Wurzeln in wagrechter Lage in großer Zahl, meistens auch in stattlicher Größe und mehrfach in weiter Verbreitung vorkommen, so daß man mit Recht von versteinerten Wäldern spricht. Ich konnte schon nach dieser Art des Auftretens die bisher herrschende Annahme widerlegen, daß die Verkieselung postvulkanischen Vorgängen zuzuschreiben oder daß sie erst bei dem Herauswittern der fossilen Hölzer entstanden sei.

Die Bearbeitung der fossilen Floren selbst ist erst im Beginne der Einzelschreibung, vor allem, weil frühere Bearbeiter versagt haben¹⁾ und weil das gewaltige, in vielen deutschen Sammlungen zerstreute, meine eigenen Funde weit übertreffende Fossilmaterial aus Ägypten mitbearbeitet wird und immer neues auch aus ausländischen Sammlungen zuströmt.

Die bisherigen von den Botanikern Dr. HIRMER und vor allem Dr. KRÄUSEL gemachten Veröffentlichungen Nr. IV 3 d und IV, 3 a—c zeigen deshalb einstweilen nur, daß in der Baharije-Stufe Farnreste besonders häufig sind, darunter die geologisch jüngsten der Gattung *Weichselia* und große Stammstücke einer *Osmundacee* von höchst eigenartigem Verlaufe der Gefäßbündel, sowie daß in den kretazischen Schichten mehrere Abarten von Koniferenhölzern besonders häufig und verbreitet sind, während Palmen zwar auch schon auftreten, aber erst vom Mitteltertiär an eine große Rolle spielen. Arten oder auch nur Gattungen im botanischen Sinne lassen sich ja leider bisher nach solchen Holzresten allein nicht unterscheiden, man kann nur ein vorläufiges System in sie bringen. Um so wichtiger sind deshalb Funde auch von Früchten, wenigstens von Monocotyledonen (*Pandanaeae* und *Palmae*) und von Blattabdrücken von Dicotyledonen in mehreren Schichten.

¹⁾ Unter anderen hat eine Engländerin, die in München studiert hat und der ich 1914 die mittelmittelkretazischen von mir nachgewiesenen Pflanzenreste, darunter die ältesten aus Afrika bekannten Blütenpflanzen, übergeben habe, sie weder bearbeitet noch trotz mehrfacher Aufforderung zurückgegeben.

Was die Wirbeltiere anlangt, so ist bisher, abgesehen von tertiären und quartären, nur ein Bruchteil der aus der mittelkretazischen Baharije-Stufe stammenden bearbeitet, von den zahlreichen Elasmobranchii (Haien und Rochen) nur ein *Pristide* (Sägehai), der älteste bisher bekannte, in Nr. II, 4 und II, 8. Ich konnte von ihm Wirbel, Sägezähne und -stücke und ein bezahntes Rostrum (Säge) beschreiben und im Vergleich mit großen-teils von mir früher bearbeiteten geologisch jüngeren Sägezähnen und Sägen eine ungefähre Vorstellung davon gewinnen, wie sich das so eigenartige Organ, dessen Funktion immer noch nicht durch Beobachtung festgestellt und strittig ist, phylogenetisch entwickelt haben mag. Bei der ältesten bekannten Säge sind deren Zähne besonders merkwürdig durch Widerhaken; sie stehen aber noch normalen Hautzähnen in der Form und Struktur und im Besitze einer schmelzbedeckten Krone und eines Sockels nahe und sind wie diese nur im Bindegewebe und bloß teilweise auch auf Narben der Seitenränder des Rostrums befestigt und hier in Größe und Anordnung unregelmäßig. Bei der nächstjüngeren, leider nur durch Sägezähne bekannten Form aus der oberen Kreide erweist sich dann der Schmelz und die Krone zugunsten des erhöhten Sockels als in Rückbildung befindlich, und vom Eocän an treten Sägehaie auf, bei welchem die Sägezähne in Größe und Anordnung regelmäßig und nur noch bei einer auf das Eocän Ägyptens beschränkten Gattung auf Narben, sonst in Alveolen des Rostrums befestigt sind und in ihrem Bau nur den Sockeln der ursprünglichen Hautzähne entsprechen.

Von den sowohl in der mittleren als auch noch in der oberen Kreideformation Ägyptens von mir (Nr. I) entdeckten Zähnen und Kieferresten des Dipnoers (Lungenfisches) *Ceratodus* beschreibt der Zoologe Dr. PEYER in Nr. II, 6 die in außergewöhnlicher Zahl und Größe aus der Baharije-Stufe vorliegenden. Sie erlauben ihm, frühere Feststellungen über die Unterscheidung oberer und unterer Zähne und über ihr Wachstum und ihre Abnutzung zu bestätigen und wesentlich zu ergänzen. Vor allem aber stellt er ihre außerordentlich starke Variabilität fest, rechnet sie jedoch trotz ihrer großen Unterschiede wegen des Vorhandenseins von Übergängen aller Art zu einer einzigen Spezies und trotz einiger Ähnlichkeit mit Zähnen der einzigen in Australien noch lebenden *Epiceratodus*-Art zu dem mesozoischen *Ceratodus*. Dieser kam demnach in Afrika noch in der Kreidezeit vor, während er in Europa, Asien und Nordamerika nach der Jurazeit nicht mehr gelebt zu haben scheint.

Von *Ophidia* (Schlangen) konnte ich nur eine, bisher bloß in ganz vereinzelt Wirbeln gefundene Gattung (*Symoliophis*) in zahlreichen, zum Teil zusammengehörigen Wirbeln und einigen Rippen nachweisen (Nr. 1). Der spezielle Kenner fossiler Reptilien, Dr. v. NOPCSA, unterzog sie in Nr. II 5 einer eingehenden Bearbeitung. Er kommt zu

dem Schlusse, daß es sich um ein Tier handelt, das am Grunde seichter Meeresteile lebte, und das einen schlangenartigen Hals und plumpen Rumpf mit in der hinteren Region eigenartig verdickten Wirbeln und Rippen sowie einen nicht langen Schwanz hatte, der noch Rippen enthielt. Von derartigen Formen, von welchen er eine vollständiger erhaltene aus der unteren marinen Kreide Istriens beschrieben hatte, leitet er die echten Schlangen ab, deren typische Vertreter man erst vom Alttertiär an kennt.

Von *Crocodilia* sind erst zwei nur in je einem Schädel mit Unterkiefer und wenigen Wirbeln vertretene neue Gattungen von mir in Nr. II, 2 und II, 7 beschrieben. Sie sind beide höchst eigenartig und stellen in manchem extreme Gegensätze dar. Die eine kleine Form nämlich, *Libycosuchus*, zeichnet sich durch das Fehlen normaler Gaumenlücken und durch eine ungewöhnlich kurze und hohe, äußerlich säugetierähnliche Schnauze und säugetierähnliche Wirbel aus. Bei der anderen, *Stomatosuchus*, aber ist der Schädel durch die enorm lange und breite Schnauze über 2 m lang; ihre oberen Schläfenlöcher und die Zähne sind rudimentär, die Gelenkung des überaus schlanken Unterkiefers ist ganz eigenartig und auch die inneren Nasenöffnungen sind offenbar nicht krokodilartig, während die Wirbelkörper wie bei den modernen *Crocodilia* procöl sind. Für jede Gattung muß, da nähere Verwandte unbekannt sind, eine neue Familie aufgestellt werden.

Das gleiche gilt für einen Theropoden-Dinosaurier (Raubdinosaurier), *Spinosaurus*, von dem ich in Nr. II, 3 einen Skelettrest eines großen Individuums, bestehend aus Zähnen, dem zahntragenden Teil des Unterkiefers, Wirbeln, Rippen und Bauchrippen, beschrieben habe. Er zeichnet sich durch Größendifferenzierung seines Kegelzahngebisses, einen langen Unterkiefer und vor allem durch gewaltige, bis über 2 m hohe, brettartige Dornfortsätze seiner Rumpfwirbel aus, so daß das Tier einen ganz seltsamen Anblick geboten haben muß.

Auch das, was ich an dem noch unbeschriebenen Materiale von Haien und Rochen, Ganoid- und Knochenfischen, Schildkröten, Krokodilen Plesiosauriern und verschiedenen Dinosauriern aus der Baharije-Stufe vorläufig feststellen konnte und zum Teil in Nr. II, 1 ganz kurz erwähnt habe, läßt darauf schließen, daß eine große Anzahl für die Wissenschaft völlig neuer Wirbeltierformen entdeckt worden ist¹⁾. Das scheint weniger damit zusammenzuhängen, daß Afrika zur mittleren Kreidezeit ein stark isoliertes tiergeographisches Reich mit eigenartiger Fauna war, als mit dem Umstande, daß bisher aus dem jüngeren Meso-

¹⁾ Sichere Säugetierreste sind leider weder unter diesem noch unter dem aus dem nubischen Sandsteine Oberägyptens hier befindlichen Material; immerhin ist ein Fortschritt insofern erzielt, daß man jetzt weiß, wo und in welchen Schichten man mit einiger Aussicht auf Erfolg nach solchen suchen muß.

zoicum zwar aus der untersten und obersten Kreideformation Land- und Süßwasserablagerungen mit reichlichen Wirbeltierresten mehrfach bekannt sind, aber aus der mittleren Kreideformation nur sehr wenige mit äußerst dürftigen Resten. Die Bedeutung der Entdeckung dieser Fauna liegt also darin, daß sie eine große, ganz allgemeine, nicht nur für das „dunkle Afrika“ bestehende Lücke unserer Kenntnisse über die fossilen Land und Süßwasser bewohnenden Wirbeltiere einigermaßen ausfüllt. Deshalb, wegen ihrer Eigenart und Mannigfaltigkeit, erscheint sie von nicht geringerer Wichtigkeit als die der Tendaguru-Faunen von Deutsch-Ostafrika und der leider nur in vorläufigen Mitteilungen bekanntgewordenen aus der Mongolei, wenn auch die Reste weniger gut und vollständig erhalten sind.

Ergebnisse der Forschungsreisen Prof. E. Stromers in den Wüsten Ägyptens.

Bayerische Akad. d. Wiss. Mathem.-physikal. Kl.

I. E. STROMER, Die Topographie und Geologie der Strecke Gharaq-Baharije nebst Ausführungen über die geologische Geschichte Ägyptens (Bd. 26, Abhandl. 11, München 1914).

III. CL. LEBLING, Forschungen in der Baharije-Oase und in anderen Gegenden Ägyptens (Bd. 29, Abhandl. 1, München 1919).

IV. Die fossilen Floren Ägyptens. R. KRÄUSEL und E. STROMER: 1. Einleitung, 2. Die Pflanzen führenden Schichten Ägyptens, 3. Die fossilen Pflanzen Ägyptens, a) Fungi et Algae, b) Gymnospermae, Coniferae, c) Angiospermae, Monocotyledoneae (Bd. 30, Abhandl. 2, München 1924).

IV, 3. Die fossilen Pflanzen Ägyptens, d) M. HIRMER, Filicales (Bd. 30, Abhandl. 3, München 1925).

II. Wirbeltierreste der Baharije-Stufe (unterstes Cenoman), 1. E. STROMER, Einleitung, und 2. Libyosuchus (Bd. 27, Abhandl. 3, München 1914).

II, 3. E. STROMER, Das Original des Theropoden Spinosaurus aegyptiacus nov. gen., nov. spec. (Bd. 28, Abhandl. 3, München 1915).

II, 4. E. STROMER, Die Säge des Pristiden Onchopristis numidus Haug sp. und über die Sägen der Sägehaie (Bd. 28, Abhandl. 8, München 1917).

II, 5. Fr. v. NOPCSA, Die Symoliophis-Reste (Bd. 30, Abhandl. 4, München 1925).

II, 6. B. PEYER, Die Ceratodus-Funde (Bd. 30, Abhandl. 5, München 1925).

II, 7. E. STROMER, Stomatosuchus inermis Stromer, ein schwach bezahnter Krokodilier und 8. Ein Skelettrest des Pristiden Onchopristis numidus Haug sp. (Bd. 30, Abhandl. 6, München 1925).

Probleme und Methoden der Vakuumspektroskopie.

Von H. SPONER, Göttingen.

Einleitung.

In allen Naturwissenschaften versucht man heute die Elementarvorgänge herauszusuchen und zu verstehen. In der Physik haben wir gelernt, daß das Auftreten von Spektrallinien Zeugnis ablegt von Vorgängen, die sich in einem einzelnen Atom oder Molekül abspielen. Daher ist uns die Spektroskopie mit ihren vielen Anwendungsmöglichkeiten heute das wichtigste Hilfsmittel zur Erforschung der Vorgänge im kleinsten Materieteilchen. Der Wellenlängenbereich, den die Spektrallinien umfassen, ist ein großer. Nur der kleinste Teil dieses Gebietes wird von unserm Auge als Licht wahrgenommen, in dem ganzen übrigen Teil sind wir auf optische, thermische und elektrische Methoden angewiesen, die uns von unserm Auge unabhängig machen. Die folgende Figur gibt einen Überblick über die verschiedenen Bereiche.

Das gesamte dargestellte Spektrum umfaßt alle Eigenfrequenzen der verschiedenen Konfigurationen der Materieteilchen. Es zerfällt in vier Hauptteile: Die Gebiete der HERTZschen Wellen, der ultraroten Wellen, der gewöhnlichen Lichtwellen und der Röntgenwellen. Die Einteilung kann man nach zwei verschiedenen Prinzipien vornehmen: einmal nach den in den verschiedenen Wellenlängenbereichen benutzten Methoden und dann nach der in den einzelnen Bereichen verschiedenen Entstehungsart der Spektrallinien. Erfreulicherweise decken sich die beiden Einteilungsarten nahezu. Auf die Stellen, an denen Über-

schnitten zweier Gebiete vorkommen, wird besonders hingewiesen werden. Die HERTZschen Wellen, deren kürzeste von GLAGOLEWA-ARRKADIEWA (1) bis jetzt zu 0,1 mm gemessen wurden, entstehen durch Schwingungen makroskopischer Oszillatoren.

Der ultrarote Teil des Spektrums entsteht durch Schwingungen von Atomen und Atomgruppen. Hierher gehören die Eigenfrequenzen der Krystalle, entstanden durch die Schwingungen der einzelnen Atome der das Gitter zusammensetzenden Ionen oder des Gitterverbandes, hierher gehören Schwingungen bzw. Rotationen der Moleküle mehratomiger Gase und Flüssigkeiten. Aus der Figur geht hervor, daß sich die beiden Bereiche, HERTZsche und ultrarote Wellen, überschneiden. 0,1 mm betragen die kürzesten elektromagnetischen Wellen, die bis jetzt gemessen worden sind, und bis $400 \mu = 0,4 \text{ mm}$

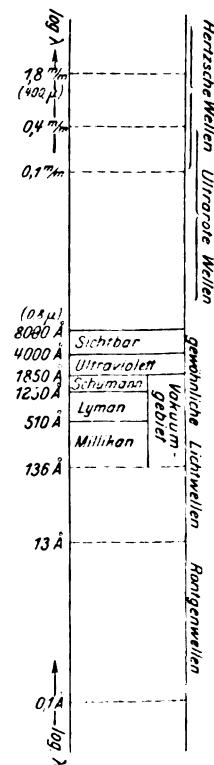


Fig. 1. Größe der einzelnen Wellenlängenbereiche.

konnte RUBENS den Wellenlängenbereich der Quarzquecksilberlampe auf der langwelligen Seite verfolgen. Wir haben hier das erste Mal den Fall, daß gleiche Frequenzen auf verschiedene Weise entstehen können. Die Schwingungen des Gitterverbandes in einem Krystall — Anionengitter gegen das Kationengitter — liegen im Gebiete von $30-150\ \mu$ ($0,03-0,15\ \text{mm}$), die Schwingungen des einzelnen Ions in der Gegend von $2-40\ \mu$, die Rotationsbanden der Moleküle bei etwa $100\ \mu$, die Rotationsschwingungsspektren bei einigen μ . Die Abgrenzung der kurzwelligen Seite wollen wir so festlegen, daß solche Spektrallinien, die zwar in den Wellenlängenbereich der ultraroten Wellen fallen, aber durch Elektronenübergänge zwischen angeregten Zuständen eines Atoms entstehen, nicht mit zu dem Gebiet der ultraroten Wellen gerechnet werden. Auf diese Weise kann wiederum eine Überschneidung der Wellenlängenbereiche der beiden Gebiete, ultrarote und gewöhnliche Lichtwellen, nicht vermieden werden. Ebenso überschneiden sich die Methoden der beiden Bereiche. Im Ultrarot werden längere Wellen mit der Reststrahlmethode und Quarzlinienmethode untersucht, kürzere mit Gittern und Prismen; die Intensität wird mit thermischen Methoden festgestellt.

Wir kommen nun zu dem Bereich der gewöhnlichen Lichtwellen. Ich habe es in vier große Teile eingeteilt: das ultrarote, das sichtbare Gebiet, das ultraviolette und das Vakuumgebiet. In allen Teilen entstehen die Spektrallinien oder -banden durch Übergänge der Elektronen zwischen verschiedenen Zuständen eines Atoms oder Moleküls. Die Zustände können die Normalzustände oder angeregte Zustände sein, d. h. das Leuchtelektron befindet sich in der Ruhe- oder einer weiter außen gelegenen Bahn. Im Falle der Moleküle können die Elektronenübergänge mit Schwingungen der Kerne des Moleküls oder Rotationen des ganzen Moleküls verknüpft sein. Der ultrarote Teil der gewöhnlichen Lichtwellen ist in der Figur nicht besonders eingezeichnet. Hier tritt wieder eine Überschneidung zweier Gebiete ein, verschiedene Entstehungsarten geben Anlaß zu Spektrallinien gleicher Wellenlänge. Im sichtbaren Gebiet, dem einzigen, das von unserm Auge als Licht wahrgenommen wird, liegen z. B. viele Linien des so linienreichen Fe-Spektrums und der andern Spektren der Fe-Gruppe, sowie Linien aller Elemente, die Übergängen zwischen höher angeregten Zuständen entsprechen. Die ersten Glieder der Hauptserie der Alkalien fallen auch z. B. ins sichtbare Gebiet, wenn auch im allgemeinen Übergänge zwischen angeregten und Normalzuständen zu Linien von ultravioletter Frequenz Anlaß geben. Überhaupt ist das sichtbare Gebiet klein, es umfaßt nur eine Oktave, während die ultraroten Wellen z. B. etwa 12 Oktaven umfassen. Spektroskopisch wird mit Glasoptik gearbeitet, der Nachweis der Linien und die Intensitätsbestimmung erfolgt photographisch. Von $\lambda\ 3600\ \text{\AA}$ an läßt gewöhnliches Glas keine Strahlen

mehr durch. Man benutzt bis $3000\ \text{\AA}$ Uviolglas, von da ab ist man genötigt, mit Quarzoptik weiterzuarbeiten. Damit wird der Wellenlängenbereich bis $1850\ \text{\AA}$ erweitert. Um mit der photographischen Methode für den Liniennachweis auszukommen, werden besonders sensibilisierte Platten benutzt. Im ultravioletten Bereich liegen z. B. die höheren Glieder der Hauptserien der Alkalien, die Nebenserien der Erdalkalien, viele heute gut bekannte Banden, wie N_2 , CN, CO-Banden usw. Von $1850\ \text{\AA}$ an nach kürzeren Wellen beginnt das Experimentieren mühsam zu werden. Von da ab fängt nämlich der Sauerstoff (2) der Luft an zu absorbieren, so daß ein Arbeiten mit den gewöhnlichen Methoden unmöglich wird. Es ist nötig, die Lichtquelle und den gesamten Lichtweg ins Vakuum zu setzen. Da über dieses Gebiet nachher noch ausführlich gesprochen werden soll, soll nur noch auf die Bedeutung der drei Unterabteilungen in der Figur hingewiesen werden. Das allgemein mit SCHUMANN-Gebiet bezeichnete Intervall reicht bis $\lambda\ 1250\ \text{\AA}$, d. h. so weit drang SCHUMANN mit seinen Untersuchungen vor, LYMAN erweiterte es bis $510\ \text{\AA}$ und die kürzesten Wellenlängen, die heute mit vakuumspektroskopischen Methoden erreicht sind, haben MILLIKAN und BOWEN (3) mit $136\ \text{\AA}$ erhalten.

Wir kommen nun zum vierten Hauptteil unserer Figur, dem Gebiete der Röntgenwellen. Während die Spektrallinien in dem mit gewöhnlichen Lichtwellen bezeichneten Teil dadurch zustande kommen, daß Elektronen zwischen außen gelegenen unbesetzten Bahnen übergehen, entstehen die Röntgenlinien dadurch, daß Elektronen aus inneren voll besetzten Schalen des Atoms an die Atomperipherie gehoben werden und die entstandene Lücke durch Elektronen aus den nach außen folgenden inneren Schalen ausgefüllt wird. Der bis heute erreichte Wellenlängenbereich der Röntgenstrahlen reicht etwa von $13\ \text{\AA}$ bis $0,1\ \text{\AA}$. Da die Luft für Röntgenwellenlängen wieder durchlässig ist, fällt das umständliche Arbeiten im Vakuum fort. Die Methoden der Röntgenspektroskopie, auf die hier nicht eingegangen werden soll, beruhen auf der LAUESchen Entdeckung, daß die regelmäßigen Raumgitter der Krystalle Interferenzerscheinungen für Röntgenstrahlen zeigen. Der heute spektroskopisch noch nicht überbrückte Teil von $136\ \text{\AA}$ bis $13\ \text{\AA}$ ist zum Teil für orientierende Messungen mit der Elektronenstoßmethode (4) zugänglich. Dem Arbeiten mit Röntgenstrahlen längerer Wellenlänge ist darum eine Grenze gesetzt, weil bis jetzt noch keine Krystalle bekannt sind, deren Gitterkonstante für den Wellenlängenbereich oberhalb $13\ \text{\AA}$ geeignet ist. Andererseits ist die Herstellung von künstlichen Gittern, die für so kurze Wellenlängen wie $100\ \text{\AA}$ und darunter deutliche Spektren liefern, sehr schwierig. Darauf wird später noch eingegangen werden¹⁾.

¹⁾ L. MEITNER und ELLIS ist es gelungen, das erforschte Wellenlängengebiet bis $0,02\ \text{\AA}$ zu erweitern,

Nachdem wir uns so kurz eine Übersicht über die verschiedenen Wellenlängenbereiche verschafft haben, kehren wir zum Gegenstand unserer Betrachtung, der Vakuumspektroskopie, zurück.

Fragestellungen der Vakuumspektroskopie. Der Grund, aus dem man sich heute mehr und mehr diesem experimentell schwer zugänglichen Gebiete zuwendet, ist der, daß für viele Fragen über den Atom- und Molekülbau, über die Durchlässigkeit fester Körper, über die Lichtelektrizität, die Photochemie in diesem Wellenlängenbereich eine Lösung erhofft werden kann.

Der erste grundlegende Vorstoß in das Gebiet der Wellenlängen unterhalb 2000 Å ist von SCHUMANN in Leipzig unternommen worden. In einer Reihe schöner Arbeiten (5) erweiterte er systematisch den zugänglichen Wellenlängenbereich bis 1250 Å. Ihm verdanken wir die erste Kenntnis zahlreicher Emissions- und Absorptionsspektren von Atomen und Molekülen in diesem Gebiet. Das begonnene Werk erfolgreich fortgesetzt zu haben, ist dann das Verdienst LYMANs. Heute wird vakuumspektroskopisch fast ausschließlich in Amerika gearbeitet, ich nenne vor allem die Namen LYMAN, MILLIKAN, BOWEN, McLENNAN, HOPFIELD. Daß in Deutschland SCHUMANN keinen Nachfolger hat, hat seinen Grund zum großen Teil darin, daß wir jetzt gezwungen sind, Arbeiten, die größere technische Hilfsmittel und Kosten erfordern, zu vermeiden. Für unsere Kenntnis des Atom- und Molekülbaues kommen Untersuchungen von Emissions- und Absorptionsspektren in Frage. In dem nur mit vakuumspektroskopischen Methoden erreichbaren Wellenlängenbereich liegen z. B. die Absorptionsserien der Edelgase. Heute sind die Anregungs- und Ionisierungsspannungen aller Edelgase nach den Untersuchungen besonders von J. FRANCK (6) und G. HERTZ (7) und ihren Mitarbeitern, die mit der Elektronenstoßmethode arbeiteten, bekannt. Obgleich ihre Resultate zu sehr wichtigen Schlußfolgerungen führten — z. B. im Falle des He zur Entdeckung des metastabilen He —, so vermögen ihre Zahlenwerte doch keinen vollen Ersatz spektroskopischer Ergebnisse zu liefern, da ihre Genauigkeit naturgemäß geringer als die spektroskopische ist. Zur exakten Festlegung der Grundzustände sind also optische Beobachtungen unerlässlich. Der experimentellen Geschicklichkeit LYMANs (8) ist es zuerst beim He gelungen, die Grundzustände spektroskopisch zu erreichen und die Resonanzlinien im Vakuumultraviolett zu fotografieren. Über seine Methode wird später noch berichtet werden. Kürzlich hat er seine Untersuchungen auf Ne und A ausgedehnt (9). Gleichzeitig hat G. HERTZ (10) die Resonanzlinien des Ne photographiert. Aus diesen Untersuchungen hat sich im

indem sie aus der Geschwindigkeitsverteilung der β -Strahlen mit Hilfe der Quantentheorie Schlüsse auf die primäre γ -Strahlung zogen. In die Figur sind die Werte deshalb nicht aufgenommen, weil ihr Nachweis nicht nach spektroskopischen Methoden erfolgt ist.

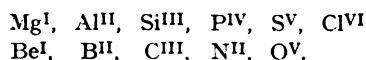
Zusammenhang mit andern spektroskopischen Erfahrungen beim Ne [PASCHEN, MEISSNER, DORGELO, GOUDSMIT, JORDAN (11)] als Grundterm ein p-Term mit der inneren Quantenzahl $j = 1/2$ ergeben und als nächsthöhere Terme vier s-Terme, von denen zwei metastabil sind. Die nach den nichtmetastabilen Termen führenden ultravioletten Linien 735 und 743 Å sind die Resonanzlinien des unregten Ne. Zwei entsprechende Linien hat LYMAN im A angegeben und er nimmt an, daß das Spektrum des A in ähnlicher Weise aufgebaut ist wie das von PASCHEN analysierte Ne. Er hat auch Linien gefunden, die dem von HERTZ im A bei 14,0 Volt angegebenen Anregungspotential entsprechen, so daß es nun etwas weniger hoffnungslos aussieht, in den Linienreichtum des Argonspektrums Ordnung zu bringen. Für Kr und Xe liegen entsprechende vakuumspektroskopische Messungen noch nicht vor.

Gerade wie bei den Atomlinienspektren das Studium der auf den Normalzuständen sich aufbauenden Spektren zur Festlegung der Grundzustände und der Absorptionsserien geführt hat, können Absorptionsbandenmessungen zu ähnlichen Ergebnissen für die Moleküle führen. In welchem Spektralbereich liegen nun im allgemeinen die Absorptionsbanden von Molekülen? Da ist zunächst festzustellen, daß weitaus die meisten Banden, die wir bis jetzt kennen, ins Sichtbare und Ultraviolett fallen und daß sie in der Regel durch Quantsprünge zwischen angeregten Molekülzuständen entstehen. Wenige von ihnen gehen vom Normalzustand aus, wie z. B. die negativen Stickstoffbanden, die auf dem Grundzustand des Moleküls sich aufbauen. Bei den violetten Cyanbanden wird z. B. vermutet, daß sie als Anfangszustand den Normalzustand haben (12). Ein wahrscheinlich großer Teil der vom Grundzustand ausgehenden Banden liegt im Vakuumultraviolett. Hierher gehören z. B. die Absorptionsbanden des Stickstoffes und des Sauerstoffes. Obgleich es sehr wichtig ist, erst einmal diejenigen Banden zu analysieren, die vom Normalzustand ausgehen entsprechend den Resonanzlinien beim Atom, und daran die Banden zwischen höher liegenden Termen anzuschließen, sind exakte Absorptionsbandenmessungen im Vakuumultraviolett noch sehr wenig ausgeführt worden. Zwar hat schon SCHUMANN und später LYMAN und andere (13) Absorption verschiedener Gase in diesem Bereich untersucht, doch fehlte ihnen eine in diesem Gebiet wirklich kontinuierliche Lichtquelle, die im ganzen Bereich einen kontinuierlichen Hintergrund lieferte, von dem sich die Absorptionslinien abheben konnten. Vor kurzem haben nun HOPFIELD und LEIFSON (14) Absorptionsbanden des Sauerstoffes im Gebiete von 1240—1850 Å gemessen, wobei sie das kontinuierliche Wasserstoffspektrum als Lichtquelle benutzten. Es ist nämlich im Institut von E. P. LEWIS gelungen, mit genügender Intensität dieses Spektrum bis 1200 Å darzustellen, so daß es als kontinuierliche Lichtquelle im Va-

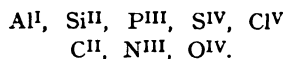
kuumultavioletts verwandt werden konnte. Bei der Wichtigkeit, die diese Frage für die Vakuumspektroskopie hat, soll noch einen Augenblick auf die Möglichkeit der Herstellung anderer solcher Lichtquellen hingewiesen werden. FOOTE, MEGGERS und CHENAULT (15) geben in einer kleinen Notiz an, daß sie durch Bombardement von Metallfolien aus Kupfer, Platin, Kohle und Eisen mit 1000 Volt-Elektronen ein Elektronenbremsspektrum erhalten, das sie durch das Sichtbare und Ultravioletts hindurch verfolgen können. Es ist durchaus möglich, daß dieses Spektrum im Vakuumultavioletts genügende Intensität hat, so daß man es als Lichtquelle verwenden könnte. LILIENTHAL (16) beschrieb die blaugraue Strahlung des Brennfleckes einer Röntgenröhre auch als den sichtbaren Teil des Elektronenbremsspektrums. Noch eine andere Möglichkeit der Herstellung einer kontinuierlichen Lichtquelle fürs Vakuumultavioletts scheint zu bestehen. J. A. ANDERSON (17) hat zuerst angegeben, daß bei der Explosion z. B. eines feinen Eisendrahtes infolge der Entladung einer hohen Kapazität durch den Draht die Eisenlinien in Absorption auf kontinuierlichem Grund erscheinen. Dieser entsteht durch das Leuchten der glühenden Metallteilchen, reicht bis zur in diesen Experimenten beobachtbaren Grenze von 1850 Å und ist bei Explosionen in Luft ziemlich intensiv und schwach bei solchen im Vakuum. Das rührt davon her, daß die Explosion im evakuierten Raum ein rasches Auseinanderstreben der einzelnen Teilchen zur Folge hat, während ein hoher Druck die Entladung zusammenhält. Man müßte daher die Explosion in einem Gefäß mit dem Druck von ein oder zwei Atmosphären He, Ne, A oder H₂ erfolgen lassen, um auch im Vakuumultavioletts ein kontinuierliches Spektrum zu erhalten. Da die Temperatur während der Explosion auf die Größenordnung von 10000° Abs. geschätzt wird, so wäre eine größere Zahl von Explosionen vielleicht imstande, ein ausreichend intensives kontinuierliches Spektrum im Vakuumgebiet zu ergeben. Kürzlich hat LYMAN (18) angegeben, daß er bei Entladung einer Kapazität von etwa 1/4 MF durch ein GEISSLER-Rohr mit He ein kontinuierliches Spektrum erhalten hat, das sich von 1900–900 Å erstreckte.

Aus dem Gesagten wird verständlich, daß die Untersuchungen der Emissionsspektren im Vakuumultavioletts weitaus zahlreicher sind. Bogen- und Funkenspektren vieler Elemente sind mehr oder minder vollständig von vielen Forschern untersucht worden (z. B. von McLENNAN und Mitarbeitern, L. und E. BLOCH, FOWLER usw.). Besonders weitgehende Ergebnisse haben R. A. MILLIKAN und J. S. BOWEN (19) erzielt. In einer Reihe systematischer Untersuchungen haben sie sich die Aufgabe gestellt, die wichtigsten Serienzusammenhänge aufzufinden für Atome, die außer der Edelgasschale noch ein Elektron oder mehr haben, d. h. sie vergleichen z. B. Atome mit einer K-Schale und nur einem Elektron in der L-Schale

wie Li^I, Be^{II}, B^{III}, C^{IV}, N^V oder solche mit einer K-Schale und mit 2, 3 und 4 Elektronen, oder sie betrachten Atome mit schon fertig ausgebildeten K- und L-Schalen und 1, 2 und mehr Elektronen in der M-Schale (stripped atoms). Sie bestätigen für Dubletts mit *p*-, *d*- und *f*-Term Aufspaltungen die relativistische Formel für Röntgendubletts $\Delta\nu = k(z-s)^4$, wo *k* und *s* Konstanten und *z* die Kernladungszahl bedeutet. Später schließen sie umgekehrt aus ihren gefundenen Dubletts mit Hilfe dieser Formel auf den Träger der Spektrallinien. Im Falle von Triplets finden sie für die Frequenzdifferenzen der weitesten Paare eine entsprechende Formel mit etwas größeren *s*-Werten anwendbar. Dubletts mit *p-d*- und *p-s*-Termen finden sie nach der Systematik der Röntgenspektren dem irregulären Röntgendublett entsprechend. Es gelang ihnen, z. B. *pp'*-Gruppen nachzuweisen in den Spektren folgender Elemente mit 2 Valenzelektronen:



Entsprechende *pp'*-Gruppen fanden sie auch bei folgenden Atomen mit 3 Valenzelektronen:



Hier ist nicht der Ort, auf die vielfachen Ergebnisse dieser Arbeiten einzugehen, es soll nur hervorgehoben werden, daß unsere Kenntnis der Atomspektren durch diese Untersuchungen eine wesentliche Förderung erfahren hat. Über die verwandte Methode wird in einem späteren Teil noch einiges gesagt werden.

Über Emissions- und Absorptionsspektren von Flüssigkeiten und festen Körpern ist in dem Wellenlängenbereich unterhalb 2000 Å noch außerordentlich wenig bekannt. Da sind selbst im sichtbaren und ultravioletten Gebiet die Dinge noch wenig geklärt infolge zu geringen Beobachtungsmaterials bzw. wegen der großen Kompliziertheit der Erscheinungen. Ebenso ist über die Durchlässigkeit fester Körper wenig bekannt, was sich theoretisch verwerten läßt.

Auch auf dem Gebiet der Lichtelektrizität gibt es Fragen, welche in dem nur mit vakuumspektroskopischen Methoden zugänglichen Wellenlängenbereich entschieden werden könnten. Zwei Fragen stehen vor allem im Vordergrund des Interesses. Die eine ist die Frage nach der Zahl der pro Einheit der absorbierten Energie lichtelektrisch ausgelösten Elektronen, und damit verknüpft ist die zweite Frage nach der Richtung der emittierten Elektronen. Wir wissen heute, daß im sichtbaren Gebiet beim lichtelektrischen Oberflächeneffekt das Verhältnis der Zahl der ausgelösten Elektronen zur Zahl der absorbierten Lichtquanten weit unter 1 (Größenordnung bis etwa 1/1000) liegt und daß es mit kürzer werdenden Wellenlängen dauernd ansteigt. Andererseits haben GUDDEN und POHL (20) beim lichtelek-

trischen Effekt im Innern von Krystallen dieses Verhältnis gleich 1 gefunden. Messungen im Vakuumultraviolett würden entsprechende Untersuchungen für Gase ermöglichen, bei denen keine Störungen durch Sekundäreffekte zu erwarten sind. Die Frage nach der Abhängigkeit der Emissionsrichtung des Elektrons von der Richtung des Lichtvektors beim lichtelektrischen Effekt läßt sich wohl ebenfalls nur durch Verwendung von extrem ultraviolettem Licht lösen, da zur Durchführung der Messungen die Größe der Lichtquanten die Abtrennungsarbeit der Elektronen wesentlich übersteigen muß. Bei Anwendung von Röntgenstrahlen, wo diese Bedingung erfüllt ist, hat sich ergeben, daß die Emissionsrichtung mit der Richtung des elektrischen Vektors zusammenfällt.

Zum Schluß dieses Abschnittes sei noch kurz erwähnt, daß auch in der Photochemie Probleme vorliegen, deren Lösung vielleicht Untersuchungen im äußersten Ultraviolett bringen können. Wir brauchen nur an Gasreaktionen von solchen Gasen zu denken, die bis in dieses Gebiet durchlässig sind, wie vor allem die Stickstoffreaktionen.

Diese Beispiele mögen genügen und haben hoffentlich einen kleinen Begriff von der Wichtigkeit des Experimentierens im Vakuumultraviolett gegeben. Es soll nun einiges über die in diesem Gebiet benutzten Methoden gesagt werden.

Methodisches.

Das Experimentieren im Vakuumgebiet ist viel mühsamer als das in den übrigen Spektralbereichen, da wie schon erwähnt der gesamte Lichtweg im Vakuum bzw. in dem zu untersuchenden Gas verlaufen muß. An die Spektrographen, es handelt sich um Flußspat- und Gitterspektrographen, werden also erhebliche Anforderungen gestellt. Sie dürfen nicht zu groß sein, um rasch ausgepumpt werden zu können, sie müssen luftdicht sein, ihre Justierungsvorrichtungen müssen möglichst so eingerichtet sein, daß nicht wegen jeder kleinen Änderung der Spektrograph geöffnet zu werden braucht, die Platte muß möglichst bequem auswechselbar sein, die Lichtquelle nahe an den Spalt herangebracht werden können. In den verschiedenen Konstruktionen ist diesen Forderungen auf mannigfache Weise entsprochen worden. Zuerst wollen wir auf den Flußspatspektrographen eingehen. Man verwendet ihn zweckmäßig dort, wo man große Lichtstärke braucht und mit Wellenlängen nicht unter $1250 \text{ \AA}$ arbeitet. Dabei möge erwähnt werden, daß ABBE (21) angibt, daß aller wirklich bis $1250 \text{ \AA}$ durchlässige Flußspat aus nur einem Fundorte stammt, nämlich vom Brienzer See. Es handelte sich um eine reiche Ausbeute mit Stücken von mehr als 100 Zentner Größe aus dem Jahre 1832, von der wir heute leider die wenigsten Stücke als Flußspat noch besitzen — die Hauptmenge des kostbaren Materials wurde nämlich an Chemiker

zur Herstellung von Flußsäure verkauft! Nachdem durch Bemühungen von verschiedenen Seiten der alte Fundort wieder entdeckt worden war, ließ die Firma Zeiss Nachsuchungen anstellen mit dem Resultat, daß wirklich damals sehr gründlich zu Werke gegangen worden ist, denn es fanden sich nur noch wenige kleine brauchbare Stücke. LYMAN (22) erwähnt in seinem Buche einen hellgrünen Flußspat aus Westmoreland (New Hampshire, U. S. A.), der fast so durchlässig wie dieser klare Flußspat sei. Die Verwendung eines Flußspatspektrographen bestimmte auch die Grenzwellenlänge, bis zu der SCHUMANN bei seinen Untersuchungen vorgedrungen ist. Sein Spektrograph war technisch so gut konstruiert, daß er jede Justierung vornehmen konnte, ohne wieder Luft in den Apparat lassen zu müssen. Im folgenden ist als Beispiel einer neueren Konstruktion ein von

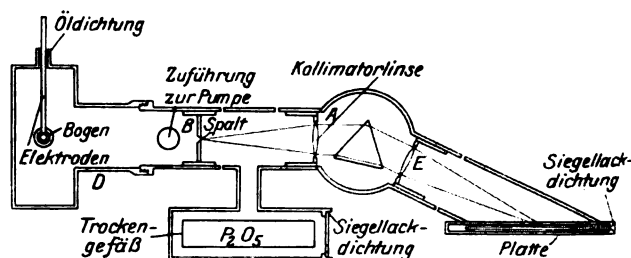


Fig. 2. Flußspatspektrograph von McLennan. (Aus Proc. Roy. Soc. 95, 316. 1919.)

McLENNAN (23) angegebener Flußspatspektrograph beschrieben.

Die Metallhülle des Apparates bestand aus Messing, die an dem einen Ende vom Plattenhalter abgeschlossen wurde. Dieser hat die Form eines flachen Kästchens, in welches seitlich die Platte hineingeschoben werden konnte, worauf das Kästchen mit einem Messingdeckel geschlossen werden konnte. A und B sind in das Metallrohr genau passende Rohre, von denen A eine Scheibe mit einer Flußspatlins und B den Spalt trägt. Die Scheibe hat selbstverständlich Durchbohrungen zum Auspumpen. Der Anschluß der Lichtquelle an den Spektrographen ist aus der Figur zu sehen. In einer späteren Arbeit hat McLENNAN (24)

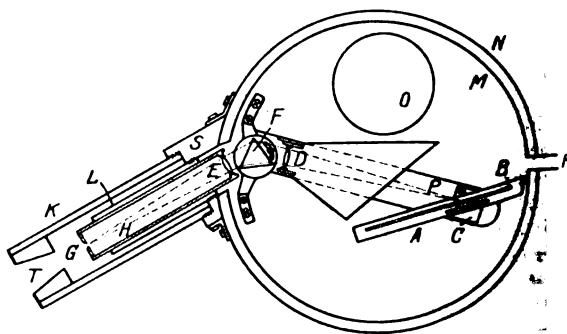


Fig. 3. Flußspatspektrograph von McLennan. (Aus Proc. Roy. Soc. London, 98, 109. 1920.)

ein etwas anderes Modell angegeben, da die Justierung des eben besprochenen Spektrographen jedesmal lange Zeit in Anspruch nahm.

Bei dieser Konstruktion sitzen Prisma, zweite Linse und Plattenhalter im gleichen Raum, einem Zylinder aus Gußbronze von 7,5 cm Höhe, 30 cm innerem Durchmesser und 1 cm Wandstärke. Der Deckel muß abgenommen werden für jede Justierung und beim Wechseln der Platte. In dem Kollimatorrohr *K*, das vermittels des Gußbronzestückes *S* an das große Gefäß angeschlossen ist, ist ein zweites konzentrisches Rohr *H* angebracht, das den Spalt *G* und die Kollimatorlinse *E* trägt. Zum Auspumpen ist das Rohr mit Öffnungen versehen. An den Schliff *T* kann die in der folgenden Figur abgebildete Vakuumlampe zur Erzeugung von Funkenspektren angeschlossen werden. Der Arm *P*, an dem die Linse *D* und der Plattenhalter *AB* befestigt sind, kann um eine Achse, die durch den Mittelpunkt des Prismas geht, gedreht werden. Nach erfolgter Justierung konnte der Arm durch eine Stellschraube festgestellt werden. Die Träger für die Linse *D* und den Plattenhalter *AB* hatten außerdem als zweite Veränderungsmöglichkeit eine Verschiebung längs *P*. Außerdem konnte die Platte in ihrer eigenen Ebene verschoben werden. Das Schälchen *O* enthielt P_2O_5 und wurde mit Glaswolle bedeckt. Die benutzte Vakuumfunkenanordnung ist in Fig. 4 dargestellt.

Es ist ein Glaskolben von 10 cm Durchmesser

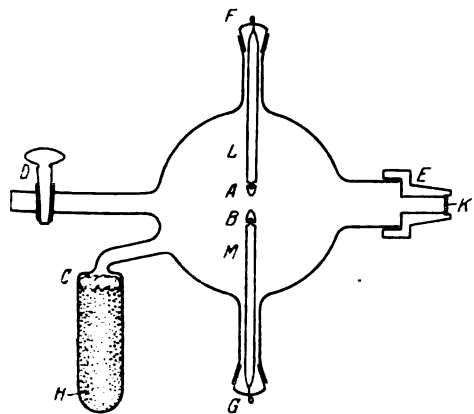


Fig. 4. Vakuumfunkenanordnung (McLENNAN).

mit Al-Zuleitungen *L* und *M*. *A* und *B* sind Metallstücke der entsprechenden Elemente, deren Funkenspektren untersucht wurden. *K* ist ein Flußspatfenster. Der Apparat wurde während der Versuche mit He von Atmosphärendruck gefüllt.

Die Konstruktion und Justierung von Gitterspektrographen ist einfacher. Spalt, photographische Platte und Gitter liegen auf einem Kreise, dessen Durchmesser der Krümmungsradius des Gitters ist. Die Justierungsmöglichkeiten sind in der Regel so eingerichtet, daß das Gitter um eine horizontale und eine vertikale Achse gedreht und entlang der Spektrometerachse verschoben werden

kann. Ebenso liegen Spalt und Plattenhalter nicht vollständig fest. Größere Verschiedenheit herrscht in der Anbringung der Lichtquelle, die sich je nach den betreffenden Zwecken richtet. MILLIKAN (25), der Funkenspektren im Hochvakuum untersuchte, brachte seine Lichtquelle in dem Spektrographen selbst dem Spalt gegenüber an. Die McLENNANsche Vakuumfunkenanordnung ist schon in Fig. 4 angegeben. Er benutzte sie nicht nur für den Flußspat, sondern auch für den Vakuumgitterspektrographen (26), doch ohne Flußspatfenster, wobei die verhältnismäßig große Entfernung der Lichtquelle vom Spalt im letzten Falle mehr stören muß als im ersten. Ein kürzlich von LYMAN (27) beschriebener Vakuumgitterspektrograph vermeidet diesen Fehler. Er ist in den folgenden Figuren als Beispiel angegeben.

Das Gitter von der Größe 5×3 cm hatte einen Krümmungsradius von 50 cm und stand in einem Messingrohr von 9 cm innerem Durchmesser, das an beiden Enden mit Flanschen versehen war. Die Seite, die das Gitter enthielt, wurde mit einer runden Platte abgeschlossen und der Verschuß mit einem weichen Kitt gedichtet. Diese Seite ist in der Figur nicht mit gezeichnet. Das Gitter konnte in der üblichen Weise justiert werden. Auf der anderen Seite wurde die Verbindung zwischen Flansch und Verschußplatte durch Khotinski-Kitt gedichtet. Der Plattenhalter bestand aus einem besonderen Rohr *C* (Fig. 6), das in das Rohr *L* (Fig. 5) hineinpaßte. An der einen

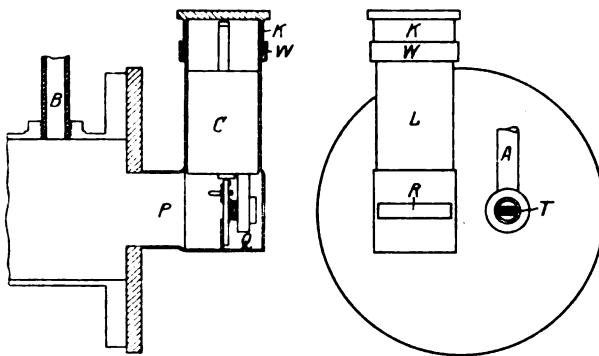


Fig. 5. Plattenhalter des Vakuumspektrographen (LYMAN).
(Aus Journ. of Opt. Soc. 7, 495. 1923.)

Seite hatte es einen Handgriff, um verschoben werden zu können, an der andern enthielt es eine Platte *Q* mit Einschnitten für die 4×1 cm große photographische Platte. Um für eine verschiedene Neigung der Platte sorgen zu können, konnte *C* um eine vertikale Achse gedreht werden. Um den Zylinder *L* war oben ein Ring *W* gelegt und der Zwischenraum zwischen *L* und *W* mit etwas Siegelack ausgefüllt. Der Deckel *K* hatte ein zylindrisches Ansatzstück, das genau über *L* und in den Zwischenraum zwischen *L* und *W* paßte. Durch etwas Erwärmen konnte der Siegelack schmelzen und schloß dann nach dem Erkalten

luftdicht ab. Das Ansatzrohr T enthielt den Spalt und außerdem wurde direkt daran die Lichtquelle angesetzt, so daß sie nahe am Spalt war. Als anderen Vorzug dieses Spektrographen hebt LYMAN hervor, daß er ohne viel Arbeit absolut luftdicht gemacht werden kann. — Eine andere Konstruktionsart benutzt HOFFIELD (28). Es ist ein von E. P. LEWIS gebauter Spektrograph mit einem Gitter von 50 cm Krümmungsradius, das nicht in einem langen Rohr wie gewöhnlich steht, sondern in einem Kasten aus Gußmessing von der Form eines Sektors. Auf diese Weise ist für die Justier Vorrichtungen mehr Raum gewonnen als bei der gewöhnlichen Rohrform. Ein von Hilger & Co. (29) gebauter Vakuumspektrograph trägt den Plattenhalter mittels Schliffes in einem besonderen Ansatzrohr, das aus der Vorderplatte herausragt. Zwei Spalte liegen im gleichen Rohr unter dem Plattenhalter. Kürzlich ist von G. HERTZ (30) ein Vakuumgitterspektrograph mit offenbar sehr einfachen Mitteln konstruiert worden. Die ausführliche Konstruktion wird nächstens von ihm angegeben werden.

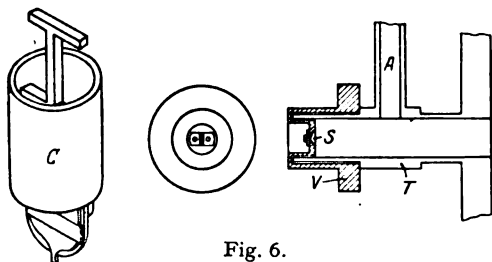


Fig. 6.

Plattenhalter des Vakuumspektrographen (LYMAN).

Mit ein paar Worten sei noch auf die verwandten Gitter eingegangen. Die im Sichtbaren und Ultraviolett benutzten Gitter sind in der Regel für das Vakuumgebiet nicht gut brauchbar, da kleine Unregelmäßigkeiten in den Gitterfurchen sich so störend bemerkbar machen können, daß das Licht der ganz kurzen Wellenlängen diffus gestreut wird. Für die längeren Wellen kommen diese Unebenheiten nicht in Frage, da sie klein im Verhältnis zur Wellenlänge sind. Es kommt also für das im Vakuumultraviolett zu verwendende Gitter sehr auf exakte Teilung und gutes Gittermaterial an. Bei der üblichen Strichzahl von 500—1100 Strichen pro Millimeter ist das Verhältnis von Strichabstand zur Wellenlänge für die ganz kurzen Wellenlängen etwa 100:1. MILLIKAN, BOWEN und SAWYER (31) ritzen ihre Gitter nur ganz leicht oberflächlich, so daß ein Teil der Oberfläche unversehrt bleibt. Bei einem derartigen Verfahren ist es viel leichter möglich, ganz gleichmäßige Gitterstriche zu bekommen. Sie erreichen bei einem bestimmten Verhältnis von Oberfläche zur Furchenfläche z. B., daß die Hauptlichtintensität im Mittelbild und in der ersten Ordnung liegt. Kürzlich nach der gleichen Methode von J. A. ANDERSON ganz leicht geritzte Gitter (32)

ergaben ausgezeichnete Spektren in der siebenten, achten, ja selbst zehnten Ordnung. Mit diesen Gittern haben MILLIKAN und BOWEN ihre weitgehenden Resultate über die Spektren der stripped atoms erhalten. Auch LYMAN findet die Methode, Gitter nur ganz leicht zu ritzen, vorteilhaft für die Herstellung von Gittern fürs äußerste Ultraviolett.

Für Spektralaufnahmen im Vakuumgebiet werden in der Regel SCHUMANN-Platten (gelatinefreie Platten, da die Gelatine von 2000 Å nach kurzen Wellen immer stärker absorbiert) benutzt. Hält man sich genau an das von V. SCHUMANN angegebene Verfahren (33), so kann man sich diese Platten im Laboratorium unschwer selbst herstellen. Das von DUCLAUX und JEANTET (34) angegebene Verfahren, die Fluoreszenz einer außerordentlich dünnen auf eine gewöhnliche Platte aufgetragenen Ölschicht auszunutzen, ist ebenfalls gut brauchbar und wegen seiner Einfachheit sehr empfehlenswert. HOFFIELD (35) verwendet in seinen Arbeiten auf besondere Weise hergestellte Filme, die sich als sehr gut erweisen.

Im folgenden soll an einigen Beispielen besprochen werden, wie eine Untersuchung im äußersten Vakuumgebiet nun wirklich durchgeführt wird. LYMAN (36) hat in einer Reihe von Arbeiten die Spektren des Heliums untersucht und geordnet. Dabei waren in seinen ersten Untersuchungen Lichtquelle und Vakuumspektrograph mit He von etwa 1 mm gefüllt und durch den Spalt miteinander verbunden. Als Lichtquelle diente eine gewöhnliche GEISSLER-Entladung. Bei dieser Art der Anregung traten mehrere Linien auf, die offenbar Verunreinigungen zukamen. Das nimmt nicht wunder, da Edelgas bei dieser Art der Anregung ungeheuer empfindlich ist. Darum wurde als Lichtquelle ein Rohr mit hohlzylinderförmigen Elektroden, wie sie PASCHE (37) als zweckmäßig angegeben hat, verwandt und in der Längsrichtung anvisiert. Das Rohr wurde mit Gleichstrom betrieben. Mit dieser Anordnung konnten Linien von Verunreinigungen weitgehend vermieden und einige weitere Heliumlinien eingeordnet werden. Da der Apparat vollkommen mit He gefüllt war, wurden die Absorptionslinien des He auf dem langen Wege Lichtquelle — Platte wieder absorbiert und daher nicht beobachtet. Um dieses zu vermeiden, ließ LYMAN in den Raum mit der Lichtquelle dauernd He einströmen. Durch den engen Spalt konnte das Gas in den Spektrographen diffundieren, wurde dort aber durch rasch saugende Pumpen ständig abgepumpt, eine Methode, wie sie W. WIEN auch bei seinen Kanalstrahlenuntersuchungen vielfach angewandt hat. LYMANs zuletzt gewählte Anordnung ist aus der folgenden Figur ersichtlich.

Der Spektrograph bestand aus einem Rohr aus gezogenem Messing von 14,9 cm innerem Durchmesser. Das eine Ende enthielt das Gitter und wurde mit einer Messingplatte verschlossen, es ist auf der Figur nicht zu sehen. Das andere Ende trug einen Flansch mit einer Platte A, in die das

Rohr *B*, das den Spalt enthielt, eingefügt wurde. Ferner enthielt *A* das Messingkästchen *C* mit dem Plattenhalter, der auf der Messingplatte *D* montiert war. Das offene Ende von *C* trug einen Flansch mit der Verschlussplatte *E*, zur besseren Dichtung wurde der Verbindungsring mit weichem Kitt versehen. *W* ist eine Glasplatte, die während der Aufnahme lichtdicht abgeschlossen wurde. Der Plattenhalter konnte in horizontaler und vertikaler Richtung verschoben und um eine vertikale Achse gedreht werden. Die vertikale Verschiebung geschah mit Hilfe eines Elektromagneten über *C*, auf diese Weise konnten mehrere Aufnahmen auf die gleiche Platte ohne jedesmalige Öffnung des Spektrographen vorgenommen werden. Das Licht vom Gitter traf auf die Platte durch einen Schlitz *F* 2 mm breit und 7,8 cm lang auf. Einen ent-

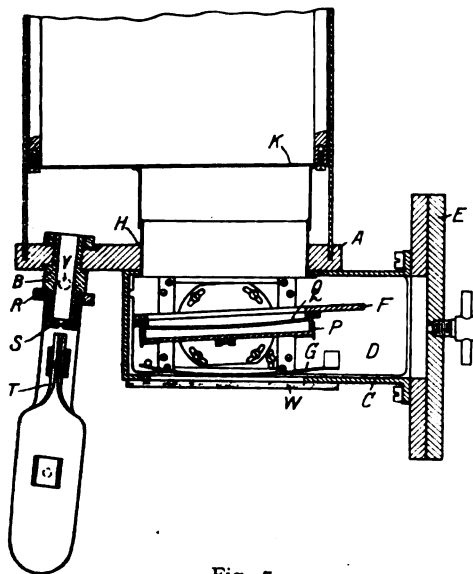


Fig. 7.

Spektrograph LYMAN. (Aus *Astroph. Journ.* 60, 8, 1924.)

sprechenden Schlitz enthielt die Platte *A*. Er war in Verbindung mit einem rechtwinkligen Rohr *H*, das wiederum mit einem zweiten ähnlichen Rohr mit Blenden *K* verbunden ist. Der Spalt *S* war 0,16 mm hoch und gewöhnlich 0,04 mm breit. Der Ansatz *V* führte zur Pumpe, um das durch den Spalt eindringende Gas sofort abzupumpen. Der übrige Teil des Spektrographen wurde durch 21,4 cm weite, zu seiner Mitte symmetrisch gelegene Rohre ausgepumpt. Um die Absorption in dem Gefäß mit der Lichtquelle möglichst zu vermeiden, wurde ein Capillarrohr angebracht und möglichst nahe an den Spalt geführt. Zum Evakuieren bestand eine besondere Verbindung zur Pumpe. Während der Entladung strömte das Gas durch eine sehr feine Capillare zu. Damit wurde dauernd ein Druck von etwa 1 mm aufrechterhalten. Die Entladung wurde meistens mit Gleichstrom betrieben, die Stromstärke betrug 15–20 Milliampere. Zur Untersuchung des Fun-

kenspektrums wurde eine PASCHENSche Hohlkathode benutzt. Da bei dem Vordringen in ein unbekanntes Spektralgebiet das Auftreten von falschen Linien (sog. Geister, durch periodisches Auftreten von Unregelmäßigkeiten des Gitters veranlaßt) sich besonders störend bemerkbar macht, hatte LYMAN die gleichen Spektren mit mehreren Gittern, die unter verschiedenen Bedingungen hergestellt waren, aufgenommen. Durch Vergleich der mit diesen Gittern erhaltenen Spektren war es ihm möglich, echte und falsche Linien voneinander zu trennen. Denselben Kunstgriff, die Absorption dadurch zu vermeiden, daß in dem Spektrographen dauernd ein hohes Vakuum aufrechterhalten wird, hat G. HERTZ benutzt zur Untersuchung der Absorptionslinien des Ne (38).

Eine andere Anordnung wählten MILLIKAN und seine Mitarbeiter (39) für die Untersuchung der Funkenspektren der Elemente. Wie schon erwähnt, setzen sie die Lichtquelle in den Spektrographen direkt vor den Spalt, d. h. in ein hohes Vakuum. Sie benutzen dazu einen Funken sehr hoher Energie, der zwischen Elektroden in einem Abstand von 1 mm und weniger übergeht. Die Zuleitungen wurden isoliert durch den Spektrographen geführt. Während der Aufnahmen wurde dauernd stark abgepumpt. Da die Funken sehr heiß waren, wurden Zuleitungen, Elektroden und Isolation so warm, daß sie beträchtlich Gas abgaben. Daher wurde immer eine Sekunde exponiert und dann 5 Minuten gewartet, um das abgegebene Gas wieder wegzupumpen. Zu einer vollständigen Belichtung waren 5–20 Minuten erforderlich, je nach den benutzten Elektroden. Daraus ersieht man ohne weiteres die große Lichtstärke der Funken. Sehr schwer war das Schleiern der Platten zu vermeiden. Es wurde erst dadurch stark reduziert, daß durch Blenden dafür gesorgt wurde, daß die Platte nur von direktem Licht getroffen wurde. Die größte Schwierigkeit aber bereitete es, daß das Gitter während der Exposition angegriffen wurde und in seiner Güte sofort stark nachließ. Durch längere Versuche stellten die Verfasser fest, daß der Überzug des Gitters aus Schwefel und Schwefelverbindungen bestand, die aus den Hartgummiisolationen und Gummiringen durch die Wärme frei gemacht wurden. Nachdem daraufhin die Isolation der Zuleitungen aus synthetischem Bernstein und die Gummidichtungen aus schwefelfreiem antimonhaltigen Material hergestellt waren, wurde die Lebensdauer der Gitter ganz bedeutend verlängert, die Gasabgabe eingeschränkt und damit wurden auch klarere Platten erhalten.

Da es nicht möglich ist, die von den einzelnen Autoren benutzten verschiedenen Methoden hier anzugeben, sei nur noch beispielsweise auf die Untersuchungen von McLENNAN und Mitarbeitern (40) hingewiesen, ebenso auf eine Arbeit von HOPFIELD (41), in der er ein ölkühletes Entladungsrohr mit Capillare beschreibt, das mit hoher Spannung betrieben wurde und dessen Benutzung die Expositionszeit sehr herabsetzte.

Hoffentlich ist es durch die vorstehenden Ausführungen etwas gelungen, einen kleinen Einblick in die Methoden zu geben, die in diesem experimentell so schwer zugänglichen Gebiete angewandt werden, und andererseits verständlich zu machen, warum gerade für dieses Gebiet ein immer mehr wachsendes Interesse herrscht.

Literatur:

1. A. GLAGOLEWA—ARKADIEWA, Zeitschr. f. Phys. **24**, 153. 1924.
2. V. SCHUMANN, Smithsonian Contributions to knowledge **29**, Nr. 14, S. 13. 1903; L. und E. BLOCH, Compt. Rend. **158**, 1161. 1914; E. SCHMIDT, Zeitschr. f. Phys. **31**, 475. 1925.
3. R. A. MILLIKAN und J. S. BOWEN, Phys. Rev. **23**, 1. 1924.
4. Literatur z. B. Bericht von J. FRANCK, Phys. Zeitschr. **22**. 1921, und K. T. COMPTON und F. L. MOHLER, Bull. of the national research Council, Critical Potentials 1924.
5. Literatur s. LYMAN, The Spectroscopy of the Extreme Ultraviolett 1914.
6. J. FRANCK und P. KNIPPING, Phys. Zeitschr. **20**, 481. 1919; **1**, 320. 1920; J. FRANCK und F. REICHE, Zeitschr. f. Phys. **1**, 154. 1920 und s. 4.
7. G. HERTZ, Zeitschr. f. Phys. **22**, 18. 1924; G. HERTZ und K. R. KLOPPERS, Zeitschr. f. Phys. **31**, 463. 1925.
8. TH. LYMAN, Philosoph. mag. **41**, 814. 1921; Science **56**, 167. 1922; Astroph. journ. **60**, 1. 1924.
9. TH. LYMAN und F. A. SAUNDERS, Nature **116**, 358. 1925.
10. G. HERTZ, Naturwissenschaften **13**, 489. 1925.
11. F. PASCHEN, Ann. d. Phys. **60**, 405. 1919; K. W. MEISSNER, Ann. d. Phys. **76**, 124. 1925; P. JORDAN, Zeitschr. f. Phys. **31**, 877. 1925.
12. K. MULLIKEN, Nature **114**, 858. 1924.
13. s. 5.
14. S. J. HOPFIELD und S. W. LEIFSON, Phys. review **25**, 716 (A). 1925.
15. P. D. FOOTE, W. F. MEGGERS and K. L. CHENAULT, Journ. of opt. soc. Am. **9**, 541. 1924; **10**, 287. 1925.
16. J. LILIENTHAL, Phys. Zeitschr. **20**, 280. 1919; **21**, 249. 1920.
17. J. A. ANDERSON, Astroph. Journ. **51**, 37. 1920.
18. TH. LYMAN, Astroph. Journ. **60**, 1. 1924.
19. J. S. BOWEN und R. A. MILLIKAN, Phys. review **24**, 209. 1924; **25**, 590. 1925; **26**, 150. 1925.
20. B. GUDDEN und R. POHL, Phys. Zeitschr. **23**, 417. 1922.
21. ERNST ABBE, Ges. Abhandlungen Bd. I, S. 484. 1904.
22. TH. LYMAN, Spectroscopy of the Extreme Ultraviolet S. 58. 1914.
23. J. C. MCLENNAN, D. S. AINSLIE and D. S. FULLER, Proc. of the roy. soc. of London, Ser. B. **95**, 316. 1919.
24. J. C. MCLENNAN und A. C. LEWIS, Proc. of the roy. soc. of London, Ser. B. **98**, 109. 1920.
25. R. A. MILLIKAN und R. A. SAWYER, Phys. review **12**, 168. 1918.
26. J. C. MCLENNAN, Proc. of the roy. soc. of London, Ser. B. **98**, 115. 1920.
27. TH. LYMAN, Journ. of opt. soc. Am. **7**, 495. 1923.
28. J. J. HOPFIELD, Phys. review **20**, 573. 1922.
29. SIMEON, Proc. of the roy. soc. of London, Ser. B. **102**, 484. 1923.
30. G. HERTZ, Physica **5**, 189. 1925.
31. R. A. MILLIKAN, J. S. BOWEN und R. A. SAWYER, Astr. journ. **53**, 150. 1921.
32. J. S. BOWEN und R. A. MILLIKAN, Philosoph. mag. **48**, 259. 1924.
33. V. SCHUMANN, Ann. d. Phys. **5**, 349. 1901.
34. DUCLAUX et JEANTET, Science **58**, 48. 1923.
35. s. 28.
36. s. 8.
37. F. PASCHEN, Ann. d. Phys. **71**, 142. 1923.
38. s. 10. und 30.
39. R. A. SAWYER, Astroph. Journ. **52**, 286. 1920.
40. MCLENNAN und Mitarbeiter, Transact. Roy. Soc. Can. 1920—1925.
41. s. 28.

Die Erkrankungen des Parodontium (Alveolarpyorrhöe).

Von KARL FRZ. HOFFMANN, München.

Das menschliche Gebiß wird hauptsächlich von zwei Volkskrankheiten heimgesucht, nämlich die Caries und die Krankheitsprozesse des Parodontium.

Das Parodontium ist nach WESKI ein Sammelname für die verschiedenen am Zahnhals auftretenden Gewebe. Es handelt sich um das Zahnfleisch (Gingiva), die Wurzelhaut (Periodontium) und den Alveolar-knochen. Diese Gewebe üben die Funktion eines Organes aus und charakterisieren eine physiologische Einheit. So sagt WESKI: „Das Parodontium stellt die direkte Angriffsfläche der vom Zahn ausgehenden mechanischen Funktionsreize dar.“ Aber auch eine pathologische Einheit dieses Gewebekomplexes ist vorhanden, da bei Erkrankungen der Weichteile des Zahnhalses nicht ein Gewebe, sondern meist alle befallen werden.

Die Krankheiten des Parodontium kann man in 2 Gruppen einteilen. Überwiegen die entzündlichen Vorgänge, so spricht man von einer Parodontitis. Die zweite Gruppe sind die Parodontosen, welche durch degenerativ-regressive Prozesse entstehen. Beide Fälle sind in Fig. 1 dargestellt. Rechts eine Parodontose und links Parodontitis mit Alveolarschwund und Taschenbildung. In Fig. 2 links ist das normale Verhalten der Gewebe am Zahnhals dargestellt.

Die Parodontitis beginnt mit einer Entzündung des Zahnfleischsaumes (Gingivitis marginalis), die hervorgerufen wird durch mechanische Reize wie überstehende Füllungen, schlecht sitzende Kronenringe, Retention zwischen engstehenden Zähnen und vor allem supragingivaler Zahnstein (Fig. 2a). Die Schleimhaut wird durch den chronischen Reiz entzündet, und die Zahnfleisch-tasche, welche normalerweise eine Tiefe von ca. 1,5 mm hat, vergrößert sich, indem das Epithel atypisch in die Tiefe wächst (Fig. 3 links). Gleichzeitig wandelt sich das Bindegewebe in zellreiches Granulationsgewebe um. Das Zahnhalsband (Ligamentum circulare) wird zerstört, und die zahlreichen Bakterien, die ständig in der Mundhöhle sind, können nun eindringen in die Wurzelhaut, die dadurch natürlich ihr Schutzorgan verliert. Die Bakterienprodukte in der vergrößerten Zahnfleischtasche rufen eine Degeneration des Zementes und einen geschwürigen Zerfall der Oberfläche hervor. Das Taschensekret ist je nach dem Entzündungszustand serös oder eitrig. Der zerstörte Zement wirkt als Fremdkörper und wird vom Epithel im Sinne einer Heilung überwachsen. Durch diesen Vorgang vertieft sich die Tasche bedeutend. Mit der fortschreitenden pathologischen Taschenbildung geht auch ein Verlust an Alveolar-knochen einher, der nicht ersetzt werden kann.

Die Knochenhöhe ist abhängig vom Stand reizübertragender Periodontfasern. Hört die funktionelle Beanspruchung des Knochens auf, so verfällt er der Atrophie. Die Resorption findet an der Innenseite der Alveole statt und zeigt sich meist als Seitenschwund. In Fig. 4 bleibt der Höhenschwund aus, da das Alveolarseptum zum Nachbarzahn noch funktionelle Beziehung hat. Diesen Typ bezeichnet man nach WESKİ als Parodontitis intraalveolaris. Haben aber beide Nachbarzähne Alveolarseitenschwund aufzuweisen, dann ist ein Höhenschwund der Alveole eingetreten wie Fig. 5 zeigt. Bei sehr dünner Alveole kann aus dem Seiten-



Fig. 1. Rechts Parodontose; links Parodontitis. Fig. 2. Bildung von supragingivalem Zahnstein (a). Fig. 3. Links senkt sich Epithelzapfen in die Tiefe, beginnende Parodontitis.

schwund ein Höhenschwund (Fig. 6) werden. Der Krankheitsprozeß ist beendet, wenn der Zahn beutelartig vom Epithel überzogen ist. In diesem Stadium ist der Zahn stark gelockert, da er mit der Alveole nur noch an wenigen Stellen in Verbindung ist. Das Krankheitsbild kann pathologisch-anatomisch als eine chronische, eitrige, destruierende Wurzelhautentzündung aufgefaßt werden (BERTEN).

Bei der Entstehung der Parodontitis spielen sicherlich konstitutionelle Momente eine Hauptrolle, da nicht alle Personen daran erkranken, obwohl dieselben äußeren und lokalen Verhältnisse vorliegen. Den RÖMER handelt es sich um eine Konstitutionsanomalie, die mit Störungen in den biologischen Prozessen des ganzen Stoffwechsels zusammenhängen. MATH. REINMÖLLER konnte bei Kranken mit Parodontitis im nach der Methode von ABDERHALDEN untersuchten Serum Thymusabbau feststellen. Auf Grund dieses Untersuchungsbefundes kann man annehmen, daß die Thymusdrüse in enger Beziehung zur Parodontitis steht. Inwieweit Erkrankungen, welche den Ernährungszustand und Stoffwechsel herabsetzen, an der Entstehung der Parodontitis beteiligt sind, ist noch nicht einwandfrei festgestellt. Eine gewisse Prädisposition für die Krankheit geben ab Gicht, Diabetes mellitus, Anämie, Brightsche Krankheit, ferner chronische Infektionskrankheiten (Tuberkulose, Malaria, Lues), auch chronischer Alkoholismus und schließlich Nervenleiden (Rückenmarksentzündung, Neurasthenie, Tabes und Paralyse). BERTEN und MAYRHOFER konnten das Auftreten der Erkrankung familienweise beobachten und sprechen der Vererbung eine gewisse Rolle zu. Aber auch zwischen Zahnkonstitution und Parodontitis bestehen Zusammenhänge. Zahlreiche Beobachtungen haben immer wieder festgestellt, daß cariesdisponierte Gebisse gegen Parodontitis einen relativen Schutz aufweisen.

Eine Verminderung der vitalen Energie und Regenerationsfähigkeit der Gewebszellen führt zu dystrophischen Zuständen, den sog. Parodontosen, die ohne Entzündungserscheinungen verlaufen. Sehr häufig

tritt eine Kombination mit Parodontitis ein, namentlich bei schlechter Mundpflege. In solchen Fällen macht der Krankheitsprozeß sehr rasche Fortschritte.

Der normale Involutionsprozeß des Gebisses besteht in Loslösung des Epithels an der Zahnoberfläche, Tiefenwachstum des Epithelansatzes und Rückbildung des Alveolarrandes, verbunden mit einem gleichmäßigen Abschleifen an den Kauflächen und Kontaktpunkten. Der Durchbruch der Krone geht also kontinuierlich über in den der Wurzel, um mit GOTTLIEB zu sprechen. Diese Involution zieht sich hin bis ins höchste Greisenalter. Die Alveolarfortsatzatrophie kann aber schon einsetzen bei anscheinend sonst ganz gesunden Individuen im jugendlichen Alter, während die übrigen Funktionen des Organismus noch auf voller Höhe sich befinden. Das Wesen dieser präsenilen Atrophie (*Atrophia alveolaris praecox*) ist noch nicht geklärt. Von dem Schwund des Alveolarfortsatzes werden nun nicht immer alle Zähne betroffen, sondern die Krankheit kann befallen nur einige Zähne oder sogar bloß Teile der Wurzeloberfläche, z. B. bei Frontzähnen die Labial- (Lippen) fläche, ferner bei Molaren die Palatinalwurzeln.

Eine weitere Ursache für die Entstehung einer Parodontose ist gegeben durch eine falsche Belastung. Wird die Elastizitätsgrenze der Periodontiumfasern überschritten, so verknöchern diese an den Zementansetzenden Stellen. Die Untersuchungen von GOTTLIEB haben ergeben, daß ein Druck der Wurzel auf die Alveole

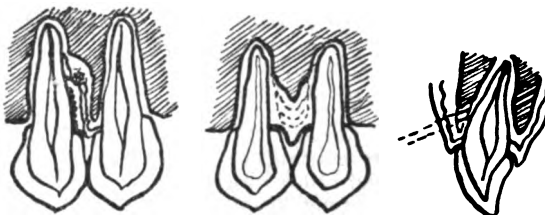


Fig. 4. Seitenschwund der Alveole. Fig. 5. Höhenschwund der Alveole. Fig. 6. Aus dem Seitenschwund wird ein Höhenschwund.

die an den Stellen zum Schwinden bringt, wo der Druck direkt einwirkt.

Das Längerwerden der Zähne bei Fehlen der Antagonisten wird nach LOOS Entlastungsdystrophie genannt. Die Alveole weitet sich aus, da die Reizübertragung durch den Gegenzahn verloren gegangen ist.

Die beschriebenen Krankheitsbilder wurden ganz allgemein bis vor kurzem zusammengefaßt unter dem Namen Alveolarpyorrhöe. Der Name bezeichnet nur ein einzelnes Symptom, den Eiterausfluß aus der Alveole, das zwar bei den entzündlichen Zuständen immer vorhanden ist, aber bei den einfachen dystrophischen fehlt, wohl aber, wie schon erwähnt, sekundär hinzutreten kann.

Die Erkrankungen des Paradentiums kann man kurz folgendermaßen charakterisieren:

Die Parodontitis entsteht unter bestimmten konstitutionellen Bedingungen im Anschluß an eine marginale Entzündung, dann sind Taschenvertiefung und Eiterung aus der Alveole das Primäre, Knochenschwund und Lockerung der Zähne das Sekundäre.

Die Parodontose zeigt primär Knochenschwund und Lockerung der Zähne, sekundär Taschenvertiefung und Eiterbildung entsprechend der Entstehungsursache im Anschluß an eine Atrophie des Alveolarknochens.

Besprechungen.

KOBER, L., **Gestaltungsgeschichte der Erde**. Berlin: Gebr. Borntraeger 1925. 200 S., 60 Abbild. und 1 Übersichtskarte. 14 × 22 cm. Preis geh. 7,50 Reichsmark.

KOBER hat sich die Aufgabe gestellt, einen kurzen Abriß der Geschichte der Erde und der einzelnen Kontinente zu schreiben. Dementsprechend gliedert er den Stoff folgendermaßen: I. Zur Geschichte der Geologie. II. Evolution und Revolution in der Erdgeschichte. III. Die großen Ereignisse der Erdgeschichte. IV. Gestaltungsgeschichte der Kontinente und Ozeane. V. Gestaltungsgesetze und Theorien.

Die Aufgabe des Buches ist, laut dem Vorwort des Verf., zu lehren; das scheint bei dem leichten, flüssigen Stil KOBERS und bei der vorzüglichen Ausstattung durch den Verlag, durchaus einleuchtend. Sieht man sich dann aber den Inhalt etwas kritischer an, so dürfte man Bedenken bekommen, das Buch gerade Lernenden in die Hand zu geben, da solche ja noch nicht die Möglichkeit haben, sich zwischen Richtigem und — zum mindesten Fraglichem — zurechtzufinden; und von beidem enthält das Buch ein gerüttelt Maß. Um nicht unbewiesener Behauptungen bezichtigt zu werden, muß ich einiges anführen.

Die russische Tafel soll während des Mesozoicums Festland (S. 50), während der ganzen geologischen Zeit Kontinent (S. 71) gewesen sein. Als Kontinent mag man sie noch bezeichnen, dadie Überflutungen einen flachen, „kontinentalen“ Charakter trugen; ein Festland war sie im Jura und in der Kreide gewiß nicht.

„Kaledonische Ketten“, d. h. an der Wende von Silur und Devon entstandene Gebirgsketten in der Ukraine (S. 71) sind bisher nirgends erwähnt worden; auf eine Beweisführung könnte man gespannt sein.

„Gebirgsbildungen, die zur Entstehung weithin ziehender Kettengebirge führen, gibt es im Mesozoicum nicht“ (S. 60). Und die Andenfaltung? Und das kimmerische (jungjurassische) Gebirge der Krim und des Kaukasus? Und die in die Kreide (Vorgosau) fallende Gebirgsbildung der Ostalpen? Da zudem, wie KOBER betont, Gebirgsbildungen oft mit einem Übergreifen des Meeres an anderen Stellen zusammenhängen und da eine solche „Transgression“ aus dem oberen Jura und aus der mittleren Kreide bekannt ist, so sieht sich ein Lernender durch diese Behauptungen vor unlösbare Widersprüche gestellt. Der von HAUG aufgestellte Satz von der Wechselwirkung von Faltung und Überflutung ist überhaupt anfechtbar.

Das Oberkarbon soll über den verebneten Altiden (karbonisches Gebirge) ebenso liegen, wie der devonische rote Sandstein über den Kaledoniden (altpaläozoisches Gebirge) Schottlands (S. 48). In Wahrheit liegen Oberkarbon und Perm in Mitteleuropa in Senken des alten Gebirges und erst der triadische Buntsandstein bildet eine zusammenhängende flache Decke. Übrigens ist der alte rote Sandstein auch außerhalb des kaledonischen Gebirges verbreitet (Rußland), was aus KOBERS Darstellung nicht zu ersehen ist (S. 46).

Der Ural soll ein Deckengebirge sein, wie KOBER aus dem Studium der russischen Literatur ergründet haben will (S. 92). Ich glaube, die russische Ural-literatur gut zu kennen. Von einem Deckenbau habe ich nicht einmal Andeutungen finden können. So neuartige und weittragende Behauptungen müßten doch wenigstens durch Literaturzitate glaubhaft gemacht werden.

Ebenso falsch ist es, daß die uralische Richtung seit dem Paläozoicum nicht mehr „orogen tätig ist“ (S. 96). Die mesozoisch-tertiären Falten des Emba-gebietes und am Aralsee zeigen gerade das Gegenteil. Das ist aus dem Studium der neueren russischen Literatur leicht zu ersehen!

Die jatulische (präkambrische) Formation Finnlands liegt nicht horizontal (S. 94), sondern ist gefaltet. Erst der jüngere jotnische Sandstein liegt horizontal.

Wie man die „Karpinskischen Linien“ (WNW — OSO verlaufende Störungen) Südrußlands als epigene Deformationen bezeichnen kann (S. 96), ist mir schlechterdings unverständlich. Hier hat doch die STILLESche Nomenklatur weitgehende Klarheit geschaffen! Es sind typische „orogene“, d. h. engspannige, episodische und strukturverändernde Deformationen der Erdrinde, kurz gesagt, Erscheinungen einer Bruchfaltung.

Die vulkanischen Gesteine des Rheintalgrabens sind nicht sarmatisch (d. h. jungmiozän, S. 100), sondern zum Teil, wie z. B. der Kaiserstuhl, älter.

Schwarzwald und Vogesen sind gerade das Gegenteil von einem Synklinorium, d. h. von einer großen Einmündung (S. 102).

Diese Liste zweifelloser Irrtümer oder Flüchtigkeiten könnte noch stark erweitert werden. Doch möchte ich noch vor allem auf den sehr bedenklichen Zustand einiger paläogeographischer Karten von KOBER hinweisen. Ich bin der Letzte, welcher kleine Ungenauigkeiten solcher Darstellungen, die jedem unterlaufen können, besonders scharf unter die Lupe zu nehmen geneigt ist — derartige Karten sind immer nur Annäherungen an die Wirklichkeit. Aber auf einer Karte der kambrischen Meere, wo diese schraffiert gezeichnet sind, das marine Kambrium Schwedens und Estlands unschraffiert zu lassen (S. 55), auf der Karte des Perms ganz Mitteleuropa als Meer zu bezeichnen (S. 56), geht denn doch zu weit. Am Kärnten der Triasmeere (S. 64) ist das Gewollte der Konstruktion besonders deutlich, da hier die angeblichen Grenzen von Kontinent und Geosynklinale homogene Gebiete durchschneiden. KOBER hat recht: „wenn man alle diese Karten übersieht, so erkennt man in ihnen letzten Grundes Schemata“ (S. 175), und daß diese richtiger sind als ältere, wird man nicht behaupten können.

KOBER hat viel moderne Literatur gelesen, aber Gründlichkeit und richtige Auswahl fehlen und so steht die ganze Synthese auf schwacher Grundlage. BUBNOFF und CLOOS als Kronzeugen für paläozoische Aufschmelzungen zu nennen, die nahe an die Oberfläche heranreichen, geht wirklich nicht an (S. 183). Man hätte dann schon KLEMM und KOENIGSBERGER nennen sollen. Daß die Geologen die WEGENERSche Theorie ablehnen, weil nach ihr die Erdgeschichte erst im Karbon beginnt (S. 173), dürfte auch ein Mißverständnis sein. Auch in der Bewertung der Literatur ist eine gewisse Wahllosigkeit zu verspüren. Neben den wertvollen Synthesen von GOLDSCHMIDT, den wichtigen, aber speziellen Arbeiten von ERICH KAISER in Südafrika, taucht dann plötzlich so ein Monstrum auf, wie das Gebirgsschema Europas von LIMANOVSKI (S. 73). Ich glaube, die russischen Kollegen werden entsetzt sein, wenn sie erfahren, daß ihnen das als Ergebnis ihrer Forschung zugeschrieben wird. TERMIERS „Zermalmungsschlitten“, dieser alte Ladenhüter, könnte auch endlich mal in der Versenkung verschwinden.

Dem Lernenden so fragliche Dinge, wie den Deckenbau des Kaukasus, den (von KOBER nach Karten entdeckten) Überschiebungsbau bei San Francisco, den Kontinentalcharakter des pazifischen Ozeans vorzusetzen, ihn mit Ausdrücken, wie „Kampf um den Raum“, „kontraktive Zerrung“ (zusammenziehende Zerrung — *contradictio in adjecto*!) zu schrecken, halte ich für überflüssig. Wer dann weiterhin erfährt, daß die Kontraktion der Erdkugel wahrscheinlich ist, daß aber bei fortschreitender Abkühlung Krystallisation und damit eine gewaltige Volumvermehrung (S. 190) eintritt, könnte an dieser „Geo-Logik“ irre werden.

Ich mußte diese Unzulänglichkeiten und Flüchtigkeiten etwas schärfer hervorheben, da ich fürchte, daß durch sie das an sich ideenreiche Büchlein in seinem Wert stark herabgesetzt wird. Das ist bedauerlich, denn der KOBERSche Grundgedanke ist anregend. Man könnte ihn etwa so formulieren:

Die Erdoberfläche gliedert sich in die alten erstarrten Massen (Kratogene), welche durch mehrfache Gebirgsbildung zusammengeschweißt sind, und in die beweglichen, gebirgsbildenden Streifen (Orogene). In den letzten entstehen durch Zusammenschub der Kratogene, also eigentlich passiv, die großen Faltenstränge der Erde. Diese sollen nicht, wie man bisher annahm, einseitig, sondern zweiseitig gebaut sein, das heißt nach beiden Seiten auf die starren Massen überquellen. So stehen in Europa die nach Norden überfalteten Alpen und Karpathen den nach Süden übergelegten Dinariden und dem Apemin gegenüber. In den anderen Weltteilen soll es ebenso sein. Aber, da die Beweisführung recht locker ist, wird man mißtrauisch, zumal viele Schwierigkeiten mit Stillschweigen übergangen werden.

Der Lernende und der Laie sollen doch vor allem geologisch sehen und denken lernen. Dazu dienen, neben Lehrbüchern, am besten Führer und Wanderbücher, welche die Beobachtung schärfen. Die heute so beliebten Synthesen erfordern dagegen eine sehr sorgfältige und kritische Begründung; ihr Wesen kann der Anfänger selten erfassen und darum sollten für ihn bestimmte Bücher besonders vorsichtig in der Formulierung sein. In dieser Hinsicht könnte man KOBER selbst seine *vorzügliche* historische Einleitung entgegenhalten, insbesondere die dort zitierten Worte Goethes: „Was sieht denn hier also ein Mitglied der alten Schule: Übertragungen von einem Phänomen zum anderen, sprungweis angewendete Induktionen und Analogien, Assertionen, die man auf Treu und Glauben annehmen soll.“ Diese Worte sind in der Tat sehr — zeitgemäß! S. VON BUBNOFF, Breslau.

KRENKEL, ERICH, **Geologie Afrikas**. Erster Teil. **Geologie der Erde**. Berlin: Gebrüder Bornträger 1925. X, 461 S., 22 Tafeln und 105 Textfiguren. 17 x 26 cm. Preis 34,50 Reichsmark.

Seitdem ED. SUSS in seinem „Antlitz der Erde“ eine Zusammenfassung des Erdbaues gegeben hat, ist die Fülle des geologischen Beobachtungsmaterials derart angeschwollen, daß ein einzelner sie nicht mehr zu meistern vermag. KOBERS „Bau der Erde“ sucht mehr nach den großen Grundzügen, während das „Handbuch der regionalen Geologie“ den Stoff in zahlreiche Ländermonographien aufteilt. Den Mittelweg, der noch große Zusammenfassungen gestattet, schlägt die von Prof. KRENKEL herausgegebene Sammlung „Geologie der Erde“ ein, deren erster Band, **Geologie Afrikas**, I. Teil, aus der Feder des Herausgebers vorliegt. Er umfaßt den Überblick über den Kontinent und die Einzeldarstellung des Ostens.

Nur im Süden und Norden bildet ein Kettengebirge *Afrikas Grenze*: im Süden die Kap-Falten, im Norden der Atlas und die von ihm aus das Mittelmeer umgreifenden Falten der syrischen Bögen. Die übrigen Küsten sind junge Brüche, an denen der benachbarte Meeresboden zum Teil bis zu erheblicher Tiefe abgesunken ist. Keine Anhaltspunkte sprechen aber dafür, daß an ihnen weites Auseinandertreiben von Kontinentalschollen erfolgte (wie WEGENERS Theorie es will), und ebensowenig ließen sich Andeutungen des von KOBER vermuteten Orogenringes, der Afrika mit seinen Falten umgeben soll, feststellen. Die Bruchlinien und Faltenzüge an den Küsten und im Innern des Kontinents ordnen sich in zwei Hauptssysteme ein, ein gegen NO gerichtetes (somalisches) und ein nordwestliches (erythreisches).

Die *Erdgeschichte* Afrikas ist mannigfacher und reicher, als es der plumpe Kontinent vermuten läßt. Wenn auch sein alter Sockel aus archaischem Grundgebirge meist nicht wieder von jüngeren Faltungen überarbeitet wurde — nur im Westen machen sich kaledonische und variskische Gebirgsbildung bemerkbar — so entstanden auf ihm doch die verschiedensten kontinentalen, marinen und vulkanischen Bildungen.

Hochafrika (die Gebiete im S und O des Kontinents) und Niederafrika (die mittleren und nordwestlichen Teile) stehen dem jungen Kettengebirge Kleinafrikas (Atlasländer) gegenüber. Sie zerfallen in neun geologische Großregionen, die der Einzelschilderung zugrunde gelegt werden.

„*Syrabien*“ (das Gebiet zwischen Rotem Meer und Mesopotamiens Tiefland) gehört nach seinem ganzen Bau und Geschichte zu Afrika. Sein Sockel besteht aus präkambrischem Grundgebirge, das nur spärlich von Palaeozoicum, reichlich von Jura und höherer Kreide überflutet wurde. Gewaltige Grabenbildungen (besonders im Zuge Jordansgraben—Rotes Meer), ausgedehnte vulkanische Ergüsse, verschiedene Überflutungen und schließlich gehobene Strandriffe sind die Marken seiner jüngeren Entwicklung. Wie die Grabenbrüche Syrabien von seinem afrikanischen Mutterlande ablösen, so verknüpfen die jungen syrischen Faltenbögen, die durch Nordsinai und Jordanland ziehen, es mit Asien.

Ganz ähnlichen Bau zeigt „*Egynubien*“, das Land am Nil. Auch hier säumen junge Faltenachsen, die Verbindung der syrischen Bögen mit dem Atlas, ein krystallines Massiv, das besonders im Norden von Kreide und Tertiär bedeckt wird, an deren Bildung der Nil und seine Vorgänger in wechselreicher Geschichte reichen Anteil haben.

Jura, Kreide und darüber gewaltige oberkretazisch-tertiäre Trappdecken verhüllen auch in „*Abessomalien*“ das präkambrische Grundgebirge. Im Abessynischen Hochland wie in Somalien liegen die Deckmassen horizontal, während auf der Insel Sokotra Kreide und Tertiär gefaltet wurden. Zwischen Abessynien und Somalien ist der abessynische Graben eingebrochen, der von gewaltigen, tertiär-quartären, atlantischen Vulkanergüssen erfüllt wurde.

Auf größerer Erstreckung ist in *Ostafrika* der krystalline Sockel des Kontinents entblößt: Krystalline Schiefer werden vom riesigen Zentralgranit am Viktoriassee in 2 Stämme gespalten, deren Streichen keineswegs so allgemein N—S gerichtet ist, wie häufig angenommen wird. Innerhalb dieser metamorphen Serie trennt eine Diskordanz archaische und altalgonische Gesteine, und auf beiden lagern, ebenfalls noch gestört, jungalgonische Tonschiefer, Quarzite, Itabirite. So zerfällt die Entstehung der „*Afriziden*“ in 3 Haupt-

abschnitte, deren Nachklänge bis ins älteste Palaeozoicum anhielten. Mangel an Ablagerungen läßt die Geschichte Ostafrikas im Palaeozoicum im Dunkeln; nur die terrestrischen Karruschichten mit Kohlenflözen sind aus seiner jüngeren Hälfte bekannt. Der Kern Ostafrikas blieb Festland bis heute; am Rande zum indischen Ozean lagern sich ihm Jura und Kreideschichten auf, denen die berühmten Saurierschichten am Tendaguru angehören. Auch im Tertiär und Quartär finden wir nur an der Küste marine Bildungen, während über das Hochland terrestrische Schichten und Verwitterungsböden (Laterite u. a.) verstreut sind. Das bedeutendste Ereignis der jüngeren Erdgeschichte Ostafrikas sind die Grabenbrüche, die in 3 Zonen angeordnet sind, und der sie begleitende Vulkanismus, der große Vulkangebiete und zahlreiche Einzelvulkane aufgebaut hat.

Madagaskar hat die gleiche Geschichte wie das Festland, von dem es im Jura bis Eocän und heute wieder durch eine Meeresstraße getrennt wurde. Im mittleren Tertiär konnten dagegen über eine Landbrücke die Lemuriden und andere endemische Formen der Insel von Europa her einwandern und sich bis in das lange Zeit mit Madagaskar verbundene Indien verbreiten. Die größere Osthälfte der Insel zeigt kristallines Grundgebirge, die kleinere westliche horizontale Sedimente aus Perm bis Quartär. Brüche und ein Vulkanismus, der Stoff zu klassischen Studien lieferte, beherrschen das junge Bild der Insel.

Ein Überblick über die übrigen, meist vulkanischen Inseln des Indischen Ozeans und eine Zusammenstellung der *Bodenschätze* des behandelten Gebietes beschließen den Band.

Der Ref. maßt sich kein kritisches Urteil über das Werk an. Beim Lesen der anschaulichen Darstellung vergißt man zu leicht, wie mühsam der Stoff aus zahllosen, oft einander widersprechenden Einzelarbeiten zusammengetragen werden mußte. Ein erstaunlich reichhaltiges Material ist es, das in kaum 2 Menschenaltern aus der Geologie des dunklen Erdteils bekannt geworden ist. Wir müssen dem Verf. danken, daß er es zu einer so übersichtlichen und die Grundzüge klar erfassenden Darstellung wie die vorliegende verarbeitet und dadurch weiteren Kreisen zugänglich gemacht hat. Zahlreiche Karten — die trotz ihrer Schwarz-Weiß-Technik dank ihrer sorgfältigen Umzeichnung klar lesbar sind — und eine Reihe von geschickt ausgewählten Bildern, unter denen besonders eine Anzahl deutscher Fliegeraufnahmen hervorstechen, unterstützen aufs beste das Verständnis des Werkes.

HANS BECKER, Leipzig.

GRUBENMANN, U., und P. NIGGLI, *Die Gesteinsmetamorphose*. I. Allgemeiner Teil. Berlin: Gebr. Bornträger 1924. XII, 539 S. und 160 Textfig. 17 × 26 cm. Preis 30 Reichsmark.

Unter dem Einfluß der mikroskopierenden Methoden hatte sich die Petrographie der Eruptivgesteine bereits in den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts ungemein erweitert und vertieft, in Deutschland besonders durch F. ZIRKEL und noch mehr durch H. ROSENBUSCH. Um so länger aber blieben Sedimentgesteine und kristalline Schiefer vernachlässigt und für die ersten gilt das noch heute. Da veröffentlichte im Jahre 1903 der Wiener Mineraloge F. BECKE seine große Abhandlung „Über Mineralbestand und Struktur der kristallinen Schiefer“ — ein neuer Sieg des Mikroskops, und zwar in der Hand eines Forschers, der ebenso die Lagerungsverhältnisse solcher Gesteine im Hochgebirge studiert hatte, wie er die feinsten kristalloptischen Untersuchungsmethoden beherrschte und

ausbaute, wobei nur an die Beckesche Linie, Skiodromen, Konometer und Zeichentisch erinnert zu werden braucht. Bei jenen metamorphen Felsarten galt es nicht nur, Mineralbestand und Gesteinsgewebe auf das minutiöseste zu beschreiben, sondern auch Folgerungen daraus zu ziehen auf eine Genese, die nichts weniger als einen einheitlichen Akt darstellt. Ist doch die Metamorphose oft nur eine partielle, so daß man einen Komplex mehrerer Strukturen verschiedenen Alters zu entwirren hat. Die Namen Reliktstruktur, Blastese, Krystallisationsschieferung, Rieckes Prinzip und Becke-Lepsiussche Volumregel kennzeichnen den erwähnten Fortschritt zur Genüge.

Nach regem Austausch seiner Erfahrungen und Gedanken mit denen von F. BECKE und F. BERWERTH hat dann der Züricher Petrograph U. GRUBENMANN 1904 und 1907 sein zweibändiges Werk über „Die kristallinen Schiefer“ veröffentlicht, das auf einer ungemein fruchtbaren Arbeitshypothese aufgebaut ist, nämlich der Dreigliederung jener Gesteine nach Tiefenzonen (Epi-, Meso- und Kata-Zone). „Die Arbeit, sagt GRUBENMANN im Vorwort, soll ein Versuch sein, die Bildung und die charakteristischen Eigentümlichkeiten der kristallinen Schiefer sowie ihr Auftreten innerhalb der Erdrinde nach physikalisch-chemischen Prinzipien zu erklären.“ Diese Prinzipien wurden im ersten, allgemeinen Teil behandelt, während der zweite, spezielle Teil eine Systematik (und Nomenklatur) regionalmetamorpher Gesteinsarten schuf und dabei besonders deren „mikroskopische Physiographie“ lieferte, wie es einst ROSENBUSCH auf dem Gebiete der Eruptivgesteine getan hatte. Im Jahre 1910 schenkte uns GRUBENMANN eine zweite Auflage, die beide Teile in einem einzigen Band vereinigte; hier wurden hauptsächlich auch die Einblicke berücksichtigt, die in bezug auf Kontakt-, Injektions- und Einschmelzprozesse in Finnland und Skandinavien von dortigen Petrographen und vom Verfasser selbst gewonnen worden waren.

Nachdem GRUBENMANN im Jahre 1920 vom Lehramt zurückgetreten, begann er 1921 zusammen mit seinem Schüler und Nachfolger P. NIGGLI eine dritte Auflage des allgemeinen Teiles vorzubereiten. Wenige Monate vor dem Ende der Drucklegung starb der rastlose Forscher. Der Umfang dieses Teiles ist von 122 Seiten auf 539 Seiten angeschwollen, aber nicht nur der Umfang, sondern auch der Inhalt. Dieser behandelt neben der Regionalmetamorphose nun auch eingehend die Kontaktmetamorphose; daher heißt auch der Titel des Buches nicht mehr „Die kristallinen Schiefer“, sondern „Die Gesteinsmetamorphose“. Die frühere Dreiteilung ist beibehalten worden: 1. Ursprünglicher Stoff und seine spezifischen Merkmale; 2. Umbildung des Stoffes durch Metamorphose; 3. die Produkte der Metamorphose.

Besonders der zweite dieser drei Abschnitte erfuhr eine grundsätzliche Erweiterung. Diese galt, wie NIGGLI im Vorwort bemerkt, „einer Ausarbeitung der Lehre von den physikalisch-chemischen Prinzipien, die der Metamorphose zugrunde liegen, und einer eingehenderen Charakterisierung der verschiedenen Metamorphosenarten. Der Einteilung in Metamorphose im Deckgebirge und Metamorphose im Grundgebirge kommt nur didaktischer Wert zu. An einfachen Beispielen der ersten Art sollen die Begriffe erläutert werden“. Hier ist natürlich auch die sog. „mineralogische Fasenregel“ behandelt, die 1911 und 1912 — also erst nach dem Erscheinen der vorigen Auflage — von V. M. GOLDSCHMIDT für Kontaktgesteine und von P. NIGGLI für kristalline Schiefer, besonders Chloritoidschiefer des Gotthardgebietes, geltend gemacht wurde. Auch der

dritte jener Abschnitte („Die Produkte der Metamorphose“) erscheint von Grund aus umgestaltet, besonders in bezug auf die Texturen und ihre Deutung. Übrigens wird der in Aussicht stehende zweite Band, der die Systematik der metamorphen Gesteinsarten darstellen soll, naturgemäß eine Spezifizierung jenes dritten Abschnittes bilden.

Daß alles Neue und Neueste der einschlägigen Forschung eingehend berücksichtigt und weitgehend verarbeitet oder durchdiskutiert ist, wird niemanden überraschen, der die Bücher von P. NIGGLI kennt. So finden wir z. B. die anregenden Arbeiten von BECKER, ESKOLA, GOLDSCHMIDT und NIGGLI über Gesteinsfazies, Gesteinsassoziationen und Gesteinsprovinzen metamorphen Charakters gründlich verwertet; ebenso die schönen Abhandlungen von WALTER SCHMIDT über Reckung und Gefügeregelungen, diejenigen von BRUNO SANDER über präkristalline, parakristalline und postkristalline Deformation und über Abbildungskristalloblastese sowie die wichtigen Feststellungen von H. BACKLUND, L. J. KRIGE, P. NIGGLI und W. SCHMIDT über Verlagerung und Wälzungen von Porphyroblasten, z. T. während ihres Kristallwachstums („Einschlußwirbel“), z. T. nach demselben, wie sie den Vorgang und den Richtungssinn von Differentialbewegungen (Schubwirkungen) verraten und, am anstehenden Felsen orientiert, dem Tektoniker und Mikrotektoniker künftig wichtige Fingerzeige geben werden.

Daß Chemismen, Stabilitätsverhältnisse, Koexistenzfelder usw. durch zahlreiche sinnvolle Tabellen und instruktive Nomogramme (beispielsweise Druck-Temperatur-Diagramme und Temperatur-Konzentrations-Diagramme) in schönster Weise erläutert sind, gehört zu den anerkannten Spezialitäten von P. NIGGLI. Wenn ich der nächsten Auflage dieses *vortrefflichen Werkes* einen kleinen Wunsch entgegenbringen darf, so wäre es der, daß die mechanischen Grundlagen und die mechanischen Erscheinungen des Metamorphismus, der Gebirgsbildung und der Tektonik (z. B. Faltung, Schieferung, Streckung, strain, stress, Schub, Klüftung, Klüftbarkeit, Rutschflächen) noch weiter und tiefergehend behandelt werden möchten.

A. JOHNSEN, Berlin.

TSCHUPROW, A. A., *Grundbegriffe und Grundprobleme der Korrelationstheorie*. Leipzig: B. G. Teubner 1925. V, 153 S. 16 × 24 cm. Preis geh. 6,40, geb. 8 Reichsmark.

Prof. Dr. A. A. TSCHUPROW, der Verfasser einer vorzüglichen „Statistik“ und einer großen Anzahl wertvoller Beiträge auf dem Gebiete der Statistik und Korrelationsforschung, macht in diesem ausgezeichneten Buche einem größeren Leserkreise seine an der Universität in *Kristiania* gehaltenen Vorlesungen in erweiterter Fassung zugänglich. Der Verf. stellt sich die Aufgabe die *logischen* Grundlagen der Korrelationsforschung herauszuarbeiten. Er will keine Anleitung zur praktischen Handhabung der Methoden geben.

Die Korrelationsforschung, ein Teil der praktischen Statistik, beschäftigt sich bekanntlich mit der Aufgabe, festzustellen, ob und in welchem Grade verschiedene statistische Erscheinungen voneinander abhängig sind, weiter mit der Ermittlung des wahrscheinlichsten Wertes des entsprechenden Elementes in der zweiten Reihe, wenn der Wert eines Elementes in der ersten Reihe bekannt ist.

Da die Korrelationsforschung, die nicht nur theoretisch interessante, sondern vor allem praktisch wichtige Probleme bearbeitet, für sehr viele Gebiete von Bedeutung ist, und in jüngster Zeit in immer steigendem

Maße benutzt wird, so kann TSCHUPROWS hervorragende Schrift Anspruch erheben, in allen Kreisen beachtet zu werden. Und dies umsomehr, als bei der Anwendung der Korrelationsmethoden mitunter die Voraussetzungen derselben nicht genügend berücksichtigt werden, bei der Interpretation der gewonnenen Ergebnisse vielfach nicht mit der erforderlichen Vorsicht vorgegangen wird.

Die Vertreter der verschiedenen Fachgruppen verwenden zur Lösung der in die Korrelationstheorie einschlägigen Probleme mannigfache Methoden. Sie können fürs erste wohl in 2 Gruppen: in die nicht-mathematischen Verfahren und die moderne „mathematische“ Korrelationstheorie geschieden werden. Die ersteren, die zum Teil noch aus der Zeit vor Schaffung der Korrelationsmethoden stammen, werden in hartnäckiger Weise von einer großen Gruppe der Statistiker bevorzugt und verteidigt. Es hat sich ein bedauerlicher Gegensatz zwischen den Hauptgruppen der statistisch arbeitenden Forscher, den mathematisch orientierten Naturwissenschaftlern und den im wesentlichen nichtmathematisch eingestellten Vertretern der Sozialwissenschaften herausgebildet, und sogar bei den Vertretern einer und derselben Fachgruppe kommt es vor, daß der eine die Korrelationsforschung als Liebhaberei von Sonderlingen, als Mode, der andere als das einzig brauchbare Werkzeug zur Erforschung der wahren Zusammenhänge hinstellt.

Mit großer Befriedigung muß festgestellt werden, daß TSCHUPROW objektiv den älteren, nichtmathematischen Verfahren (Kapitel I) gerecht wird, an der Hand sehr anschaulicher Beispiele ihre Vorzüge und Unvollkommenheiten dartut und darauf hinweist, daß die tatsächlich nicht vorhandene Kluft zwischen beiden Lagern nur den beiderseitigen Übertreibungen zugeschrieben werden muß; erfreulicherweise kann beobachtet werden, daß sich die Meinungsverschiedenheiten auszugleichen beginnen. Andererseits gelingt es TSCHUPROW im zusammenfassenden Schlußkapitel „Die Aufgaben und Leistungen der Korrelationsmessung“, die Vorteile der mathematischen Forschungsverfahren überzeugend darzustellen. Die präzise Formulierung des Urteils über die Strammheit (Intensität) des Zusammenhanges gegenüber einer bloß gefühlsmäßigen Schätzung, die Ableitung der Regressionslinien, die in den nicht-mathematischen Forschungsweisen kaum angedeutet ist, die Abschätzung der Zuverlässigkeit der Schlüsse bei Anwendung der mathematischen Statistik, sind nur einige der nicht zu leugnenden Vorteile der Korrelationstheorie. Die Überlegenheit der mathematischen gegenüber den nichtmathematischen Methoden wird am deutlichsten bei Untersuchung mehrerer Reihen und bei Ausarbeitung eines detaillierten Bildes der Beziehungen. Diese unbestreitbaren Vorzüge lassen es unzweifelhaft erscheinen, daß sich die neuen mathematischen Forschungsverfahren in absehbarer Zeit *überall* Geltung, sogar die Alleinherrschaft, erringen werden.

Was das Werk T. aber gerade für die jüngere Generation so wertvoll macht, ist der Umstand, daß der Verf. zwar die Vorteile, welche die Benutzung eines so vortrefflichen Werkzeuges, wie es die Korrelationsmethode ist, gebührend würdigt, daß er aber auch in eindringlichster Weise vor fehlerhafter Anwendung der Methode, vor unrichtiger Interpretation der Ergebnisse, vor Überschätzung der Methode überhaupt warnt. Eine schablonenhafte Anwendung dieses statistischen Hilfsmittels ohne volle Beherrschung der Aufgabe führt nur zur Vergrößerung des „Zahlenfriedhofes“.

Die Korrelationsmethode wird man heute nicht mehr entbehren können. Ein Zurückgreifen auf die nichtmathematischen Methoden wäre vielleicht vergleichbar einer Rückkehr zu Temperaturschätzungen an Stelle von Messungen oder ähnlichem. Was eine richtige Anwendung der Methoden der Korrelationsforschung zu leisten vermag, wird man z. B. an der von Fräulein M. WINOGRADOWA geleisteten Arbeit, deren Ergebnisse TSCHUPROW anführt, erkennen.

In überaus klarer Weise behandelt der Verf. im 2. Kapitel den Begriff der *Strammheit* statistisch zu erfassender Zusammenhänge, deren Messung zu einem der Hauptprobleme der Theorie gehört, und seine Beziehung zum Begriffe des unzerreißbaren Zusammenhanges. Das ganze 3. Kapitel ist der „*stochastischen Verbundenheit* und dem funktionellen Zusammenhang zwischen variablen Größen gewidmet. Das Wort „*stochastisch*“ gebraucht der Verf. synonymisch mit „*wahrscheinlichkeitstheoretisch*“. Es folgt dann die Erörterung der Begriffe *zufällige Variable*, das ist einer Größe, welche mit bestimmten Wahrscheinlichkeiten verschiedene Werte annehmen kann, und des für die Korrelationstheorie grundlegenden Begriffes der stochastischen Verbundenheit, der vom Begriffe des funktionellen Zusammenhanges genau zu unterscheiden ist. Besteht zwischen X und Y eine *stochastische Verbundenheit*, so kann Y eine Anzahl verschiedener Werte mit bestimmten Wahrscheinlichkeiten annehmen, wenn X einen gewissen Wert erhält, und keiner unter diesen Werten hat mehr Anrecht als die anderen, für den Wert zu gelten, welcher dem betreffenden Werte von X entspricht. *Aufgabe der statistischen Korrelationsforschung* ist es nun, Verfahren zu entwickeln, mit denen die (echte) stochastische Verbundenheit zwischen den untersuchten Größen festgestellt und gemessen werden soll, ihr *Ziel* die Auffindung des *Abhängigkeitsgesetzes* bzw. aus Gründen der Ökonomie, die Ermittlung der das Abhängigkeitsgesetz kennzeichnenden, zusammenfassenden Maßzahlen.

Die „*Achse*“ des Tschuprowschen Werkes bilden die Kapitel 4 bis 6, in welchen das apriorische Abhängigkeitsgesetz und das System der dasselbe kennzeichnenden Parameter und Maßzahlen, das empirische Material und seine zusammenfassenden Maßzahlen und die Schätzung der apriorischen Maßzahlen auf Grundlage des empirischen Materiales vom Verf. mit souveräner Beherrschung der nicht leichten Materie entwickelt werden. Im § 4 des 4. Kapitels interessieren, mit Rücksicht auf die derzeit sehr beliebte Berechnung des Korrelationskoeffizienten, besonders die Ausführungen über das *Korrelationsverhältnis* und den *Korrelationskoeffizienten*, die Beschränkungen bei Anwendung des Korrelationskoeffizienten, die Überlegenheit des Korrelationsverhältnisses als Maß der Intensität der Verbundenheit und die Bedeutung des Korrelationskoeffizienten auch im Falle nicht geradliniger Regression.

Die Darstellung des *mathematischen Teiles* ist durchweg elementar gehalten, ein ausführlicher Anhang erleichtert dem weniger Geübten, den mathematischen Ausführungen mit Nutzen zu folgen, eine umfangreiche Literaturübersicht mit wertvollen Anmerkungen berät schließlich über jene Werke, die als Ergänzung herangezogen werden können, wenn der praktische Gebrauch der statistischen Forschungsverfahren beabsichtigt ist.

LEO WENZEL POLLAK, Prag.

GOCKEL, ALBERT, *Das Gewitter*. 3. vielfach geänderte Aufl. Berlin-Bonn: Ferd. Dümmler 1925.

VIII, 316 S., 3 Taf. und 36 Textabbildungen. 15 × 20 cm. Preis geh. 8, geb. 11 Reichsmark.

Die Meteorologie besitzt leider nicht allzuviel Werke, die von Fachgelehrten geschrieben sind und sich an einen größeren Leserkreis wenden. Um so mehr muß es begrüßt werden, daß das Gockelsche Buch nun wieder in einer Neubearbeitung vorliegt, nachdem es schon seit mehr als 10 Jahren vergriffen war. Das Buch will die Aufmerksamkeit der Liebhaber der Meteorologie und besonders der luftelektrischen Forschung auf die äußeren Erscheinungen hinlenken, die durch den elektrischen Zustand der Atmosphäre bedingt sind. Unter diesem Gesichtspunkt nehmen die Kapitel über den Blitz im allgemeinen und den Kugelblitz im besonderen, über Elmsfeuer, Donner, Wirkungen des Blitzschlages einen verhältnismäßig breiten Raum ein. Sie enthalten eine große Zahl von Originalschilderungen der betreffenden Erscheinung, die vortrefflich auf ihre Mannigfaltigkeit aufmerksam machen und Hinweise für weiteres eingehendes Studium bieten. Auch der Fachmann wird gern nach dieser sorgfältigen Zusammenstellung greifen. Das Physikalische wird in den Abschnitten: Die atmosphärische und Niederschlags-elektrizität, Entstehung der Gewitterelektrizität, Entstehung der Gewitterregen auf Grund der neuesten Anschauungen wiedergegeben. Die Ergebnisse der Gewitterstatistik sind unter den Stichworten: Ausbreitung und Form der Gewitter, Tägliche und jährliche Periode der Gewitter, Säkulare Periode und Zusammenhang der Gewitter mit der Periode der Sonnenflecken, Geographische Verteilung der Gewitter zu finden. Als Begleiterscheinung des Gewitters wird daneben der Hagel besonders behandelt. Die Versuche zur Abwendung der Hagelgefahr, die besonders im Wetterläuten und Hagelschießen ihren Ausdruck fanden, sind in dieser Auflage mit Recht auf knapperem Raum dargestellt worden, weil sie wohl endgültig der Geschichte angehören dürften. Dagegen werden die Ausführungen über Blitzableiter den Praktiker sehr interessieren. Das Kapitel über Gewitter und elektrische Wellen in der Atmosphäre, das auch von den Störungen in den Empfangsapparaten der drahtlosen Telegraphie spricht, wird wahrscheinlich mancher Leser gern etwas erweitert gesehen haben. Das gleiche gilt von den Ausführungen über Gewittervorhersage, worunter hauptsächlich jetzt nur die Gewitterempfindlichkeit des Menschen und der Tiere besprochen wird. Den Schluß des Buches bilden beachtenswerte Ratschläge über das Photographieren von Blitzen.

Die beigegebenen Abbildungen und graphischen Darstellungen sind gut ausgesucht. Nur einige von den Kunstdrucktafeln, wie z. B. die der Hagelkörner, sind wohl zu „künstlerisch“ aufgefaßt und dürften beim Laien zu falschen Vorstellungen Veranlassung geben. Wäre es nicht auch besser gewesen, die STREITSche Hagelturmwolke in einem für einen großen Kreis bestimmten Buche überhaupt wegzulassen?

Trotz alledem wird das Buch sicher neue Freunde für aufmerksame Naturbeobachtung werben und ihnen ein guter Führer bei dem Studium der gewaltigen Vorgänge, die sich im Gewitter abspielen, sein.

K. KNOCH, Berlin.

Das Deutsche Museum. *Geschichte, Aufgabe, Ziele*.

Im Auftrage des Vereins Deutscher Ingenieure unter Mitwirkung hervorragender Vertreter der Technik und Naturwissenschaften bearbeitet von CONRAD MATSCHOSS. Berlin: VDI-Verlag m. b. H., und München: R. Oldenbourg 1925. Preis 20 Reichsmark.

Einen neuen fruchtbaren Gedanken zu entwickeln

und zum Siege zu führen ist noch nichts Großes und ist unendlich oft vorgekommen. Unter dieses Charakteristikum fällt schon jede „Mode“, die über die ganze Welt geht — Mode in weitestem Sinne genommen. Ein solcher Gedanke ist meist aus egoistischen Motiven geboren, ist ohne eigene Triebkraft und macht nach kürzerer oder längerer Zeit einem ähnlichen, anderen Platz. Aber ein neuer Gedanke, der eine zukünftige Entwicklungsphase als *gegenwärtig* vorausnimmt, dessen Durchführung dauernd den Einsatz der ganzen Person fordert und der nicht nur außerpersönlich ist, sondern im Dienst der Kulturentwicklung steht — ein solcher Gedanke bedeutet stets eine Epoche, und der Name des Urhebers geht in die Geschichte über. So wird es mit **OSKAR VON MILLER** sein: die Begründung des Deutschen Museums bildet nicht den Abschluß, sondern den aussichtsreichen Beginn einer neuen Entwicklung. Was sie wirklich bedeutet, ermißt man, wenn man sich vergegenwärtigt, es hätte bisher kein Museum für die Meisterwerke der bildenden Kunst gegeben und zum ersten Male träte es jetzt ins Dasein. Merkwürdigerweise und glücklicherweise ist der Gedanke, ein Museum für die Meisterwerke der Technik zu schaffen,

nicht zuerst in Amerika, sondern in Deutschland zur Tat geworden — merkwürdigerweise: denn die Kultur der Vereinigten Staaten ruht ganz und gar auf der Technik, und der Gedanke lag für sie sehr viel näher als für Deutschland — glücklicherweise: weil sonst ein gut Teil dessen, was sich jetzt in München befindet, seinen Weg über den Ozean genommen hätte.

Das vorliegende Buch unter der Redaktion und der Mitarbeit von **MATSCHOSS** — eine Gabe des Vereins Deutscher Ingenieure zum Tage der Eröffnung — gibt in 35 Aufsätzen eine Übersicht über die Entwicklung, die Einrichtung und den Inhalt des Museums. Es ist der ideale Führer durch die Sammlungen. Die vielen überaus instruktiv ausgeführten Bilder verhelfen schon beim flüchtigen Einblick zu einer Vorstellung von ihrem überwältigenden Reichtume. Auf den Inhalt der einzelnen Aufsätze einzugehen, verbietet sich hier von selbst, aber da **WILLSTÄTTER** über die Chemie berichtet, **W. WIEN** über die Physik, **VON DYCK** über Mathematik, **MAX WOLF** über Astronomie, **ZENNECK** über Elektrizität und Telegraphie, bedarf das Buch keiner weiteren Empfehlung.

ARN. BERLINER, Berlin.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

High Frequency Rays of Cosmic Origin. (R. A. MILLIKAN, *Nature* 116, 823—825. 1925. Nr. 2927.) In vorläufigen Mitteilungen, veröffentlicht in den *Phys. Rev.* 22, 198, 1923 sowie 23, 778. 1924 kamen **MILLIKAN** und **OTIS** zu dem Schluß, daß die Quelle der durchdringenden Strahlung in der Erdatmosphäre zu suchen sei und daß keine harte Strahlung existiert, wie sie Referat auf Grund seiner Ballonaufstiege und seiner Absorptionsmessungen gefunden hat. Nunmehr ist es aber dem Verf. im Verein mit **CAMERON** gelungen, die harte Strahlung des Referenten zu bestätigen, und er gibt über seine Untersuchungen einen zusammenhängenden Bericht.

Nach kurzer historischer, nicht immer zutreffender Einleitung werden zunächst die mit **BOWEN** ausgeführten Registrieraufstiege auf dem Kelly Field in der Nähe von San Antonio in Texas besprochen, zu denen man 4 kleine Registrierinstrumente benutzte, die bis 15,6 km Höhe hinaufgetrieben wurden. Die Instrumente hatten stählerne Ionisationskammern, die bei 150 Pfund Druck oder rund 65 atm 300 ccm Luft enthielten, was bei einer Atmosphäre einem Volumen von etwa 5 ccm entspricht. Mit Registriervorrichtungen für Elektrometer, Thermo- und Barograph wogen sie nur 180 g. Die Apparate gaben qualitativ die bekannte und durch Ref. bereits 1913 und 1914 sicher-gestellte Ionisationszunahme mit der Höhe. Die Messungen jedoch führten zu Beträgen, die nur 25% der Werte ausmachten, die man aus den vom Ref. angegebenen Kurven extrapolieren kann, die durch direkte Messungen in Zinkgefäßen bei Freiballon-hochfahrten bis 9300 m gewonnen worden waren.

In der nun im Original folgenden Stelle äußert sich Verf. über seine wissenschaftlichen Vorgänger „The German observers“ folgendermaßen: „Two years later, they reduced their estimates, after further experiments, so that they were no longer in conflict with our experiments.“ Damit wird aber, wie aus dem oben Angeführten hervorgeht, der Sachverhalt direkt auf den Kopf gestellt. Nicht die deutschen Beobachter, sondern **MILLIKAN** hat seine Ergebnisse geändert. Es kommen sodann in Gemeinschaft mit **OTIS** ausgeführte Absorptionsmessungen zur Besprechung. Allem

Anschein nach ist bei diesen Versuchen die Erdstrahlung noch mit im Spiele gewesen, wie aus der Arbeit von **OTIS** (*Phys. Rev.* 22, 199, 1923) hervorgeht. Denn anders ist nicht zu verstehen, wieso eine so beträchtliche Änderung der Absorption der durchdringenden Strahlung mit der Höhe auftreten soll, wie sie vom Verf. gemessen wurde. Ref. hat in der Berliner Ber. 366, 1923 zeigen können, daß selbst noch in 40 m Seehöhe der Absorptionskoeffizient der Höhenstrahlung für Wasser zu $2,10 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^{-1}$ gefunden wird, und neuerdings haben **MYSSOWSKY** und **TUWIM** (*Zs. f. Phys.* 35, 299, 1925) dies bestätigt.

Bei den Beobachtungen am Pikes Peak mit Blei und Wasserschirmen zeigte sich zum größten Teil die bekannte γ -Strahlenabsorption, und es wurde noch besonders hervorgehoben, daß bei schwerem Schneesturm eine Ionisationsabnahme von 10% eintrat. Aus alledem schlossen die Verf., daß mindestens der überwiegende Teil der Strahlung lokalen Ursprungs sei, hervorgerufen durch radioaktive Substanzen, die in noch unbekannter Weise in diese oberen Regionen gelangen. Die Existenz der Höhenstrahlung wurde damals also noch ausdrücklich bestritten und nunmehr erst durch die Versuche vom folgenden Jahre (1925) anerkannt. Diese mit **CAMERON** am Withney ausgeführten Absorptionsmessungen in dem 3800 m hoch gelegenen Muir Lake ergaben, daß die Ionisation bis zu einer Wassertiefe von rund 15 m abnahm. Zusammen mit der atmosphärischen Absorption würden also rund 23 m Wasser, entsprechend 2 m Blei, erst die Strahlung völlig absorbieren. Der Absorptionskoeffizient wird daraus zu $1,8-3,0 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^{-1}$ für Wasser erschlossen, in bester Übereinstimmung mit dem Ref., der aus seinen Absorptionsversuchen an Luft, Wasser, Eis $1,6-2,7 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^{-1}$ für Wasser bestimmt hatte. Es handelt sich also bei **MILLIKAN** um keine neue, sondern um die vom Ref. als Höhenstrahlung bezeichnete und seit 1913 sicher nachgewiesene Strahlung.

Verf. macht darauf aufmerksam, daß die Strahlung nicht homogen ist, denn es zeigte sich ein deutlicher Härtungseffekt, wie aus dem Absorptionskoeffizienten hervorgeht; jedoch dürfte ein Übergang in der Härte

zu den γ -Strahlen nicht anzunehmen sein, weil sonst die Registrieraufstiege höhere Intensitäten hätten ergeben müssen. Den Strahlen wird, wie auch bereits in früheren Arbeiten des Ref., wegen ihrer außerordentlichen Härte kosmischen Ursprungs zugeschrieben. Aus der Unveränderlichkeit der Intensität bei Tag und Nacht wird gefolgert, daß die Strahlung aus allen Himmelsrichtungen gleich stark kommt, während Ref. aus seinen Beobachtungen am Jungfraujoch gefunden hatte, daß sie geringen Schwankungen im Zusammenhang mit bevorzugten Himmelsgegenden unterliegt.

In dem 500 km vom Muir Lake entfernten Arrowhead Lake in 1600 m Höhe, entsprechend einer zusätzlichen absorbierenden Wasserschicht von 2 m gegenüber dem ersten Standort, wurden die Versuche mit gleichem Ergebnis wiederholt.

An diese Absorptionsmessungen, also nur an diese allein experimentell gewonnenen Bestätigungen, werden dann Berechnungen und Spekulationen geknüpft, die sich im wesentlichen mit der Nernstschen Hypothese vom Ursprung der Höhenstrahlung decken. Bekanntlich hatte NERNST seit etwa 1912 an seine Ansichten über den Kosmos besonders unter Heranziehung der Ergebnisse der Radioaktivität entwickelt und seit 1921 mit aller nur wünschenswerten Klarheit darauf hingewiesen, daß die Höhenstrahlung als Anzeichen radioaktiver Vorgänge im Kosmos zu gelten habe, und daß insbesondere ihr Ursprung dort zu suchen sei, wo junge Materie entsteht oder in weiterer Entwicklung begriffen ist, eine Hypothese, die den Anlaß zu den Untersuchungen des Referenten nach dem Kriege gab. Verf. erwähnt aber mit keinem Wort die Priorität von NERNST. Im einzelnen argumentiert er etwa folgendermaßen: Da die härtesten Strahlen radioaktiver Substanzen durch Atomumwandlungen entstehen, muß man bei der noch viel härteren Höhenstrahlung Kernumwandlungen irgendwelcher Art, z. B. Entstehung von Helium aus Wasserstoff, annehmen, wobei dann eine etwa 50mal größere Energietransformation auftritt. Berechnet man aus der Absorption die Wellenlänge und Frequenz der Strahlung, so entspricht letztere der Frequenz, die beim Einfangen eines Elektrons durch einen positiven Kern entsteht. Zur Berechnung der Wellenlänge benutzt MILLIKAN, worauf er an anderer Stelle hinweist, die Formel von AHMAD-STONER, die sich allerdings auf viel längere Wellen bezieht und wohl kaum die Extrapolation für diesen kurzwelligen Bereich zuläßt. Die von ihm angeführten Wellenlängen von $4-6,7 \cdot 10^{-4}$ Angströmeinheiten dürften daher zu klein sein.

Nach der BOTHESchen Formel berechnet Ref. $2-3 \cdot 10^{-3}$ Angströmeinheiten. Daß entsprechend dem Compton-Effekt die Höhenstrahlung eine weichere sekundäre Strahlung auslöst, wenn sie auf Materie trifft, ist wohl anzunehmen und aus den Versuchen des Ref., der diese Eigenschaft bereits 1924 ermittelt und zur Verstärkung der schwachen Effekte der Höhenstrahlung angewendet hat, ebenfalls bereits bekannt. (Berl. Ber. 7, 120, 1925).

MILLIKANS Ergebnisse, daß die Höhenstrahlung existiert, einen Absorptionskoeffizienten bis zu $1,8 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^{-1}$ für Wasser besitzt, inhomogen ist, Sekundärstrahlen, entsprechend dem Compton-Effekt, erregt und nahezu mit gleicher Intensität Tag und Nacht auftritt, stehen im besten Einklang mit schon Bekanntem und bilden eine schöne Bestätigung unserer Kenntnisse über die Höhenstrahlung.

WERNER KOLHÖRSTER.

The changes in the form of the crystalline lens in accommodation. (Read 11. VI. 25; E. F. FINCHAM, Trans. Opt. Soc. 1924/5. 26, 241-65, 11 + darunter 2, 6, 7 a und b, 11 a und b auf einer Tafel; dazu die Erörterung über den Vortrag 265/9, +).

Die Untersuchungen und Messungen des Verf., dessen sich die Londoner Optikerschule (Department of Applied Optics, Northampton Polytechnic Institution: Leiter H. H. EMSLEY) als Lehrers rühmen darf, sind in einem ganz hohen Maße der Beachtung wert, und es ist anzunehmen, daß ein solcher Forscher auf die jungen Gewerbsleute nur den allergünstigsten Einfluß ausüben wird.

Der Akkommodationsmechanismus ist, wie der Verf. hervorhebt, lange Zeit seinem Sitze und seiner Beschaffenheit nach strittig gewesen. Der Hinweis wird erlaubt sein, daß CHR. SCHEINER, der sich 1619 zuerst mit der Untersuchung der Akkommodation beschäftigt hat, auch schon die Möglichkeit in Erwägung zog, sie durch eine Änderung der Linsenkrümmung zu erklären. Wegen der Einzelheiten wolle man in der Zeitschr. f. ophth. Opt. 7, 87. 1919, Anm. 2, nachsehen. Die jetzt wohl endgültig angenommene Erklärung geht auf H. HELMHOLTZ zurück; ihr hatte seinerzeit (1898, dann 1909) M. TSCHERNING eine andere entgegengestellt, doch hat sich auch dieser englische Bearbeiter der erstgenannten angeschlossen, die, wie den Fachmännern bekannt ist, in den letzten 2 Jahrzehnten namentlich von A. GULLSTRAND mit Eifer und Schärfe verfochten worden ist. Nach dieser Auffassung hat man sich — was hier genügen wird — vorzustellen, daß die elastische Krystalllinse, ständig unter dem Zuge des Ciliarmuskels stehend, bei Akkommodationsruhe am meisten abgeflacht wird. Eine Zusammenziehung des Ciliarmuskels zum Zwecke des Nahsehens hebt diesen Zug zeitweilig auf und erlaubt der Augenlinse, eine bauchigere Gestalt anzunehmen. Infolge der mit zunehmendem Alter abnehmenden Elastizität der Augenlinse führt dieser Vorgang bei Bejahrten auf weniger tiefe Krümmungen der Linsenaußenflächen als bei Jugendlichen.

Während im allgemeinen die an der vorderen Linsenfläche entstehenden, zur Messung zu verwertenden Spiegelbilder heller Lichtquellen recht unscharf sind, gelang es dem Verf., bei einer daraufhin angestellten Untersuchung seiner Schüler 2 19jährige, schwach (+ 1 dptr) übersichtige Versuchspersonen, H. und M., zu finden, bei denen die Messung der PURKINJESchen Bildchen recht befriedigend ausfiel.

Es seien nunmehr die wichtigsten Ergebnisse des Verf. kurz zusammengestellt:

Aus dem ausgezeichneten Verlauf im Schaubild 4 entnommen sei zunächst

die Änderung der Scheitelkrümmung der vorderen Linsenfläche bei der Akkommodation:

Der Akkommodationsaufwand in dptr	Die Länge des Scheitelradius in mm im Falle H.	im Falle M.
1	11,6	12,0
2	10,55	11,05
3	9,6	10,1
4	8,85	9,24
5	8,32	8,4
6	7,9	7,6
7	7,5	6,75
8	7,2	6,1
9	6,9	5,5

Im zweiten Falle wird also namentlich bei höheren Akkommodationsanstrengungen die Krümmung sehr viel stärker geändert als im ersten.

Das Vorrücken des vorderen Linsenscheitels in Millimetern bei der Akkommodation:

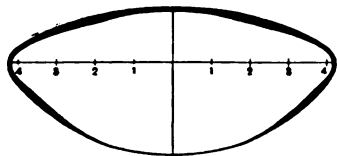
Der Akkommodationsunter- schied in dptr	Fall H.	Fall M.	ein späterer Fall
3	0,13	0,11	
5	0,18	0,16	
8	0,34	0,27	0,66

Diese Zahlen stimmen sehr gut zu den Mittelwerten der von HELMHOLTZENS Schülern vorgenommenen Messungen, nicht aber zu allen Ergebnissen der TSCHERNINGSCHEN Schule.

Bei der Untersuchung der Form der vorderen Linsenfläche zeigte Fall H. eine gute Übereinstimmung mit einer Kugelfläche, während die Fläche bei Fall M. gegen den Rand hin merklich abgeflachter war, und bei der Anspannung der Akkommodation in den Randteilen die Form eines sehr stumpfen Kegels annahm.

Eingehendere Messungen gestatteten, je einen Achsenschnitt durch die Vorderkammer in $2\frac{1}{4}$ facher Vergrößerung in beiden Fällen (s. Fig. 8) wiederzugeben und die Unterschiede dabei deutlich hervorzuheben.

Die Linsendicke nahm bei einem Akkommodationsaufwande von 8 dptr im Falle H. um 0,58 mm, im Falle M. um 0,36 mm zu, während HELMHOLTZ 0,4 mm



Ein Achsenschnitt durch die Krystalllinse des Menschenauges mit Hervorhebung der Dickenschwankungen in der Linsenkapsel (in etwa 5facher Vergrößerung der Breite; aber etwa 50facher Vergrößerung der Kapselstärken. Die Vorderfläche ist nach oben gekehrt).

festgestellt hatte. Berücksichtigt man die oben auch für diese Akkommodationsanstrengung angegebenen Zahlen zum Vorrücken des vorderen Linsenscheitels, so erhält man eine Rückwärtsschiebung des hinteren Linsenscheitels von 0,24 mm bei H. und von 0,09 mm bei M.

Der Krümmungshalbmesser am Scheitel der hinteren Linsenfläche nahm, wieder bei dem großen Akkommodationsunterschiede von 8 dptr im Falle H. um 0,13 mm, im Falle M. um 0,87 mm ab, also jedenfalls ungemein viel weniger als bei der Vorderfläche.

In Übereinstimmung mit einer alten, aus dem Jahre 1849 stammenden, Beobachtung W. BOWMANS wird hervorgehoben, daß die Linsenkapsel unter einem von innen nach außen gerichteten, von der Linsenmasse auf sie ausgeübten Druck steht.

Beim Menschen erweist sich — was zuerst M. SALZMANN in Graz hervorgehoben hat, dessen Zahlen auch mitgeteilt werden — die Linsenkapsel von sehr verschiedener Stärke, und zwar wird die obenstehende Figur die Verteilung der Dicke gut erkennen lassen. Einer vorderen Scheiteldicke von 9–14 μ steht nach SALZMANN eine Höchstdicke der Vorderfläche zwischen 14 und 23 μ gegenüber, während bei der Hinterfläche am Scheitel nur etwa 2,3–4 μ beobachtet wurden, aber die Höchstdicke mit 17–26 μ so ziemlich den gleichen Betrag feststellen ließ.

Mit Recht wird zum Schlusse bei der Erklärung der Formänderung der Linsenflächen während des Akkom-

modationsvorganges auf die Dicke und Elastizität der Linsenkapsel großes Gewicht gelegt und als Beleg dafür die beiden Schnitte A. v. PFLUGKS durch das Affenauge im natürlichen Zustande und unter der Einwirkung von Eserin wiedergegeben. Zu einem weiteren sehr anschaulichen Beweise dient ein von dem Verf. angegebener Versuch mit einem luftgefüllten Gummisack, der nicht nur die Form, sondern auch die Wandstärke der Linsenkapsel ungefähr wiederholt und für 2 verschiedene Spannungszüge in Fig. 11a und b auf der Tafel dargestellt ist.

Auf Grund seiner Untersuchungen vermutet der Verf. im Falle H. eine größere Gleichmäßigkeit der Dicke an der Vorderfläche und nimmt an, daß hier eine beträchtlichere Erschlaffung des Ciliarmuskels für einen vorgeschriebenen Akkommodationserfolg notwendig sei. In der Tat hat von den beiden 19jährigen Versuchspersonen M. mit 13,5 dptr eine merklich größere (binokulare) Akkommodationsbreite als H. mit 11,0 dptr.

Aus der Erörterung des Vortrages kann vielleicht hier auf den aus dem Jahre 1898 stammenden einfachen Versuch von PRIESTLEY SMITH mit einem Stahlstreifen hingewiesen werden, der zur Entscheidung gegen eine Annahme M. TSCHERNINGS über die Linsenform angegeben worden war. Wie der Verf. hervorhebt, kann man, ohne die Verdienstlichkeit des alten einfachen Versuches grundsätzlich zu bestreiten, aus seiner neu erdachten Anlage doch wesentlich mehr erkennen.

MORITZ VON ROHR.

Das Okapi und seine Jäger. Im November 1909 trat ich zum 4. Male die Reise nach dem Gebiete der großen zentralafrikanischen Seen an, wo ich mich bereits seit dem Jahre 1904 als zoologischer Sammler betätigt hatte. Gemäß einer Vereinbarung mit dem seinerzeitigen Oberstkämmereramt in Wien sollte ich meine diesmalige Forschungsreise im Interesse des dortigen naturhistorischen Hofmuseums unternehmen, dessen sehnlichster Wunsch es war, in den Besitz zweier äußerst seltener Säugetiere, des Berggorilla und des Okapi, zu gelangen. Auf Grund meiner früheren Erfahrungen war mir durch diesen Wunsch meine Route vorgezeichnet: Ich zog zuerst zum Nordwestufer des Tanganikasees, hinter dessen Randbergen ich schon im Jahre 1908 12 Exemplare des bis dahin in Europa nur durch einen Schädel und wenige Skeletteile bekannten Berggorillas erbeutet hatte. Nachdem es mir auch diesmal gelungen war, drei dieser seltenen Menschenaffen zu sichern, wandte ich mich nordwärts, um so schnell als möglich den östlichen Teil des Kongo-Urwaldes zu erreichen, in dessen ewigen Schatten das seltene, fast noch sagenhafte Okapi lebt.

Man kann aus der Tatsache, daß dieses Tier von der Größe einer Hirschkuh erst im Jahre 1902 entdeckt wurde, wohl mit Sicherheit folgern, daß der Kongo-Urwald, der mehr als dreimal so groß ist als Deutschland, auch heute noch viele Geheimnisse bergen dürfte. Im Jahre 1902 nämlich kam der damalige Gouverneur von Uganda, Sir HARRY JOHNSTON, in den kongolesischen Posten Beni, wo er bei einem Eingeborenen ein Stück eines Felles sah, das dem langjährigen Kolonialbeamten, der sich stets für zoologische Probleme interessiert hatte, durch seine ganz außergewöhnliche Färbung und Zeichnung auffiel. Dieser Fellstreifen wurde dem British-Museum in London eingesandt, dessen Fachleute, um sich das Recht der Erstbenennung zu sichern, ihm den Namen *Equus Johnstonii* (Johnstons Pferd) gaben, da die Art der Zeichnung zu der Annahme verleitete, es handle sich um ein dem Zebra

ähnliches Tier. Wenige Monate später erhielt Sir HARRY JOHNSTON durch den im Dienste des Kongo-Freistaates stehenden schwedischen Leutnant ERIKSON ein ganzes Fell, das gleichfalls den Weg nach London nahm, wo die Herren zu ihrer großen Überraschung die Entdeckung machten, daß es sich um einen Zweihufer und nicht um einen Einhufer handle. Nach dem bei den Eingeborenen gebräuchlichen Namen „Kwapi“ und seinem Entdecker erhielt es nun endgültig die wissenschaftliche Bezeichnung „Okapia Johnstonii“.

Das Okapi erreicht eine Länge von $2\frac{1}{4}$ m und eine Höhe von fast 2 m. Die Gesamtfarbe ist dunkel-rotbraun, der Bauch fast schwarz, die Läufe sind zebraartig rein weiß gestreift. Wegen seines langen Halses, des höhergestellten Vorderleibes und seiner Greifzunge ist die Giraffe sein nächster Verwandter im System der Säugetiere.

Alles, was wir über das Okapi wissen, verdanken wir den Eingeborenen, denn einem Europäer ist es bisher noch nie gelungen, auch nur die mindesten Beobachtungen über dieses Tier zu machen. Das Okapi lebt, abgesehen von der Paarungszeit, immer allein im aller dichtesten Urwald, nähert sich nie den Pflanzungen der Eingeborenen, schläft bei Tag, meistens unter dem Blätterdach eines vom Sturm gefällten Urwaldriesen, und sucht nur während der Nacht in den Urwald eingestreute Lichtungen auf, welche den Wiederkäuern Wasser und Gras bieten. Geruchssinn, Gehör und Auge scheinen außergewöhnlich scharf entwickelt zu sein, so daß es, jedenfalls bis zum Jahre 1911, noch keinem Europäer, selbst nach monatelangem Bemühen, gelungen ist, dieses seltene Tier zu erlegen. Die undurchdringliche Dichtigkeit des Waldes, das nicht zu vermeidende Geräusch der unbedingt gebotenen schweren Beschuhung und das Anstreifen der Kleidung an den Büschen machen es dem Weißen ganz unmöglich, sich dem Tiere auf Schußweite zu nähern. Außerdem ist durch die Beschaffenheit des Waldes der Ausblick auf eine sehr geringe Distanz beschränkt, so daß das Tier schon längst von seiner Lagerstätte aufgescheucht ist, bevor es der Jäger noch zu Gesicht bekommen hat.

Nur Menschen, die im Urwald geboren, ihr ganzes Leben im Urwald zugebracht haben und in ihren Instinkten und Lebensgewohnheiten dem Tier noch sehr nahe stehen, sind in der Lage, diesen so überaus scheuen Urwaldbewohner zu überlisten.

Daher sind die erfolgreichsten Okapijäger die Wambutti, die Ureinwohner dieses Landes.

Die Wambutti sind eines der im Innern Afrikas lebenden Zwergvölker; sie erreichen eine Durchschnittsgröße von 132 cm, sind entweder ganz nackt oder tragen nur einen kleinen Lendenschurz aus Rindenstoff und sind von geradezu abschreckender Häßlichkeit. Der Körper ist gedrungen und sehr muskulös, der Blick der auffallend großen und stark hervortretenden Augen lebhaft und intelligent, die Nase riesig breit, das Haar kurz und gekräuselt, der ganze Gesichtsausdruck sehr gutmütig. Was aber diese Leute von allen benachbarten Stämmen am meisten unterscheidet, ist die weitaus hellere, fast gelbe Färbung der Haut, die bei einem innerafrikanischen Neger geradezu verblüffend wirkt. Diese Zwergvölker nähren sich hauptsächlich von der Jagd und leben in Horden von 30 bis 50 Familien im Urwald, wo sie sich niedere Rundhütten in ganz primitiver Art aus Reisig und Laub bauen, die sie aber wieder verlassen, wenn die Gegend ihnen nicht mehr genug Wild bietet. Doch muß es nicht immer

Wild in unserem Sinne sein, sie nehmen als willkommenen Beute alles, was überhaupt nur den Namen Fleisch verdient, so z. B. Puffottern, Schuppentiere, selbst stark verwesene Tierleichen werden nicht verschmäht. Zur wirklichen Jagd bedienen sie sich verschiedener Mittel: entweder wird das Wild durch eine Art Treibjagd in sehr große, aus Pflanzenfasern geflochtene Netze getrieben, oder sie fangen es — besonders den Büffel und Elephanten — in tiefen Gruben, die sie durch darübergelegtes Buschwerk und Laub dem übrigen Waldboden vollkommen gleichmachen, oder sie erlegen die Tiere durch vergiftete Pfeile oder den Speer. Mit einer dieser beiden zuletzt angeführten Waffen wird auch stets das Okapi erlegt. Der Wambutti trachtet vor allem auf einer der oben erwähnten Lichtungen am Morgen eine frische Fährte zu finden, welcher er nun oft tagelang, durch Dick und Dünn, durch dichtesten Urwald und wegsperrendes Lianengestrüpp folgt. Er ist in der Lage, in dieser Wirrnis die Spur an fast unmerklichen Zeichen festzuhalten, die das Auge des Weißen nie bemerken würde. Verliert er wirklich einmal die Spur, etwa infolge steinigten Bodens oder eines kleinen Wasserlaufes, so legt er sich flach auf die Erde, wobei es ihm meistens durch seine Witterung gelingt, dieselbe wieder zu finden. So kann er dann endlich das jeden Sonnenstrahl meidende Okapi in seinem tiefen Verstecke im Schlafe überraschen, um es auf ganz kurze Entfernung durch einen vergifteten Pfeil oder aus unmittelbarer Nähe mit dem Speer, der nie aus der Hand gelassen wird, zu töten.

Aber auch diesen findigsten Jägern des Urwaldes wird es oft schwer, dieses schöne Wild, das sicher in nicht allzuferner Zeit gänzlich ausgestorben sein wird, zu erbeuten, und es dauert oft monatelang, bis der Europäer in den Besitz dieser seltenen Beute gelangt. Trotz hoher Belohnungen in Gestalt von bunter Leinwand, Salz, Angelhaken, Mundharmonikas und ähnlichen Sachen, die ich ausgesetzt hatte, mußte ich mich 5 Wochen in Geduld fassen, bis ich die frohe Botschaft von der Erlegung eines Okapis erhielt. Im Laufe der 9 Monate, die ich dann ununterbrochen im Urwalde zubrachte, konnte ich später noch 2 Okapis sichern, wodurch meine sowie auch des Hofmuseums kühnsten Hoffnungen übertroffen wurden. Bisher war noch kein Europäer so glücklich, die Heimreise aus dem Kongo-Urwalde mit drei gut präparierten Fellen und drei vollständigen Skeletten dieses schönen Tieres antreten zu können.

RUDOLF GRAUER.

Metallisches Hafnium, Zirkonium, Thorium und Titan lassen sich nach Versuchen von A. E. VAN ARKEL und J. H. DE BOER (Zeitschr. f. anorg. allg. Chem. 148, 345, 1925) darstellen, indem man einen sehr dünnen Wolframdraht in einer Atmosphäre der Jodide dieser Metalle hinreichend erhitzt. In einen Kolben aus Pyrexglas werden 2 Zuleitungen eingeschmolzen, zwischen denen man den Wolframdraht ausspannt; man bringt sodann in den Kolben eines der Jodide und erhitzt ihn (bei Zirkonium) auf 650°; gleichzeitig wird der Wolframdraht auf etwa 2000° gehalten; es scheidet sich dann das Metall in kompaktem, ganz reinem Zustande auf dem glühenden Draht ab und man erhält in wenigen Stunden Stäbchen von mehreren Millimetern Dicke. Das auf diese Weise erhaltene Zirkonium ist weich und biegsam und läßt sich ohne Schwierigkeiten walzen oder zu Draht ziehen. Thorium und Titan nach diesem Verfahren hergestellt, sind gleichfalls völlig duktil. Das Hafnium zeigt einen höheren Schmelzpunkt.

größere Dichte und höhere Elektronenemission als Zirkonium. Recht auffallend ist es, daß man bei der gleichen Arbeitsweise unter Verwendung von Metallchloriden überhaupt keine Metallabscheidung erhält. Wenn man aber einen Wolframdraht in Zirkoniumchloriddampf in Gegenwart von Wasserstoff und Kohlenoxyd glüht, so scheidet sich kompaktes Zirkoniumcarbid ab; benutzt man dagegen ein Wasserstoff-Stickstoffgemisch, so erhält man Zirkoniumnitrid.

Aus den Röntgeninterferenzen von verschiedenen Kohlenstoffformen war von DEBYE und SCHERRER der Schluß gezogen worden, daß sog. **amorpher Kohlenstoff** keine selbständige Form wäre, sondern Graphit in höchst feiner Verteilung; dieser Ansicht hatte sich aus anderen Gründen auch KOHLSCHÜTTER angeschlossen. O. RUFF, G. SCHMIDT und W. OLBRICH (Zeitschr. f. anorg. allg. Chem. 148, 313. 1925) vertreten dagegen die Auffassung, daß amorpher Kohlenstoff als besondere Formart zu betrachten sei, und zwar hauptsächlich deswegen, weil nur er *aktiv* und *aktivierbar* ist, während diese Eigenschaft dem Graphit völlig abgeht. Mit dem Begriff „aktiv“ bezeichnen die Verf. — in Übereinstimmung mit der gewöhnlichen Ausdrucksweise — die mehr oder weniger stark entwickelte Fähigkeit des amorphen Kohlenstoffs zu Adsorptionsreaktionen und seine Wirksamkeit als Katalysator. Amorpher Kohlenstoff läßt, wie eine große Zahl von Abbildungen zeigt, keine Röntgeninterferenzen erkennen, wenn er aber in geeigneter Weise (besonders mit gewissen Katalysatoren) hinreichend lange und hoch erhitzt wird, so treten diese nach und nach in Erscheinung; sie stimmen dann mit den Röntgeninterferenzen des Graphits überein. Dieser ist mit amorphem Kohlenstoff durch „parakrystalline“ Zwischenstufen verbunden; bei denen die Atome zwar symmetrisch geordnet, aber die Teilchengröße oder Schichtdicke so gering ist, daß sie zur Entwicklung erkennbarer Röntgeninterferenzen nicht ausreicht.

Über das Verhalten von Kohlehydraten zu flüssigem Ammoniak berichten L. SCHMID und B. BECKER (Ber. d. dtsh. chem. Ges. 58, 1966 und 1968. 1925); in trockenem flüssigen Ammoniak lösen sich Inulin, Lichenin und Stärke auf; durch Bestimmung des Erstarrungspunktes der Inulinlösungen konnte das Molekulargewicht des Inulins der Formel $C_{12}H_{20}O_{10}$ entsprechend gefunden werden. Allerdings ist hierbei zu bemerken, daß die Gefrierpunktskonstante empirisch mit Acetanilid sich zu 13,18 ergab, während sie sich aus der Schmelzwärme des Ammoniaks zu 7,25 berechnet, so daß eine Unsicherheit besteht. Wenn zu den Lösungen der genannten Kohlehydrate in Ammoniak Kalium oder Natrium hinzugefügt wird (1 Atom auf 1 Mol. Kohlehydrat), so löst sich das Metall zuerst wie gewöhnlich mit blauer Farbe auf; diese verschwindet aber bald wieder, und es fällt ein weißer Niederschlag der Alkaliverbindung des betreffenden Kohlehydrates aus von der Zusammensetzung $C_6H_9O_5Na$ oder $C_6H_9O_5K$. Auch Mannit und Methylglykosid lieferten ähnliche Verbindungen. Wird mehr Alkalimetall angewandt als angegeben, so führt die Reaktion nicht zu einem einfach zusammengesetzten Produkt. Calcium konnte in analoger Weise nicht in Reaktion gebracht werden. Bemerkenswert ist noch die Beobachtung, daß auch Seide sich in schwach feuchtem Ammoniak löst.

Die Ursache der Färbung von Rotzinkerz (Zinkoxyd mit einem Mangan- und Eisengehalt) war bisher nicht völlig aufgeklärt. Nach analytischen und synthetischen Versuchen von E. DITTLER (Zeitschr. f. anorg. allg. Chem. 148, 332. 1925) wird die Farbe dadurch bedingt, daß das Mangan in Form eines höheren Oxydes, wahrscheinlich Mn_3O_4 , vorhanden ist. In eisenarmen Sorten des Mineralen konnte die Oxydationsstufe des Mangans nach dem üblichen jodometrischen Verfahren unmittelbar bestimmt werden; durch Reduktion verschwindet sie. Da das Rotzinkerz ein geschätzter Detektor-kristall ist, so wäre es von Wert gewesen, die synthetischen Produkte auch nach dieser Richtung zu prüfen.
KPL.

Ein fünfzigjähriges Arbeitsjubiläum im Mikroskopbau bei Carl Zeiss, Jena.

Ferdinand Hebestreit.

Man würde das große deutschsoziale Vermächtnis ERNST ABBES geradezu ignorieren, wenn man nicht der großen Verdienste eines Mannes gedächte, den ERNST ABBE selbst ausgebildet hat und der 50 Jahre lang treu und gewissenhaft im Bau des wichtigsten Teiles der Mikroskope tätig gewesen ist und an der technischen Verbesserung und Verrbilligung der Mikroskopobjektive einen hervorragenden Anteil hat.

FERDINAND HEBESTREIT, am 20. März 1862 zu Wenigenjena bei Jena als Sohn eines Landwirtes geboren, kam am 20. April 1876 zu Carl Zeiss in die Lehre. Dieser hatte damals ein Optikergeschäft am Johannisplatz in Jena und im Hinterhaus eine primitive Werkstätte. Im ganzen waren zu dieser Zeit etwa 20 Leute dort beschäftigt. Von diesen waren 4 Gehilfen lediglich im Mikroskopbau tätig. Zu diesen 4 Leuten kam FERDINAND HEBESTREIT als Lehrling, zunächst in die Mikroskoplinsenschleiferei. Schon nach 8 Tagen erkannte man, daß der junge FERDINAND HEBESTREIT sich sehr gut zum Linsenfasser und Fertigbauer eignen würde, eine Arbeit, die ein feinmechanisches Geschick von ungewöhnlich hoher Ausbildung erfordert. Es muß aber als große Seltenheit betrachtet werden, daß ein Mensch diese schwierigen, feinen und nerven-

zerrüttenden Geduldsarbeiten ein halbes Jahrhundert hindurch ausgeführt und geleitet hat. Das war nur einem echten deutschen Bauernjungen möglich, der oft in seiner freien Zeit mit dem Vater aufs Feld und auf die Wiese ging und der seinen ererbten Grundbesitz gewissermaßen zur Kräftigung seines Körpers und seiner Nerven noch heute selbst bewirtschaftet.

Gleich im ersten Jahre, im Sommer 1876 war es, konnte FERDINAND HEBESTREIT ein großes Fest mit erleben. Das 3000. Mikroskop wurde in der optischen Werkstätte fertiggestellt und aus Anlaß dieses Ereignisses wurde in dem durch GOETHE berühmten und schön gelegenen Dornburg gefeiert.

Im Jahre 1877 ging das Geschäft nicht gut. ERNST ABBE, der schon 10 Jahre angestrengt für die Werkstätte tätig gewesen war und jeden Tag zur Prüfung von Objektiven erschien, machte eine sehr sorgenvolle Miene. Das ist um so mehr verständlich, als er seit einem Jahre Teilhaber am Geschäft war und wie F. AUERBACH ganz richtig bemerkt, nicht nur aus dankbarer Anerkennung seiner großen Verdienste, sondern auch deshalb, weil Carl Zeiss sich nicht getraute, das Risiko für die großzügigen Pläne ABBES ganz selbst zu übernehmen. Die Zahl der von ERNST ABBE neu er-

rechneten Mikroskopobjektive wuchs ständig, und schon damals bestanden in wenig veränderter Form die achromatischen Trockensysteme, die heute noch der Katalog von Carl Zeiss aufführt. Daneben aber bestanden auch schon 6 Immersionsobjektive von 3 mm bis 0,75 mm Brennweite. Auch Carl Zeiss, der sonst ein recht freundlicher, leutseliger und guter Mann war, nahm in jener sorgenvollen Zeit zuweilen ein cholerisches Temperament an. So berichtet FERDINAND HEBESTREIT, daß eines Tages dem „Alten Herrn“, wie Carl Zeiss nach studentischer Sitte von seinen Leuten genannt wurde, ein Mikroskop als Gesellenstück abgeliefert wurde, über dessen schlechte mechanische Ausführung er so in Wut geriet, daß er das Stück mit einem schweren Hammer sofort selbst zerschlug. Der Mechaniker hatte die Befestigungsschrauben des Fußes zu stark abgedreht und diese provisorisch mit Wachs kitt befestigt. Als aber das Ladenmädchen vor Carl Zeiss das Mikroskop auspackte, fiel der Fuß herunter.

Im Jahre 1878 wurde es ganz anders, nachdem ERNST ABBE seine neuen Immersionen von $\frac{1}{8}$ und $\frac{1}{12}$ Zoll Brennweite mit den Riesenaperturen 1,25 und 1,30 in London unter großem Beifall vorgeführt hatte. Von da ab trat ein Wachsen, Blühen und Gedeihen der Werkstätte ein, wie es sich selbst ERNST ABBE nie hatte träumen lassen.

In den Räumen am Johannisplatze wurde es bald zu eng, und so erfolgte im Jahre 1880 der Umzug nach dem Leutragäßchen, der jetzigen Carl Zeiss-Straße, von wo aus das Werk sich rasch zu einem mächtigen Gebäudeblock ausgedehnt hat.

FERDINAND HEBESTREIT war ein sehr strebsamer junger Mann und ERNST ABBE, der seine Fähigkeiten erkannt hatte, ließ ihn bei Dr. P. RUDOLPH, dem bekannten Erfinder der weltberühmten Zeiss-Tessare, so weit Vorbilden, daß er vor der Prüfungskommission in Weimar ein Examen bestand, das ihn zum einjährig-freiwilligen Militärdienste berechnete. Nach seiner Militärdienstzeit kehrte FERDINAND HEBESTREIT im Herbst 1883 wieder zu Carl Zeiss zurück. Auch damals prüfte der Altmeister ERNST ABBE noch sämtliche Mikroskopobjektive selbst. Gewiß war es für ihn eine große Freude, als der junge HEBESTREIT sich wieder zur Stelle meldete, denn einen geschickteren und intelligenteren Feinmechaniker konnte er für die Herstellung von Mikroskopobjektiven nicht so leicht finden. Be-

sonders die ersten schwierigen Versuchsobjektive hat FERDINAND HEBESTREIT selbst ausgeführt und selbst später als Werkmeister war es für ihn äußerst reizvoll, sich an recht knifflige Arbeiten heranzuwagen.

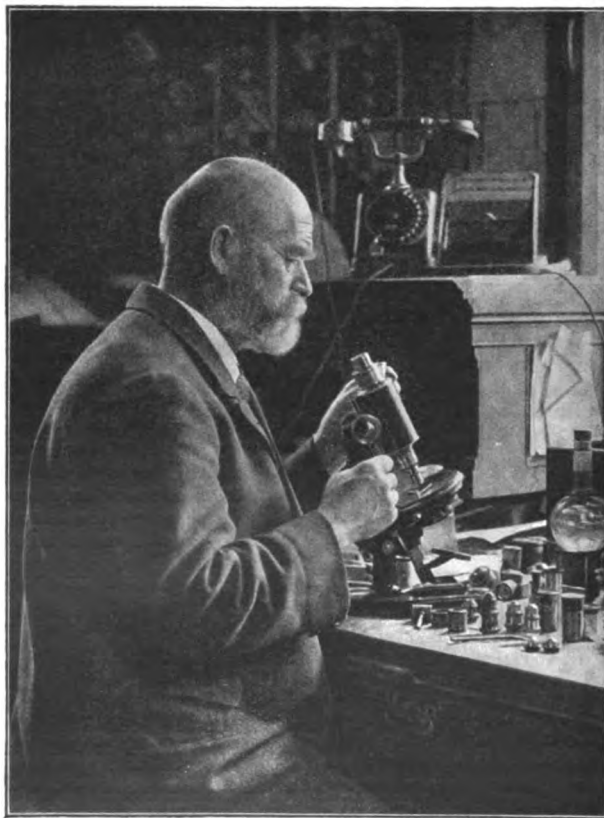
Nach längerer Heimarbeit, während der FERDINAND HEBESTREIT selbständig aus gelieferter Optik und gelieferten roh bearbeiteten Drehteilen Mikroskopobjektive zu Hause fertigbaute, kehrte er 1891 als zweiter Meister in die Mikroskopabteilung zurück.

Im Jahre 1912 wurde er nach dem Tode des ersten Meisters, der ebenfalls sein goldenes Arbeitsjubiläum bei Carl Zeiss feiern konnte, erster Werkmeister der Mikroskop-Abteilung. Seine Tätigkeit als Meister bestand in der Hauptsache im Prüfen der in seiner Werkstatt fertiggebauten Mikroskopobjektive und in dem ständigen Bemühen, die Fabrikation der Objektive zu vereinfachen und zu verbessern. Der Übergang von der älteren Gewindefassung zur neueren Füllfassung ist ganz das Verdienst FERDINAND HEBESTREITS. Eine weitgehende Arbeitsteilung war dadurch erst im Fertigbau der Mikroskopobjektive möglich geworden, die sich natürlich auf den Preis auswirkte.

Es würde zu weit führen, wollte ich hier alle Einzelheiten aufführen, an denen der Jubilär Anteil hat. Wichtiger ist doch die Tatsache, daß FERDINAND HEBESTREIT dafür gesorgt hat, daß die Zeiss'schen Mikroskopobjektive ihren glänzenden Weltruf bewahrt haben, der von ERNST ABBE begründet worden ist. Das ist bei dem heutigen schweren Konkurrenzkampf eine ganz gewaltige Leistung.

Mit seinem goldenen Jubiläumstage am 20. April 1926 wird FERDINAND HEBESTREIT das Zeisswerk verlassen. Er kann es tun in dem stolzen Bewußtsein, hier im ABBEschen und im treudeutschen Geiste gewissenhafter Pflichterfüllung gewirkt zu haben. Im neuen Rittersaale am Fuchsturm, dem Riesentubus von Jena auf dem Hausberge, wird man das Jubiläum des ehrwürdigen Meisters feiern. Es ist dies sein Lieblingsaufenthalt, den er meist an Sonnabenden aufzusuchen pflegt. Von dort kann er auch auf seine Felder und Wiesen im Gembdental hinabschauen, die er von nun an wieder ganz selbst pflegen und bebauen wird. Unser Bild zeigt den Meister im letzten Jahre seiner Tätigkeit vor seinem Arbeitstische am Prüfmikroskop — ein schlichter, einfacher Mann, gerade und offen im Denken und Handeln.

A. SONNEFELD.



DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Vierzehnter Jahrgang

30. April 1926

Heft 18

Technik und Physik.

Von A. SCHACK, Düsseldorf.

Inhalt: Das treibende Motiv der Technik ist Dienstleistung am Menschen. Das treibende Motiv der Physik ist Naturerkenntnis. Technik ist angewandte Physik. Da die Technik nur nach dem Grundsatz der Nützlichkeit, die Physik nur nach dem Erkenntnis vorgeht, kann die Technik nur Zufallsergebnisse der Physik als für sich brauchbar finden. Die technische Physik ersetzt bewußt das Prinzip: „Erkenntnis“ durch das Prinzip: „Dienstleistung“. Da nur durch die Technik das materielle und davon abhängige kulturelle Los der Menschheit zu verbessern ist, kann es sittliche Pflicht der Beteiligten genannt werden, an der Förderung der Technik mitzuarbeiten. Die physikalische Forschung kann wesentlich zur Förderung durch Lösung bestimmter Probleme beitragen. Als Beispiel wird das Wärmeübergangsproblem und die wirtschaftliche Tragweite seiner Lösung geschildert. Die beste Verbindung zwischen Technik und Physik wird durch den Eintritt von Physikern in die industrielle Praxis gewährleistet. An solche Physiker werden aber sehr hohe Ansprüche gestellt werden.

A. Motive und Wesen von Technik und Physik.

Das treibende Motiv der Technik ist, um sich schlagwortartig auszudrücken, die „Dienstleistung“. Die Technik ist das mehr und mehr verfeinerte Verfahren des Menschen, seine Lebensbedingungen durch möglichst zweckentsprechende Verwendung seines physikalischen Wissens zu verbessern. Das treibende Motiv der Physik ist demgegenüber reine „Erkenntnis“, und zwar Naturerkenntnis im umfassendsten Sinne. Der Weg der reinen Physik ist daher unabhängig von jeder Nützlichkeitsbetrachtung.

Die Bedeutung der Technik für den Menschen ist klar. Es ist sicher, daß z. B. in Deutschland ein erheblicher Teil der Menschen zugrunde gehen müßte, wenn nach und nach keine Maschine mehr funktionierte. Es ist aber ebenso sicher, daß andererseits die gegenwärtige Lage, die materiell und kulturell doch so gänzlich unbefriedigend ist, nur durch die Technik verbessert werden kann. An sich ist die Technik zwar nur imstande, den materiellen Wohlstand zu verbessern, aber man geht sicher nicht fehl in dem Schluß, daß mit den materiellen Bedingungen sich auch der kulturelle Lebensstand des Einzelnen automatisch hebt. Wenn man schon Zweifel in dieser Richtung an der im betreffenden Augenblick lebenden Generation hegt, so gelten diese Zweifel doch keineswegs für die darauf folgende Generation, da die Erziehungsmöglichkeiten mit steigendem Lebensstand der Eltern besser, und, wie die tägliche Erfahrung lehrt, in der überwiegenden Mehrzahl aller Fälle auch ausgenutzt werden.

Man kann im Zweifel sein, ob mit weiterem Fortschreiten der Technik nicht die heute schon zu

beklagenden Unzuträglichkeiten ins Unerträgliche wachsen, wie sie z. B. durch Zusammenballung großer Menschenmengen in ungesunden Werkhallen und engen Wohnungen, die Verunreinigung der Luft durch Rauch, die Verunstaltung der Landschaft durch Schornsteine usw. entstehen. Man kann ferner im Zweifel sein, ob die Mechanisierung der menschlichen Arbeit nicht ebenfalls immer schlimmer wird und zur Untergrabung von Glück und Zufriedenheit und schließlich zu einer Katastrophe führt. Diese Bedenken sind völlig unbegründet. Es läßt sich im Gegenteil nachweisen, daß die angeführten und viele andere der Technik als unabänderliche Folge zur Last gelegten Nachteile nur Zeichen einer noch nicht genügend fortgeschrittenen Technik sind. Die neuere Entwicklung der Technik zielt gerade auf die Beseitigung dieser Mißstände hin, sie sind somit als Übergangskrankheiten einer unvollständigen Entwicklung zu betrachten.

Der Raum verbietet es, alle diese Gedanken näher auszuführen. Ausführlich sind sie an anderer Stelle vom Verfasser dargestellt¹⁾.

Wir haben hiernach vom weiteren Fortschreiten der Technik Hebung des materiellen und des damit verbundenen kulturellen Lebensstandes der Menschen und außerdem fortschreitende Beseitigung der kulturellen Nachteile zu erwarten, die die Technik mit sich gebracht hat. Wir erkennen damit, daß Förderung der Technik Dienst am Volke bedeutet. Die Arbeit des Forschers, sei er Ingenieur oder Physiker, der die Technik bewußt fördert, hat einen ethischen Hintergrund.

Wenn also Förderung der Technik fast sittliche Pflicht derer, die es angeht, genannt werden muß, fragt es sich, wie diese Förderung zu geschehen hat.

Ein Blick in die Geschichte und heutigen Arbeitsverfahren der Technik zeigt, daß sie, wenn man von der betriebswirtschaftlichen Seite absieht, zum größeren Teil angewandte Physik ist. Da nun die reine Physik ihren Weg nur durch das Streben nach Erkenntnis bestimmt, blieb der Technik im allgemeinen nichts übrig, als dasjenige zu verwerten, was zufällig aus den nach anderer Richtung orientierten Forschungsergebnissen der Physik für sie paßte. Gerade grundlegende Fortschritte der Technik, die im allgemeinen rein physikalische Erkenntnisse als Ursache haben, waren somit ziemlich weitgehend dem Zufall anheimgestellt. Noch schlimmer macht sich diese Zufallsnachlese der Technik an der Ernte der Physik in der technischen Kleinarbeit zur Vervollkommenheit tech-

¹⁾ Zur Theorie der Technik, Zeitschr. d. Vereins d. Diplomingenieure 1921, S. 77–83.

nischer Einrichtungen und Verfahren bemerkbar. Diese soll der Teil C. näher schildern.

B. Das Wesen der technischen Physik.

Diese Nachteile der von Natur gegebenen, aber, um sich einmal so auszudrücken, schlecht organisierten Zusammenarbeit zwischen Technik und Physik waren wohl der innere Grund dazu, eine neue Wissenschaft ins Leben zu rufen, die technische Physik. Nach dem Vorstehenden wäre es Aufgabe dieser neuen Wissenschaft, diejenigen im weitesten Sinne physikalischen Probleme zu erforschen, welche der Technik entweder auf ihrem bisherigen Wege bei der Verbesserung des schon Vorhandenen helfen können oder neue Probleme zu erforschen, welche mit Wahrscheinlichkeit auf längere Sicht technische Anwendbarkeit und neue grundlegende technische Fortschritte versprechen.

Um diese Probleme zu finden und erfolgreich aufzugreifen, sind Menschen erforderlich, die gleichzeitig Ingenieure und Physiker sind. Es müssen Physiker sein, die den Geist der Technik erfaßt haben. Sie müssen den eigentümlichen Blick des Ingenieurs für das Wesentliche und das Wirtschaftliche mit dem Blick des Physikers für die naturgesetzlichen Zusammenhänge vereinigen.

Man begegnet in der Industrie nicht selten Ingenieuren, die trotz guter mathematischer und physikalischer Ausbildung keine richtigen Ingenieure sind. Sie behandeln wissenschaftliche Probleme, die entweder an der betreffenden Stelle keine technische Wichtigkeit haben, oder sie verfolgen technisch wichtige Probleme in einer Richtung, die zu einem für die Technik wichtigen Ziel nicht führen kann. Ihnen fehlt der Blick für das Wesentliche; sie kommen dadurch persönlich nicht weiter und bringen die „Theorie“ bei der „Praxis“ in Mißkredit.

Noch seltener wird man aber wahre Ingenieure treffen, die gleichzeitig wahre Physiker sind. Dies wären die wahren „technischen Physiker“. Sie müßten einen ausgesprochenen Blick für die technischen Realitäten, die Beziehungen zwischen Aufwand und Erfolg, die Beziehungen der Naturerscheinungen zum technischen Fortschritt haben, und sie müßten gleichzeitig die wissenschaftlichen Methoden der Physik beherrschen und tiefen Einblick in die physikalischen Zusammenhänge des Naturgeschehens haben. Die Wissenschaft, die von solchen Männern vertreten wird, ist dazu berufen, nicht nur Tagesfragen der Technik zu beantworten, sondern den Fortschritt der Technik zu leiten, da sie allein gleichzeitig Einblick in die technischen und die physikalischen Möglichkeiten hat. Die technische Physik ist also im höchsten Sinne nicht nur Beraterin, sondern Führerin der Technik. In Wirklichkeit gibt es aber augenblicklich nur eine sehr geringe Anzahl solcher wahren technischen Physiker. Es ist eben schwer für den Einzelnen, in Wahrheit Ingenieur und Physiker zugleich zu sein. Je nach Ausbildungsgang, Interessen oder Veranlagung findet man in dem technischen Physi-

ker im allgemeinen entweder den Ingenieur oder den Physiker.

Sollte daher die Technik auf immer darauf angewiesen sein, nur Zufallsergebnisse der reinen Physik verwerten zu können und ihrer systematischen Mitarbeit zu entraten? Keineswegs. Die technische Physik als solche existiert und wird als Führerin und Beraterin der Technik immer größere Bedeutung gewinnen. Wenn es augenblicklich auch nur wenig wirkliche technische Physiker gibt, so kann doch die technische Physik eine andere und größere Aufgabe erfüllen: Sie kann das Forum der Zusammenarbeit der wahren Ingenieure und der wahren Physiker sein. Die vielleicht nur in Ausnahmefällen durch den Einzelnen erfüllbare Führeraufgabe wird in großem Maßstab durch Zusammenarbeit erreicht. Die Ingenieure sagen dabei, welche Probleme von technischer Wichtigkeit vorliegen oder sich entwickeln und was sie im einzelnen wissen müssen; die Physiker teilen den Ingenieuren ihre darauf bezüglichen Forschungsergebnisse mit, beurteilen die physikalischen Komponenten des Problems, die physikalischen Aussichten ihrer Erforschung und richten danach ihre Forschertätigkeit ein. Umgekehrt beurteilen die Ingenieure die technische Bedeutung und wirtschaftliche Möglichkeit von Vorschlägen der Physiker zur Anwendung einzelner Probleme. Es erübrigt sich, auf die Art dieser Zusammenarbeit näher einzugehen. Ihr Erfolg ist jedenfalls die oben geforderte bewußte Lenkung der physikalischen Forschung nach dem Leitmotiv der Dienstleistung, und die Technik hat ihre Führerin. Es wird dabei manchem bisher vom reinen Streben nach der Erkenntnis geleiteten Physiker eine größere Freude sein, mit seiner Arbeit den vorhin angedeuteten ethischen Dienst am Leben zu tun, als der gewiß schönen, aber abstrakten Erkenntnis der Naturscheinungen zu dienen.

Selbst wenn die erwähnten „wahren“ technischen Physiker sehr zahlreich wären, wäre der Ruf der Technik nach der Physik immer noch notwendig, denn die Physik hat ihre großen Hilfsmittel und zahlreichen Jünger. Sie kann daher in großem Maßstab helfen, ohne die eigentliche Aufgabe, die reine unabhängige Erkenntnis aus dem Auge zu lassen. Es muß übrigens hierbei gesagt werden, daß auch der Zielrichtung der reinen Physik vom utilitaristischen Standpunkt der Technik ein Wert zukommt, weil man nämlich nie wissen kann, ob nicht ein noch so fern und abstrakt klingendes Problem plötzlich technische Bedeutung erhält. Wie weit die Physik in den Fortschritt der Technik eingreifen kann, zeigt besonders deutlich die Entwicklung der Elektrotechnik. Sowohl ihr Ursprung als auch ihre Entwicklung ist tatsächlich nur physikalischen Erkenntnissen und Methoden zu verdanken. Sie ist reine angewandte Physik, soweit betriebswissenschaftliche Belange und dgl. außer Betracht bleiben. Die Probleme, die hier besonders die neue Entwicklung zur Ausnutzung der Hochspannung und der elektrischen Wellen zeigen, sind verhältnismäßig bekannt, und

ihre Beziehung zur Physik braucht nicht erst auseinandergesetzt zu werden. Ähnlich ist es mit Problemen der Hydrodynamik (Schrauben, Turbinen) und der Thermodynamik (Arbeit expandierender Medien in Kraftmaschinen).

Die Thermodynamik bietet bereits ein Beispiel für die Klasse der oben genannten Probleme, die technisch zwar noch nicht reif sind, deren Erforschung aber auf weitere Sicht große technische Fortschritte verspricht und daher keine Aufgabe der Technik, aber ausgesprochen eine der technischen Physik als der Führerwissenschaft ist. Eine solche Aufgabe besteht in der Auffindung eines Weges zur Umwandlung der chemischen Energie der Kohle in mechanische Arbeit, ohne den Umweg über die Wärme benutzen zu müssen. Da ja der Wirkungsgrad der Wärmekraftmaschinen durch den zweiten Hauptsatz auf 30–40% beschränkt ist, ist ein unabsehbarer großer technischer Fortschritt zu erwarten, wenn es gelingt, den Umweg über die Wärme zu vermeiden und beispielsweise in elektrochemischen Prozessen mit einem Wirkungsgrad von 80 oder 90% die chemische Energie in elektrische bzw. mechanische zu überführen. Der Physik kommt hierbei wie sonst das Verdienst zu, diese Möglichkeiten erkannt zu haben. Es fragt sich, ob man es eine Spielerei nennen darf, wenn man als weitere, allerdings noch wesentlich fernere und schwieriger lösbar erscheinende Probleme die Umwandlung der Sonnenstrahlung in elektrische Energie und schließlich die Ausnutzung der Energie des Atomzerfalls nennt.

Es mag genügen, von den in mehr oder weniger ferner Zukunft liegenden technischen Problemen diese, der Thermodynamik nahestehenden, aufzuzählen.

C. Einige physikalische Tagesfragen der Technik.

Die Technik selbst hat noch kein starkes und unmittelbares Interesse an diesen Problemen, da sie aus Gründen der Selbsterhaltung nur Probleme aufgreifen kann, deren Lösung ohne weiteres möglich erscheint und sofortige praktische Erfolge verspricht. Das wesentliche Interesse der Technik konzentriert sich daher, solange ein großes Problem von der Art der oben angeführten nicht genügend reif ist, auf Tagesfragen, die sich aus dem Streben nach Vervollkommen der Methoden und Erzeugnisse ergibt. Wenn auch auf diesem Wege nicht technische Revolutionen des Fortschritts zu erwarten sind, wie sie die Lösung eines der vorhin genannten Probleme mit sich bringen muß, so ist er doch der einzige, der mit *Sicherheit* vorwärts führt, und der Lohn dieser, wenn man sie nach der phantastischen Bedeutung der anderen so nennen darf, technisch-physikalischen Kleinarbeit ist ein sicherer und auf die Dauer zu ebenso gewaltigen Erfolgen führender technischer Fortschritt.

Von solcher „Kleinarbeit“, die aber wie auf allen anderen Gebieten des Lebens, so auch hier schließlich das Hauptverdienst am Erfolg hat, soll jetzt die Rede sein.

Man wird natürlich vom einzelnen kein auch nur entfernt erschöpfendes Bild der hier im ganzen vorliegenden technisch wichtigen Aufgaben erhalten können. Es wird aber auch genügen, einen einzelnen Problemkomplex herauszugreifen und zu besprechen. Als solchen Komplex und gleichzeitig als besonders kennzeichnendes Beispiel sei der Wärmeübergang genannt.

Dem Wärmeübergang begegnen wir fast überall in der Industrie. Ob es nun Öfen, Kessel, Lufterhitzer und Regeneratoren, Kälteanlagen, Wärmekraftmaschinen sind, überall ist es Aufgabe, entweder möglichst viel oder möglichst wenig Wärme zu übertragen. Überall da, wo Brennstoff verfeuert wird, tritt das Problem des Wärmeüberganges uns entgegen. Geht schon hieraus bei dem Verbrauch von 200 Millionen Tonnen Kohle in Deutschland hervor, welche technische Bedeutung diesem Problem zukommt, so wird diese Bedeutung doch noch verdoppelt, wenn man sich klar macht, daß durch eine Beherrschung des Wärmeüberganges nicht nur der Kohlenverbrauch vermindert, sondern die Produktion der einzelnen Anlage ohne vermehrte Anlagekosten gesteigert werden kann. Welche wirtschaftlichen Vorteile allein in diesem mittelbaren Erfolg stecken, kann man nur schätzen; in Mark ausgedrückt, käme man wohl auf eine Ersparnis von hundert Millionen jährlich. Hierzu kommt dann noch die unmittelbare Ersparnis an Brennstoffen. Technisch wichtig, bzw. von großer wirtschaftlicher Bedeutung ist also das Problem. Was kann nun der Physiker dabei helfen? Da im wesentlichen in der Technik Gase und Flüssigkeiten Träger der Wärme sind, können wir das Problem auf den Wärmeaustausch zwischen diesen und festen oder flüssigen Flächen und zwischen festen oder flüssigen Flächen untereinander (durch Strahlung) beschränken. So merkwürdig es klingt, so muß zunächst hervorgehoben werden, daß noch sehr wenig vom Wärmeübergang in den meisten praktischen Fällen bekannt ist.

Die Wärme kann bekanntlich außer durch Leitung durch Konvektion und Strahlung übertragen werden. Der Strahlungsübertragung wurde bis in die neueste Zeit hinein nicht viel Gewicht beigemessen. Daher erstreckte sich die Hauptzahl der Versuche auf die Wärmeübertragung durch Konvektion. Sie wurden fast ausnahmslos an Rohren und dabei in Temperaturbereichen durchgeführt, die für die meisten technischen Fälle nicht in Frage kommen. Die Technik versuchte dann, diese Messungen auf andersartige Verhältnisse unter Zuhilfenahme der von NUSSELT¹⁾ für den Wärmeübergang durch Konvektion entwickelten Ähnlichkeitstheorie anzuwenden, hatte aber, wie sich gerade in letzter Zeit herausstellt, in diesen Fällen keinen Erfolg. Ein besonders gutes Beispiel hierfür sind die industriellen Öfen, denen ja nach ihrem Kohlenverbrauch und ihrem Einfluß auf den Produktionsprozeß eine hervorragende Be-

¹⁾ Zeitschr. d. Vereins d. Ing. 1909, S. 1750. Der Wärmeübergang in Rohrleitungen.

deutung zukommt. Wendet man die an Rohren entwickelten Formeln auf die in ihnen ähnlich wie in Rohren strömenden Gasmassen an, so ergibt sich, daß der tatsächliche Wärmeübergang ein Vielfaches von dem erwarteten beträgt. Der Grund liegt nach den neuesten Forschungen in erster Linie in der ultraroten Strahlung der Feuergase, auf die wir noch zurückkommen. Ein Teil des verbesserten Wärmeüberganges kann aber auch an der bei größeren Abmessungen und höheren Temperaturen veränderten Strömung und den veränderten Eigenschaften der Gase liegen. Daher entsteht die Frage: Wie hängt der Strömungszustand und der Wärmeübergang durch Konvektion von der Art des Gases, dem Rohrdurchmesser, Temperatur und Strömungsgeschwindigkeit ab¹⁾? In Öfen beträgt der freie Strömungsquerschnitt häufig $2 \cdot 0,5$ qm. Die so gefundene Lösung würde auch der Dampfkesseltechnik große Dienste leisten.

Noch weniger als von diesem Wärmeübergang in durchgehenden Rohren oder Kanälen weiß man vom Wärmeübergang in den Wärmespeichern der Regenerativöfen. Hier strömt Gas oder Luft durch versetztes Gitterwerk von feuerfesten Steinen und wirbelt dabei kräftig. Über den dabei auftretenden Wärmeübergang durch Konvektion weiß man nichts. Die Frage lautet: Wie groß ist der Wärmeübergang durch Konvektion bei der Strömung von verschiedenen Gasen in Steingitterwerk in Abhängigkeit von der Gaszusammensetzung, Gasgeschwindigkeit, den Temperaturen, der Art der Gitterung und den dadurch bedingten Strömungszustand (bei Temperaturen bis 1200°C)?

In den oben erwähnten Öfen strömt das Feuergas zwischen dem gemauerten Gewölbe und dem unten liegenden „Einsatz“ (Wärmgut) auf einem Wege von 10—20 m und mehr hindurch. Es heizt dabei nicht nur den Einsatz, sondern auch das Gewölbe. Das Gewölbe gibt seine vom Gas empfangene beträchtliche Wärme laufend durch Strahlung an das unter ihm liegende Einsatzmaterial ab. In ähnlicher Weise wirkt Mauerwerk als „sekundäre Heizfläche“ bei Kesseln und vielen anderen feuerungstechnischen Einrichtungen. Die Berechnung dieser Strahlung wäre nach dem STEFAN-BOLTZMANNschen Strahlungsgesetz möglich, wenn man den Schwärzgrad (Emissionsvermögen) der Gesamtstrahlung der Gewölbesteine in Abhängigkeit von Temperatur, Zusammensetzung und Beschaffenheit der Oberfläche kennt. Diese hat bisher aber noch niemand gemessen. Es kommt dabei darauf an, daß die Gesamtstrahlung der Oberfläche im tatsächlichen verschlackten Zustand gemessen wird.

Eine vierte und wichtigste Frage betrifft die selektive Strahlung der Kohlensäure und des Wasserdampfes in den Feuergasen. Diese Strahlung ist mit Hilfe der bis dahin bekannten physika-

lischen Daten vom Verfasser berechnet worden¹⁾ und ergab Werte von hoher technischer Bedeutung. Danach ist der ultraroten Gasstrahlung bei Temperaturen über 500° und Gasvolumina, wie sie gewöhnlich in der Technik auftreten, im allgemeinen der überwiegende Teil des Wärmeüberganges zuzuschreiben. Es wäre von der *größten Wichtigkeit*, damit Kessel, Öfen, Regeneratoren, Hochofenwinderhitzer, alles die größten Kohlenverbraucher, die wir haben, zu berechnen. Das ist aber nicht möglich, weil das selektive Absorptionsvermögen der Kohlensäure und des Wasserdampfes bei höheren Temperaturen quantitativ nicht genügend bekannt ist. Es kommt dabei auf die Kenntnis der Breite der Absorptionsstreifen und des Verlaufes der Absorptionskonstante in den Streifen selbst an, alles in Abhängigkeit von der Temperatur am besten bis 1800°C , aber bis mindestens 1000° . Zur Berechnung der Feuerungsanlagen fehlt weiter noch die Kenntnis des Absorptionsvermögens der praktisch auftretenden Oberflächen der feuerfesten Steine in Abhängigkeit von der Wellenlänge; den Verlauf dieses selektiven Absorptionsvermögens braucht man, um die Absorption der ultraroten Gasstrahlung berechnen zu können. Diesen Absorptionsverlauf müßte man ferner bei flüssiger Schlacke kennen, wie sie etwa in Siemens-Martinöfen auftritt.

Nach Beantwortung der gestellten Fragen wird es möglich sein, den Wärmeverbrauch in den Hauptkohlenverbrauchern im voraus zu berechnen und ihre günstigste Bauart zu ermitteln. Damit ist dann die Möglichkeit gegeben, für jeden einzelnen Fall die Aufwendung von Anlagekapital für eine gegebene Leistung und ebenso den Wärmeverbrauch je Einheit Erzeugnis auf ein Mindestmaß zu bringen. Hieraus sind, wie oben ausgeführt, für die gesamte Industrie ins Gewicht fallende Vorteile zu erwarten.

Mit Wärmeübergangsfragen hängt auch die Messung höherer Temperaturen und besonders von Gastemperaturen zusammen. Diese Messung wird außerordentlich erschwert und in vielen praktischen Fällen unmöglich gemacht durch den störenden Einfluß der Wärmeableitung und bei Temperaturmessungen in Gasen, ganz besonders des Strahlungsaustausches mit der Umgebung. Die Technik hat sich bei der besonderen Fehlern ausgesetzten Gastemperaturmessung durch Konstruktion der „Durchfluß“- oder „Abgaupyrometer“ geholfen. In diesen wird durch Preßluft- oder Dampfstrahlgebläse mit Geschwindigkeiten bis zu 100 m/sec. und mehr das zu messende Gas an der Lötstelle des Thermoelementes in einem die Strahlung abschirmenden Rohr vorbei gesaugt. Abgesehen davon, daß infolge des erforderlichen Preßluft- und meist auch Kühlwasseranschlusses die Messung umständlich und das Instrument un-

¹⁾ Einzelne Teillösungen dieser Aufgabe gibt es schon, z. B. als neueste Arbeit H. REIHER, Wärmeübergang von strömender Luft an Rohre, Zeitschr. d. Vereins d. Ing. 1926, S. 47—52.

¹⁾ Zeitschr. f. techn. Phys. 6, S. 267—278. 1924; ferner die praktischen Auswirkungen, Mitt. d. Wärme-stelle Düsseldorf d. Vereins d. Eisenhüttenleute 1923, Nr. 55.

handlich wird, scheint nach den neuesten im Gange befindlichen Untersuchungen die Genauigkeit infolge des überhandnehmenden Strahlungseinflusses immer noch unzureichend zu sein. Diese Schwierigkeit der Messung von Gastemperaturen ist ein ernstliches Hindernis des technischen Fortschritts und hat schon zu großen Schäden durch falsche Berechnungen geführt. Die sonst in der Physik bekannten Verfahren, wie Messung durch Benutzung der Strahlung (Flammenfärbung usw.) oder durch ein Extrapolationsverfahren mit verschiedenen dicken Thermoelementen, lassen sich in der Praxis noch schlechter oder gar nicht durchführen, weil zu den Strahlungsmessungen die Gasmengen zu groß und inhomogen sind und man bei dem einen Verfahren zwei einander gegenüberliegende Öffnungen und einen schwarzen Körper sehr hoher Temperatur braucht. Beim Extrapolationsverfahren braucht man Elemente unter 0,1 mm Durchmesser, die durch den chemischen Angriff des Gases in kürzester Zeit zerstört werden. Die Auffindung einer technisch brauchbaren Methode zur Messung der Temperaturen von Gasen, die von anders temperierten Wänden eingeschlossen sind, ist von großer Bedeutung und eine wichtige Aufgabe der technischen Physik.

Außer dieser, den reinen Wärmeübergang betreffenden Fragen, harren einige Fragen der Wärmeleitung der Lösung. Wieder ist es hier der Bereich hoher Temperaturen, wo die Kenntnis der erforderlichen Stoffwerte unzureichend ist. Es scheint so, als ob die Wärmeübertragung in Flammöfen mit flüssigem Arbeitsgut, in erster Linie wieder die bedeutungsvollen Siemens-Martin-Öfen, durch die schlechte Wärmeleitfähigkeit der flüssigen Schlacke stark behindert wird. Auch in der Gießereipraxis ist die Wärmeleitfähigkeit der Schlacke von Bedeutung, weil sie wahrscheinlich die Trennbarkeit der Schlacke von der Eisenoberfläche in der Pfanne beeinflusst. Die Wärmeleitfähigkeit der flüssigen Schlacke ist aber völlig unbekannt, und man hat auch keine Anhaltspunkte dafür, wie sie sich mit Temperatur und Zusammensetzung ändert.

Bei allen den Industrien, die mit hohen Temperaturen zu tun haben, sei es in Öfen oder Kesseln (hier besonders bei Kohlenstaubfeuerung), liegt eine große Schwierigkeit in der Haltbarkeit der feuerfesten Steine. Die Schwierigkeit ist von solchem Einfluß, daß manchmal die Wirtschaftlichkeit der betreffenden Einrichtung gefährdet wird. Dagegen ist durch Verwendung genügend hochwertiger feuerfester Steine in vielen Fällen nicht bloß eine Ersparnis von Reparaturkosten und den mit Reparaturen verbundenen Produktionsausfällen, sondern eine direkte Verbilligung des Betriebes durch die Anwendbarkeit höherer Arbeitstemperaturen und höherer wirksamer Temperaturgefälle möglich. Man kann z. B. annehmen, daß Siemens-Martin-Öfen, von denen eine Batterie von 4 Öfen mit Zubehör soviel kostet wie eine größere Maschinenfabrik, aber mehr als das zehnfache an

Kohlen verbraucht, ihre Produktion um 30% vergrößern und dabei den spezifischen Kohlenverbrauch verringern könnten, wenn die den hohen Temperaturen ausgesetzten Teile, wie Köpfe, Gewölbe und Seitenwände, aus Steinen beständen, die einen höheren Erweichungspunkt als 1700° C haben und beständig gegen wechselnde Temperaturen, den Angriff der Ofenatmosphäre und der Schlacke sind. Stoffe, die diesen Bedingungen genügen, sind heute bekannt, aber daraus hergestellte Steine erfüllen die Ansprüche noch nicht und sind außerdem zu teuer, oder die Verarbeitung zu Steinen ist noch nicht möglich. Es ist Aufgabe der Physik bzw. der physikalischen Chemie, in Zusammenarbeit mit der Technik brauchbare Stoffe und durch Erkenntnis ihres physikalischen Verhaltens technisch durchführbare Verarbeitungsverfahren anzugeben.

Ein Problemkomplex von hoher technischer Bedeutung, der ebenfalls die physikalische Chemie angeht, ist in der Aufgabe enthalten, eine Flamme in bewußter Weise entwickeln zu können, so daß sie eine bestimmte Temperatur und einen bestimmten örtlichen Temperaturverlauf, eine bestimmte Größe und Form, einen bestimmten örtlichen Verlauf der chemischen Analyse usw. erhält. Die Technik steht dieser Aufgabe fast machtlos gegenüber, weil ihr fast kein einziges der erforderlichen chemisch-physikalischen Daten bekannt ist. Hierzu gehört besonders die Kenntnis der Reaktionsgeschwindigkeit der verschiedenen Gase mit Sauerstoff, die Diffusionsgeschwindigkeit, die Mischbarkeit (wohl abhängig u. a. von Zähigkeit und Molekulargewicht) bei Gasströmen von größerem Querschnitt, alles in *Abhängigkeit von der Temperatur*. Ferner gehört hierzu die Wirksamkeit von Katalysatoren und der Einfluß des molekular in der Kohlenwasserstoffflamme abgeschiedenen Kohlenstoffs auf den Verlauf der Verbrennung. Wenn auch die Vorausberechnung der Temperatur nicht ohne Kenntnis der Wärmeübergangsgesetze möglich ist, so ist doch dabei die Kenntnis der eben angeführten Größen erst recht erforderlich. Auch die Kenntnis der Reaktionsgeschwindigkeit und ihrer Gesetze bei festen Körpern und Gasen ist noch ganz unzureichend. Daher ist z. B. der Betrieb der Hochöfen, Gasgeneratoren, Kohlenstaubfeuerungen u. a. fast ganz auf Verwertung praktischer Erfahrungen angewiesen. Solche praktischen Erfahrungen kosten aber bekanntlich ein gewaltiges Lehrgeld und lassen das wirtschaftliche Optimum doch nie deutlich erkennen.

Die bisherigen Ausführungen zeigen Tagesfragen der Technik, die hauptsächlich die Kenntnis stofflicher Eigenschaften, wie z. B. des Absorptionsspektrums der Kohlensäure oder feuerfester Steine bei höheren Temperaturen betreffen. Eine weitere Reihe von Fragen würde weniger Aufklärung über stoffliche *Eigenschaften*, als über bestimmte Gesetzmäßigkeiten verlangen, die zur Auffindung von *Verfahren* führen. Diese Fragen sind schwieriger darzustellen. Auch enthält hierbei häufig die

Problemstellung, wenn sie richtig ist, bereits einen Teil der Lösung. Um solche Probleme von nennenswerter Bedeutung zu stellen, ist eine außerordentlich enge Zusammenarbeit zwischen Physikern und Ingenieuren notwendig. Aber sie dürfte auch die bedeutsamsten Ergebnisse zeitigen.

D. Verpflanzung von Physikern in die industrielle Praxis.

Die notwendige Zusammenarbeit zwischen Technik und Physik wäre am besten gewährleistet, wenn Physiker nicht nur als Verbindungsleute zwischen Technik und Physik auftreten, sondern unmittelbar in den Produktionsprozeß gehen würden und vor allen Dingen überall dahin kommen, wo die Technik in irgendwelcher Weise forschend vorgeht. Es ist ja bekannt, welche gewaltigen Erfolge in der chemischen Industrie durch die unmittelbare wissenschaftliche Arbeit der Chemiker erreicht worden sind. Wenn auch unter der Voraussetzung, daß umwälzende physikalisch-technische Erfindungen vorerst nicht eintreten, dem Physiker wahrscheinlich nicht eine gleich hervorragende Rolle beschieden sein wird, so ist es anderseits doch sicher, daß ihm schon gegenwärtig eine bedeutende Rolle zukommt. Diese Rolle hat der Physiker aber noch nicht übernommen; er ist noch nicht in die Betriebe eingedrungen.

Wer trägt die Schuld hieran? Die Technik ist geneigt, die Schuld allein dem Physiker zuzuweisen, der weltfremd sei, nicht das technisch Wesentliche vom Unwesentlichen unterscheiden könne und unfruchtbar theoretisiere. Der Physiker dagegen ist geneigt zu behaupten, daß die Technik nicht fortschrittlich genug gesinnt und unfähig sei, den Wert unmittelbarer physikalischer Mitarbeit zu erkennen. Auch hochstehende Ingenieure mit hoher physikalischer Bildung erklären, mit Physikern aus den angeführten Gründen Mißerfolge gehabt zu haben. Andererseits ist es nach den bisherigen Ausführungen selbstverständlich, daß Mitarbeit von Physikern zum Erfolg führen muß. Da bleibt nur der Schluß übrig, daß in den angeführten Fällen nicht der richtige Mann am richtigen Platze war. Es hat sich hier offenbar um „reine Physiker“ gehandelt, während der „technische Physiker“ an dieser Stelle notwendig war.

Gewiß gibt es zahlreiche Fälle in der Industrie, in denen reine Physiker mit großem Erfolg tätig sein können und auch schon tätig sind. Man denke an die Versuchsanstalten der großen Werke und vor allem an die an sich physikalisch orientierte Industrie, wie Apparatebauanstalten, die optische und Glühlampenindustrie, die Fernmeldetechnik usw. In diesen Industriezweigen findet der reine Physiker heute steigenden Eingang und erobert sich weitgehende Anerkennung.

Im vorliegenden soll es sich aber weniger um diese Industriezweige als um die Eisen schaffende und verarbeitende Großindustrie und verwandte Industriezweige handeln.

Hier würden an den eintretenden Physiker

gewaltige Anforderungen gestellt werden. Wenn der junge Ingenieur eintritt, wird von ihm meist verhältnismäßig wenig verlangt. Als Betriebsingenieur soll er vor allem dafür sorgen, daß der Betrieb sich in gewohnten Bahnen reibungslos abwickelt. Wenn aber der Gewohnheit nicht entsprechend ein Werk einen Physiker, sagen wir einmal, zur Beratung in technisch-wissenschaftlichen Dingen einstellt, so wird von diesem Physiker zweifellos mehr verlangt werden, als von dem Ingenieur. Er kann seine Stellung nur halten und ausbauen, wenn er dem Werk wirtschaftliche Vorteile erarbeitet. Dazu gehört aber unter allen Umständen mehr als bloßes physikalisches und mathematisches Wissen. Er muß unbedingt das Ineinandergreifen der Räder des Produktionsprozesses durchschauen, um an ihm herantretende Fragen sachgemäß bearbeiten zu können und er muß selbständig unmittelbar interessierende Probleme stellen und lösen, um so den Produktionsprozeß, von dem auch er lebt, zu fördern. Aber gerade das Urteil, welches Problem unmittelbar wichtig ist, die Unterscheidung des technisch Wesentlichen vom technisch Unwesentlichen, des unmittelbar Interessierenden und des nicht unmittelbar Interessierenden fällt dem reinen Physiker (freilich auch manchem Ingenieur) schwer. Man geht vielleicht nicht fehl in der Annahme, daß dies der Hauptgrund ist, daß der Physiker heute noch nicht in den Betrieben Fuß gefaßt hat. Im Grunde genommen wird eben von solchen Physikern ein Doppeltes verlangt: Sie müssen gleichzeitig Physiker und Ingenieure sein, d. h. die Eigenschaften der oben gekennzeichneten „wahren technischen Physiker“ haben. Dieser doppelten Fähigkeit und doppelten Arbeit würde dann das Recht zur Führung der technischen Entwicklung gegenüberstehen. Es sei nochmals hervorgehoben, daß solche hochgespannten Ansprüche natürlich nicht für Physiker gelten, die in von vornherein physikalisch orientierte Industriezweige eintreten, wie sie oben erwähnt wurden. Aber auch hier wird eine technische Ader ebenso wenig schaden, wie bei Physikern, die in Versuchsanstalten mit physikalischem Pflichtenkreis tätig sind.

Der Schluß ist, daß also nur „technische Physiker“ ihren Platz im Produktionsprozeß der wichtigsten Industrien ausfüllen können. Hierbei sei erwähnt, daß wohl der Ort der Ausbildung des technischen Physikers, ob auf der technischen Hochschule oder der Universität, nicht entscheidend ist. Entscheidend dürfte viel eher das Interesse an technischen Dingen und der technische Blick sein, wie er wiederholt angedeutet worden ist. Natürlich ist auch eine technische Ausbildung notwendig. Aber diese kann solchen Physikern niemals schwer fallen, da für sie die Technik eine nahezu selbstverständliche und dabei höchst interessante praktische Anwendung von Physik und Mathematik ist. Freilich wird es notwendig sein, daß diese „Nebenausbildung“ nicht erst nach Anstellung auf dem Werk vor sich geht, wenn natür-

lich auch die Hauptsache an technisch-physikalischem Spezialwissen und Können bei der praktischen Tätigkeit erworben wird.

Es entsteht jetzt die Frage, warum gerade die Physiker in dem technischen Unterscheidungsvermögen gegenüber den Ingenieuren benachteiligt sein sollen. Wenn dies der Fall ist, kann es nur am Ausbildungsgang liegen. Man kann nun in der Tat beobachten, daß eine weitgehende theoretische Ausbildung in vielen Fällen eine gewisse Erblindung gegenüber praktischen Aufgaben und eine Hintansetzung des sog. „gesunden Menschenverstandes“ mit sich bringt. Man geht wohl nicht fehl in der Annahme, daß dies daher kommt, daß der junge Student meist einer fertigen Wissenschaft gegenübergestellt und Wert darauf gelegt wird, die Erkenntnisse in möglichst allgemeiner und daher abstrakter Form zu entwickeln, anstatt den historischen Weg zu gehen, der in der Lösung der jeweils naheliegendsten von der Natur gestellten Sonder-

aufgaben und der Überwindung naheliegender und doch zur Erkenntnis führender Irrtümer besteht. Es mag sein, daß dies noch nicht der Hauptgrund der oben genannten „Erblindung“ ist. Was die Technik braucht, ist jedenfalls weniger ein möglichst großes abstraktes physikalisches und mathematisches Wissen als ein wenn auch auf Kosten dieses Wissens stark ausgebildetes physikalisches und (als Werkzeug) mathematisches Können. In den ersten beiden Teilen dieser Erörterung wurde bereits der warme Lebenscharakter der Technik dem kühlen Erkenntnischarakter der Physik gegenübergestellt. Wir können in ähnlicher Weise die angedeuteten Gefahren allzu hoher theoretischer Ausbildung (weil sie auf Kosten anderer Eigenschaften geht) der Ausbildung des physikalischen Könnens gegenüberstellen. Dann gewinnt das GOETHESCHE Wort: „Grau ist alle Theorie, und grün des Lebens goldener Baum“ für die hier behandelten Fragen eine tiefe Bedeutung.

Photochemische Wirkungen des Chlorophylls.

VON KURT NOACK, Erlangen.

I.

Die Erforschung der photosynthetischen Leistung der grünen Pflanzenzelle, die Bildung von organischer Substanz aus Kohlensäure mit Hilfe der Lichtenergie, steht trotz ausgezeichneter Arbeiten noch in den Anfängen. Man glaubte früher, durch Suchen nach Assimilationszwischenprodukten, also Stoffen, die ihrer Oxydationsstufe oder Kohlenstoffzahl nach zwischen der Kohlensäure und den Assimilaten stehen, dem Chemismus der Photosynthese näher zu kommen, ein Verfahren, das bekanntlich bei der Erforschung der Atmung reiche Früchte getragen hat. Jedoch zeigten vor allem die Untersuchungen WILLSTÄTTERS, daß keiner der Stoffe, die aus assimilierenden Pflanzenteilen oder aus künstlichen Modellsystemen gewonnen und als Zwischenprodukte angesprochen worden waren, mit der Assimilation notwendigerweise in unmittelbarem Zusammenhang stehen. Auch die neuesten Ergebnisse dieser Art, auf dem Gebiet der Modellversuche (BALY), sind nicht unwidersprochen geblieben (VORLÄNDER u. a.). So wurde das Assimilationsproblem in andere Bahnen gelenkt, indem zunächst versucht wurde, auf mehr formalem Wege, mittels äußerer Beeinflussung des leicht erfassbaren Assimilationsgaswechsels, der Kohlensäureaufnahme und der Sauerstoffabgabe, zu Schlüssen über das Wesen der Assimilation selbst zu kommen. In dieser Richtung hat O. WARBURG, ausgehend von den photochemischen Grundbegriffen, hervorragende Arbeit geleistet. Dadurch sind wichtige Tatsachen aufgeklärt worden, deren qualitative Charakterisierung jedoch noch aussteht.

Den Ausgangspunkt für eine mehr chemische Behandlung der Assimilation findet der Verfasser in einer Eigenschaft des Chlorophylls gegeben, in

seiner *Fluoreszenz*, die dem Farbstoff, wie STERN nachwies, auch im lebenden Assimilationsapparat, den protoplasmatischen Chloroplasten, zukommt.

Die Grundlage hierfür ist in der bekannten, von TAPPEINER entdeckten, starken Giftwirkung belichteter, fluoreszierender Farbstoffe aus der organischen Reihe gegeben, die von TAPPEINER als photodynamische Wirkung bezeichnet wurde. Nachdem schon von anderer Seite (STRAUB u. a.) bei derartigen Farbstoffen eine photooxydative Wirksamkeit auf oxydierbare Stoffe festgestellt worden war, bewies der Verfasser (1920), daß darin auch die Erklärung der photodynamischen Wirkung auf die lebende Zelle gegeben ist. Er konnte die photodynamische Wirkung von Eosin usw. auf die hochempfindlichen Paramácien durch das ungiftige, neutrale Natriumsulfid vollständig aufheben und durch Mangansalze als Sauerstoffüberträger stark beschleunigen. Wenn es auch noch nicht möglich ist, den Zusammenhang zwischen Fluoreszenz und Sauerstoffaktivierung bei Lichtabsorption näher zu bestimmen, so ergibt sich hieraus doch die Folgerung, diese Beziehung auch beim Chlorophyll aufzusuchen.

Es erhebt sich daher zunächst die Frage: Besitzt das Chlorophyll sowohl in vitro als in der lebenden Zelle bei Lichteinstrahlung sauerstoffaktivierende Eigenschaften, die mit seiner Fluoreszenz zusammenhängen. Diese Frage konnte der Verfasser (1925) bejahend beantworten, wie im folgenden gezeigt wird. (Neuerdings hat auch GAFFRON im Institut O. WARBURGS eine Untersuchung der Photooxydation durch fluoreszierende Farbstoffe in Angriff genommen; vgl. seine Zusage an diese Zeitschr. 1925, S. 860 und O. WARBURG, ebenda, S. 988.) Offen bleibt dagegen noch die Hauptfrage, in welcher Weise diese Photoaktivierung des Sauerstoffs in den Assimilations-

prozeß, der ja im ganzen einen Reduktionsvorgang darstellt, einzubeziehen ist, eine Angelegenheit, die weiter unten, wenigstens theoretisch, behandelt werden soll.

Die Fragestellung erforderte Nachweis und Studium photooxydativer Eigenschaften des Chlorophylls unter Verwendung von Sauerstoffacceptoren, die eine möglichst enge Annäherung an die natürlichen Verhältnisse erlaubten.

Benzidin als Acceptor.

Als geeignetster Acceptor hat sich das Benzidin erwiesen, wobei zunächst das noch nicht bekannte Verhalten des Benzidins gegen belichtete, fluoreszierende organische Farbstoffe an Modellversuchen mit Eosinnatrium untersucht werden mußte.

Wird eine gesättigte, wässrige (0,04proz.) Benzidinlösung in Gegenwart einer Eosinmenge von 1 : 30 000 stark belichtet, so bräunt sich die Lösung allmählich; bei Zusatz von z. B. 0,03% Manganochlorid oder -sulfat tritt in wenigen Minuten eine dunkelviolettblaune Färbung mit darauffolgender starker Ausfällung violetter Flocken auf. Mangansalze allein sind ohne Wirkung; ebenso wenig werden im Dunkeln irgendwelche Reaktionen erhalten. Es findet also mit Hilfe des Eosins eine photooxydative Einwirkung auf das Benzidin statt, die zu einer über das Benzidinblau hinausgehenden Oxydationsstufe führt; vermutlich handelt es sich hierbei um Stoffe nach Art des Diphenochinondiimins (MADELUNG). Es gelingt jedoch, auch die Benzidinblaustufe unter gleichzeitiger Beschleunigung der Photooxydationsreaktion zu erhalten, wenn dem System Eosin-Benzidin-Mangansalz ca. 6–10% beliebiges Halogensalz zugesetzt wird; unter diesen Umständen tritt bei starker Sonnenbelichtung beinahe blitzartig eine reichliche Ausfällung von Benzidinblau auf, das nach weiterer Belichtung allmählich in das obengenannte violette Oxydationsprodukt übergeht. Ohne Eosin tritt bei den angewandten Halogensalzmengen keine Benzidinoxidation auf.

Die in diesen Modellversuchen mit Mangansalzen erreichte Beschleunigung der Photoreaktion kann auch mit Ferro- und Kupfersalzen bewirkt werden, wie der Verfasser neuerdings nachweisen konnte¹⁾, nachdem er früher mit diesen Salzen infolge Überdosierung keine einheitlichen Ergebnisse erhalten hatte. Während nämlich bei den angewandten Mangansalzen mehr oder weniger Proportionalität zwischen katalytischer Wirkung und Salzmenge, z. B. mit einer unteren wirksamen Grenzdosis von $\frac{1}{600}$ Mol. pro Liter (beim Manganochlorid) in Gegenwart von 6–8% Magnesiumchlorid besteht und beliebig größere Mangansalzmengen stärkere Reaktion ergeben, liegt der Fall bei den Ferrosalzen so, daß nur ganz geringe Mengen, die weit unter der wirksamen Grenzdosis der Mangansalze liegen, in Gegenwart von Magnesiumchlorid starke Benzidinblaubildung zur Folge

haben und daß größere Eisenmengen *hemmend* wirken. Es sei folgender Versuch geschildert: Je 13 Reagensgläser enthielten 5 ccm wässrige Benzidinlösung mit 7% Magnesiumchlorid und Eosin 1 : 30 000, außerdem Ferroammonsulfat bzw. Ferroacetat in absteigenden Mengen von $\frac{1}{500}$ bis $\frac{1}{1\,000\,000}$ Mol. Eisen pro Liter und wurden mit einer 2000-Wattlampe belichtet. In den Gemischen mit $\frac{1}{500}$ bis $\frac{1}{2000}$ Mol. Eisen trat nur allmähliche Trübung durch Eisenabscheidung ein, während in den Gemischen mit $\frac{1}{16\,000}$ und $\frac{1}{32\,000}$ Mol. fast sofort Benzidinblaubildung auftrat. Nach 5 Minuten zeigten beide Reihen folgendes Bild: schwache Blaubildung bei $\frac{1}{4000}$ Mol. ansteigend bis $\frac{1}{32\,000}$ Mol. mit reichlicher Blaubildung in $\frac{1}{16\,000}$ und $\frac{1}{32\,000}$ Mol., abfallende Reaktion bis $\frac{1}{128\,000}$ Mol.; die noch geringeren Eisenmengen ergaben innerhalb der genannten Zeit dieselbe schwache Blaubildung wie die eisenfreie Kontrolle. Ferroammonsulfat ergab im ganzen etwas reichlichere Blaubildung als Ferrolactat.

Vor kurzem beschrieb BAUDISCH in dieser Zeitschr. eine sauerstoffübertragende Eisencarbonatverbindung, die er durch Überleiten von Kohlensäure über Eisenpulver in Wasser erhalten hat. Auch diese Verbindung wurde herangezogen und wirkte in dem hier untersuchten photochemischen System der Größenordnung nach analog den obigen Befunden.

An Stelle von Mangan- oder Eisensalzen wurde auch Kupfersulfat mit Erfolg verwandt: Kupfersulfat gab in Gegenwart von 6–8% Magnesiumchlorid ohne weiteres Benzidinblaubildung als Dunkelreaktion, und zwar herab bis zu einer Kupfermenge von ca. $\frac{1}{400\,000}$ Mol. Kupfer pro Liter. Kleinere Mengen ergaben keine Dunkelreaktion, jedoch ließ sich mit solchen nach Eosinzusatz und Belichtung Benzidinblaubildung bis herab zu $\frac{1}{400\,000\,000}$ Mol. Kupfer pro Liter erzielen.

Interessanterweise fanden TOMASCHKE und TIEDE bei den Zinksulfid- und Erdalkaliphosphoren in der Aktivierung der Phosphoreszenz durch Mangan, Eisen, Kupfer ähnliche Unterschiede, wie sie hier für die Beschleunigung der photooxydativen Wirkung der fluoreszierenden Farbstoffe festgestellt wurden, eine Parallele, auf die der Verfasser durch die Herren POHL und GUDDEN-Göttingen hingewiesen wurde.

Inwieweit die dargestellten Ergebnisse Bedeutung für die Kohlensäureassimilation besitzen, ist Aufgabe weiterer Untersuchung. Bemerkenswert ist, daß in einer quantitativen Beziehung Übereinstimmung zwischen Assimilation im lebenden Chloroplasten und Photooxydation *in vitro* besteht: O. WARBURG fand (1919), daß die von Chlorella geleistete Assimilationsarbeit in intermittierender, starker Belichtung mit kurzen Perioden so groß ist, als ob die Algen während derselben Zeit mit gleicher Lichtstärke kontinuierlich belichtet worden wären. Er erklärt dies damit, daß

¹⁾ Noch nicht veröffentlicht.

in einer kurzen Lichtperiode großer Intensität ein Überschuß an photochemischem Primärprodukt gebildet wird, der in der darauffolgenden, ebenfalls kurzen Dunkelperiode zum quantitativ normalen Ablauf der freiwillig verlaufenden Dunkelreaktion hinreicht. Zur Prüfung, ob diese Erscheinung am Modellversuch erzielbar ist, wurde das vom Verfasser früher (1920) untersuchte System Eosin-Natriumsulfit verwandt. Es zeigte sich u. a., daß ganz analog den Ergebnissen O. WARBURGS die Photooxydation des Sulfits zum Sulfat durch intermittierend belichtetes Eosin bei Hell- und Dunkelperioden von $\frac{1}{200}$ Sek. dieselbe Größe erreichte wie durch kontinuierlich belichtetes Eosin während gleichgroßer Versuchsdauer. Diese Parallele muß noch weiter untersucht werden.

Zunächst handelte es sich darum, den beschriebenen Versuchen eine Form zu geben, die eine Einbeziehung des *Chlorophylls* ermöglichte. Bekanntlich fluoresciert das Chlorophyll nur in organischen Lösungsmitteln, in denen es im Gegensatz zur wässrigen Lösung molekulardispers gelöst ist. Es wurde daher die photooxydative Wirkung des Eosins auf Benzidin in alkoholischen usw. Lösungen untersucht mit dem Ergebnis, daß in diesem Fall stets die mit braunroter Farbe gelösten höheren Oxydationsstufen des Benzidins auftraten. Der Zusatz von Mangan- oder Eisensalz hatte auch hier deutliche Beschleunigung der Reaktion zur Folge, ohne daß jedoch beim Eisen Reaktionshemmung bei höherer Konzentration aufgetreten wäre. Versuche mit Methylenblau statt Eosin ergaben im Prinzip dieselben Ergebnisse.

Auf dieser Grundlage konnte nun die photooxydative Wirkung des *Chlorophylls*, das teils in chemisch reinen Präparaten, teils als Rohprodukt verwandt wurde, untersucht werden. Sämtliche fluoreszierenden Chlorophyllfarbstoffe, auch das künstlich hergestellte Methyl- und Äthylchlorophyllid, bewirkten in Mengen von z. B. 1 : 500 000 die Photooxydation des in Methylalkohol gelösten Benzidins zur höheren Oxydationsstufe so, daß die Lösungen nach halbstündiger Belichtung stark braunrot gefärbt waren. Auch hier hatte Zusatz von Ferrosalzen deutliche Reaktionsbeschleunigung zur Folge.

Andererseits wurde mit dem auch in organischen Lösungsmitteln nicht fluoreszierenden Kupferchlorophyll, d. h. dem natürlichen Farbstoff, dessen Magnesiumatom durch Kupfer ersetzt ist, keine Photooxydation des Benzidins erhalten, ebenso wenig mit gewöhnlichem Chlorophyll in wässriger Lösung, in der der Farbstoff kolloidal gelöst ist und nicht fluoresciert.

Somit ist die photooxydative Wirksamkeit der Chlorophyllfarbstoffe mit ihrer Fluoreszenz in einer noch undurchsichtigen Weise zwangsläufig verbunden, und es war weiterhin zu untersuchen, ob dem Chlorophyll diese photochemische Eigenschaft auch am Ort seines natürlichen Vorkommens, im Chloroplasten, zukommt.

Zu diesem Zweck wurden teils durch Abbrühen getötete, teils frische Blätter, vornehmlich von zarten Wasserpflanzen, in wässriger Benzidinlösung belichtet. Nach 4 Stunden waren die Chloroplasten, und zwar nur diese, tief braun gefärbt, während die Dunkelkontrollen ihre grüne Farbe tagelang beibehielten. Der braune Farbstoff konnte vom Chlorophyll abgetrennt und aus Äther in verdünnte Salzsäure mit violetter Farbe überführt werden, eine Reaktion, die mit dem durch belichtetes Eosin erhaltenen Benzidinoxidationsprodukt in derselben Weise erzielt wurde. Wichtig ist, daß der Chlorophyllgehalt bei Benzidingegenwart durch die Belichtung nicht wesentlich vermindert wurde, wie es bei den benzidinfreien Kontrollen der Fall war. Blätter, deren Chlorophyll durch kurzes Kochen in Kupfersulfatlösung in das nichtfluoreszierende Kupferchlorophyll umgewandelt worden war, ergaben keine Benzidin-Photooxydation, ebenso wenig die chlorophyllfreien Teile weißpanaschierter Blätter.

Hieraus ergibt sich, daß dem Chlorophyll auch im Chloroplasten photooxydative Wirksamkeit zukommt, wenigstens soweit es sich um tote oder durch die Behandlung mit dem nicht unschädlichen Benzidin alterierte Chloroplasten handelt. Es war nun weiterhin die Frage zu erledigen, ob eine Photooxydation unter Ausschluß zellfremder Sauerstoffacceptoren nachweisbar ist.

Das Chlorophyll selbst als Acceptor.

a) In abgetöteten Blättern.

Bekanntlich bleicht Chlorophyll in organischen Lösungsmitteln, in denen es, wie erwähnt, fluoresciert, ebenso in toten Blättern bei Belichtung rasch aus, während wässrige, nichtfluoreszierende Chlorophyllösungen ungleich lichtbeständiger sind. Daß es sich hierbei um Oxydationsvorgänge handelt, konnte der Verfasser daran zeigen, daß tote grüne Zellen, die in starkem Licht in wenigen Minuten ausbleichten, durch Zusatz von etwas neutralem Natriumsulfit in derselben Belichtung viele Stunden lang normal grün erhalten werden konnten. Bei dieser Photooxydation dient also das Chlorophyll selbst als Acceptor, und zwar so, daß seine photooxydative Energie auf Natriumsulfit unter Erhaltung des Farbstoffs abgelenkt werden kann. In diesem Sinne ist natürlich auch das oben erwähnte Erhaltenbleiben des Chlorophylls bei der Chloroplastenbelichtung in Gegenwart von Benzidin zu erklären.

Zur quantitativen Untersuchung dieser Verhältnisse wurde das durch Abbrühen abgetötete Wassermoose *Fontinalis* verwandt, das fast ausschließlich aus grünen Blättern besteht. Die Photooxydation wurde nach dem Sauerstoffverbrauch auf Grund der WINKLER-ROMJINSchen Titrationmethode bestimmt. Während im Dunkeln der Sauerstoffverbrauch innerhalb 12 Stunden gleich null war, zeigten stark belichtete Sprosse bei 10° einen beträchtlichen Sauerstoffverbrauch, der bei konstanter Lichtintensität in linearer Proportion

zu der vorhandenen Sauerstoffmenge stand (Fig. 1). Die Untersuchungszeiten waren so gewählt, daß noch keine sichtbare Ausbleichung des Chlorophylls eingetreten war. Es ergab sich dabei eine weitgehende Übereinstimmung mit einer von LASAREFF ausgeführten Bestimmung der Ausbleichgeschwindigkeit einiger lichtempfindlichen Farbstoffe (Fig. 2), wobei besonders auffällt, daß in beiden Fällen die Rückverlängerung der Geraden nicht durch den Nullpunkt geht.

Ferner wurde die stöchiometrische Beziehung zwischen dem nach WILLSTÄTTER bestimmten Farbstoffgehalt und der Sauerstoffaufnahme unter-

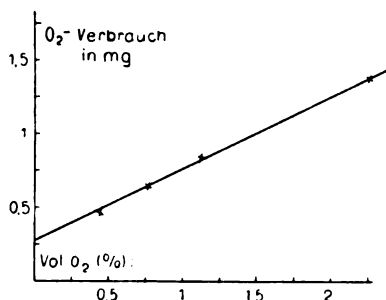


Fig. 1. Sauerstoffverbrauch toter Fontinalisblätter im Licht pro Gramm Trockengewicht in 1 Stunde.

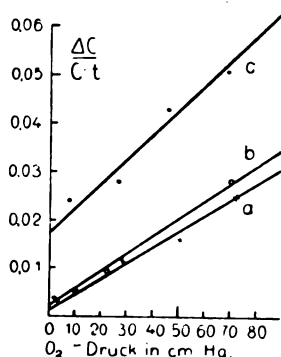


Fig. 2. Nach LASAREFF, Zeitschr. f. physikal. Chem. 78, 657. 1912: a) Pinachrom, b) Cyanin, c) Lepidocyanin. C = Konzentration. ΔC = Konz.-Erniedrigung d. Farbstoffes. t = Zeit in Minuten.

sucht, wobei die Carotinoide, die wie späterhin gezeigt wird, in die Oxydation mit hineingerissen werden, mit einbezogen werden mußten. Es ergab sich hierbei wenigstens so viel, daß die Ausbleichung des Chlorophylls keine vollständige Oxydation zu Kohlensäure, Ammoniak, Wasser und Magnesiumoxyd darstellen kann.

Die Beziehung der Photooxydationsgröße im toten Blatt zu der Assimilationsgröße des lebenden Blattes ergab sich aus folgendem: Mit einheitlichem Fontinalismaterial wurde bei gleicher Lichtintensität an einer lebenden Hälfte die Assimilationsgröße bei optimaler Kohlensäureversorgung, an der anderen, abgetöteten, die Photooxydationsgröße in kurzem, noch nicht zur Ausbleichung führendem Zeitintervall untersucht.

Es ergab sich, daß das Verhältnis zwischen Kohlensäurebedarf zur Assimilation und Sauerstoffbedarf zur Photooxydation wie 1,18 : 1 war, wenn für die Photooxydationsgröße der aus Fig. 1 berechenbare Sauerstoffabsorptionswert für diejenige Sauerstoffkonzentration eingesetzt wurde, die der für die Assimilation optimalen Kohlensäurekonzentration stöchiometrisch entsprach. In Anbetracht der Tragweite dieses Befundes für die Theorie der Assimilation sind diese Verhältnisse noch genauer zu prüfen.

Orientierende Weise wurden auch die Blätter von Landpflanzen untersucht, bei denen ebenfalls eine beträchtliche, auf die Photooxydation des Chlorophylls zurückzuführende Sauerstoffaufnahme festgestellt werden konnte.

b) In lebenden Blättern.

Es fragt sich nun, inwieweit die photooxydative Wirkung des Chlorophylls in lebenden Blättern zum Ausdruck kommen kann. Die Überlegung war folgende: Ungeachtet der noch nicht näher bekannten Einzelprozesse bei der Kohlensäureassimilation ist die zu reduzierende Kohlensäure als Endacceptor des ganzen, mit einer Photoreaktion beginnenden Vorganges zu betrachten. Wenn also bei Erhaltung der Vitalität der grünen Zelle dieser Endacceptor ausgeschaltet wird und das Chlorophyll auch in der lebenden Zelle photooxydative Wirkung hat, muß ein anderer Acceptor an die Stelle der Kohlensäure treten. In Anbetracht der eingangs erwähnten photodynamischen Wirkung der fluoreszierenden organischen Farbstoffe ist zu vermuten, daß bei Kohlensäureentzug und fortdauernder Belichtung das Protoplasma als Acceptor auftritt und durch das Chlorophyll von innenher genau so geschädigt wird, wie es bei Darbietung fluoreszierender Farbstoffe von außenher der Fall ist. Da jedoch die zu einer photodynamischen Schädigung nötige aktivierte Sauerstoffmenge außerordentlich gering ist, muß mit einem Überschuß aktivierten Sauerstoffs gerechnet werden, der seinen Acceptor gemäß den im vorigen Abschnitt dargestellten Befunden in den Chloroplastenfarbstoffen selbst finden wird, zumal diese eine beträchtliche Sauerstoffavidität besitzen. Schon JOSE (1895) führt das Absterben grüner belichteter Pflanzen in kohlensäurefreier Atmosphäre vermutungsweise auf Vergiftung durch das Chlorophyll zurück. Außerdem war anzunehmen, daß Assimulationshemmung auf anderem Wege als durch Kohlensäureentzug dieselben Erscheinungen zur Folge hat, solange eine Lichteinstrahlung in die grüne Zelle stattfindet.

Um die Folgen einer Assimulationshemmung näher präzisieren zu können, wurde der Sauerstoffwechsel von Fontinalis an Sprossen untersucht, die teils in kohlensäurefreiem Wasser, teils in kohlensäurehaltigem unter Zusatz von Phenylurethan gehalten wurden. Die Versuche mit Phenylurethan ergaben raschere Resultate, da

dieser Stoff, wie O. WARBURG fand, die Assimilation hemmt, während in den Versuchen in kohlensäurefreiem Wasser immer noch eine gewisse Assimilationstätigkeit infolge Verarbeitung der Atmungskohlensäure vorhanden war.

In Versuchen mit 0,01proz. Phenylurethan bei 10° ergab sich folgendes: Die Dunkelkontrollen hatten innerhalb der 160stündigen Versuchsdauer ihre Atmungstätigkeit allmählich um 42% verringert, waren jedoch *lebend und frisch grün* geblieben und zeigten, nach dieser Zeit belichtet, noch geringe Assimilationstätigkeit. Die belichteten Pflanzen dagegen zeigten bis zur 84. Stunde nicht nur Assimilationshemmung, sondern auch eine starke Abnahme der Atmung, um 74%. Von diesem Zeitpunkt an konnte *Absterben und Ausbleichen* der Sprosse festgestellt werden, was sich gleichzeitig in einer bis zum Ende des Versuchs anhaltenden Zunahme des Sauerstoffverbrauchs für die Photooxydation ausdrückte; nach 160 Stunden waren, im Gegensatz zu den Dunkelkontrollen, die meisten Blätter ausgebleicht und abgestorben.

In diesem Befund darf der Beweis dafür gesehen werden, daß auch im lebenden Chloroplasten das Chlorophyll photooxydative Wirkung entfalten kann.

Dadurch war Veranlassung gegeben, die Wirkung eines Stoffes zu untersuchen, der besonders belichteten grünen Pflanzen in einer trotz zahlreichen Untersuchungen nicht geklärten Weise schädlich ist, der *schwefligen Säure*, die bekanntlich die Hauptursache der Rauchgasschädigung in der Vegetation darstellt. Teils durch geringste Dosierung, teils dadurch, daß die Behandlung mit schwefliger Säure im Dunkeln vorgenommen wurde und die Pflanzen dann nach gründlichem Auswaschen auf ihren Sauerstoffwechsel untersucht wurden, gelang es, Schädigungen allgemeiner Art zu vermeiden und zu zeigen, daß die schweflige Säure eine Assimilationshemmung bewirkt, die zu denselben Folgen wie die Behandlung mit Phenylurethan führt, obwohl der Angriffspunkt beider Stoffe verschieden sein muß:

Fontinalissprosse wurden im Dunkeln 24 Stunden lang in einer Lösung von 0,0005proz. Natriumbisulfit gehalten und nach 5stündigem Auswaschen teils im Licht, teils im Dunkeln auf ihren Sauerstoffwechsel geprüft. Die Dunkelkontrollen zeigten im Laufe von 96 Stunden eine Abnahme der Atmungstätigkeit um 47%, waren jedoch vollständig am Leben und normal grün geblieben und zeigten nach darauffolgender Belichtung nicht unerhebliche Assimilationstätigkeit. Die belichteten Partien zeigten dagegen dieselben Erscheinungen wie die mit Phenylurethan behandelten Pflanzen, d. h. Assimilationssistierung und allmählichen Atmungsabfall; von der 75. Stunde an trat Anstieg des Sauerstoffverbrauchs ein, zugleich mit dem Absterben und Ausbleichen der Blätter.

Dieser Versuch ergibt also einmal eine Erweiterung der mit Kohlensäureentzug oder Phenyl-

urethanbehandlung erhaltenen Befunde in dem Sinne, daß *unabhängig von der Art der Assimilationssistierung die von ihrem normalen Endacceptor, der Kohlensäure, abgelenkte photochemische Energie des Chlorophylls eine photooxydative Wirkung auf das Protoplasma und die Chloroplastenfarbstoffe selbst ausübt. Zum zweiten ist dadurch die gegenüber belichteten grünen Pflanzen besonders hohe Giftigkeit der schwefligen Säure in dem Sinne erklärt, daß die Ursache des Absterbens und Ausbleichens keine direkte Wirkung der schwefligen Säure, sondern eine Folgeerscheinung der durch diese bewirkten Assimilationshemmung darstellt.*

c) Theoretisches.

Wenn somit festgestellt ist, daß dem Chlorophyll photooxydative Wirkung in der lebenden Zelle zukommen kann, so ist damit noch nicht gesagt, daß die zu diesem Befund führenden Beeinflussungen der lebenden Zelle die physiologische Herauslösung eines im normalen Ablauf der Assimilation auftretenden Prozesses darstellen. Möglich ist, daß die Sauerstoffaktivierung erst eine Folgeerscheinung der Assimilationshemmung ist und nur eine nicht greifbare vorhergehende Reaktion als zum Assimilationsprozeß gehörig betrachtet werden darf. Auf alle Fälle liegt es nahe, an eine Wasserstoffaktivierung als erstes Resultat der Photoreaktion zu denken. Es muß bedacht werden, daß HNR. WIELAND die Sauerstoffaktivierung durch Kupfer in zwei Prozesse zerlegen konnte, in eine Wasserstoffaktivierung und in Anlagerung des aktivierten Wasserstoffs an molekularen Sauerstoff unter Bildung von Wasserstoffperoxyd derart, daß diese zweite Reaktion bei Abwesenheit von Sauerstoff und Gegenwart von Chinon die Hydrierung des Chinons zur Folge hat. Auf die Assimilation übertragen, würde dies bedeuten, daß das photochemische Primärprodukt in aktiviertem Wasserstoff zu suchen wäre, der nur bei Ausfall der Kohlensäureverarbeitung sich an Sauerstoff unter Peroxydbildung anlagert. Für diese Möglichkeit kann die vom Verfasser (1922) festgestellte Tatsache herangezogen werden, daß die Rotfärbung der Blätter, soweit sie nur in bestimmten Jahreszeiten oder nach äußerer Beeinflussung auftritt, eine durch Assimilationshemmung bedingte Hydrierung von Flavonolen zu Anthocyanen darstellt. Andererseits ist mit der Annahme einer Wasserstoffaktivierung schwer zu vereinigen, daß der bei Chlorophyllbelichtung auftretende peroxydische Sauerstoff höchstens zu einem geringen Teil mit Wasserstoffperoxyd identisch sein kann, da er in seiner Wirkung dieses stark übertrifft, wie schon aus der Feststellung des Verfassers hervorgeht, daß das Chlorophyll gegen Wasserstoffperoxyd widerstandsfähig ist, obwohl seine Photooxydation mit großer Geschwindigkeit verläuft.

Wenn somit über diese Fragen noch nichts ausgesagt werden kann, so weisen die Befunde des Verfassers des weiteren auf die Beteiligung von

Schwermetallsalzen an der Assimilation hin, einmal weil in den Versuchen *in vitro* eine starke Beschleunigung der Photooxydation mit dem auch in den Chloroplasten nachgewiesenen Eisen (MOORE) wie auch mit Mangan erzielt wurde, zum zweiten, weil die Assimilationshemmung durch schweflige Säure vorbehaltlich weiterer Untersuchung auf Hemmung einer Schwermetallkatalyse zurückzuführen sein wird. Für die letzte Annahme spricht jedenfalls die Tatsache, daß die beschleunigende Wirkung von $\frac{1}{20\,000}$ Mol. Ferroammonsulfat auf die Benzidinoxydation mittels belichteten Eosins durch $\frac{1}{800}$ Mol. Natriumbisulfit vollständig, durch $\frac{1}{1600}$ bis $\frac{1}{12\,800}$ Mol teilweise gehemmt werden kann¹⁾. Eine Beteiligung der Schwermetalle an der Assimilation wird auch durch die Versuche O. WARBURGS wahrscheinlich.

Über den Zusammenhang zwischen Fluoreszenz und photochemischer Wirksamkeit, der aus den obigen Befunden mit aller Deutlichkeit hervorgeht, kann derzeit wenig ausgesagt werden. Bei der Chemilumineszenz liegt nach KAUSKY und ZOCHER der Fall so, daß nicht das chemisch reagierende Molekül leuchtet, sondern ein zweites, unzersetztes, das durch die bei der chemischen Reaktion freiwerdende Energie zur Lichtemission angeregt wird. In dieser Richtung dürfte auch die Erklärung für den Zusammenhang zwischen Fluoreszenz und photochemischer Wirkung bei den organischen Farbstoffen zu suchen sein.

II.

In Anbetracht der hohen inneren Differenzierung des Chloroplasten und der vielgestaltigen Struktur des Chlorophyllmoleküls wäre es verfehlt, das Assimilationsproblem nur von einer Seite ansehen zu wollen, sondern es muß jede einzelne greifbare Eigenschaft des Assimilationsapparates ins Auge gefaßt werden.

So ist z. B. noch keine funktionelle Erklärung für die Tatsache gegeben, daß im Chloroplasten zwei Farbstoffpaare vorkommen, deren Glieder sich untereinander nach WILLSTÄTTER in der Oxydationsstufe unterscheiden: Chlorophyll a zusammen mit Chlorophyll b

$[\text{MgN}_4\text{C}_{32}\text{H}_{30}\text{O}]\text{CO}_2\text{CH}_3 \cdot \text{CO}_2\text{C}_{20}\text{H}_{39}$
bzw. $[\text{MgN}_4\text{C}_{32}\text{H}_{28}\text{O}_2]\text{CO}_2\text{CH}_3 \cdot \text{CO}_2\text{C}_{20}\text{H}_{29}$.
Carotin mit Xanthophyll ($\text{C}_{40}\text{H}_{56}$ bzw. $\text{C}_{40}\text{H}_{56}\text{O}_2$).

Diesen Punkt hat schon WILLSTÄTTER ins Auge gefaßt, konnte jedoch keine wesentliche Abänderung des gegenseitigen Mengenverhältnisses der einzelnen Farbstoffe bei verschiedener Inanspruchnahme des Assimilationsapparates feststellen. Da der Verfasser früher (1918) unter den Verhältnissen der postmortalen Autolyse bei verschiedenen Pflanzen reichliche Hydrierung von Flavonolen zu Anthocyanen erreicht hatte, versuchte er, auf diesem Wege zur Änderung des Mengenverhältnisses der vier Chloroplastenfarbstoffe zu kommen. Die Untersuchung wurde an Blättern von Platane,

Brennessel, Selaginella u. a. in allen Entwicklungsstadien, auch im Herbst, vorgenommen und unter Variieren der P_H -Verhältnisse teils unter Sauerstoffausschluß, teils bei Sauerstoffgegenwart mit einer zwischen 8 Tagen und 10 Wochen liegenden Versuchsdauer im Dunkeln durchgeführt. In keinem Falle konnte bis jetzt eine wesentliche Alteration des Mengenverhältnisses der vier Farbstoffe erzielt werden.

Andererseits zeigte sich bei Belichtungsversuchen *in vitro*, daß die Carotinoide als Acceptor für die photooxydative Energie des Chlorophylls dienen können: Carotin- und Xanthophyllösungen wurden durch Chlorophyllmengen von 1 : 100 000 in starkem Sonnenlicht in ca. $\frac{3}{4}$ Stunden völlig ausgebleicht, während sie ohne Chlorophyllzusatz nach 6stündiger Belichtung nur unwesentlich aufgehellt waren. Ob diese Versuche die natürlichen Verhältnisse berühren, soll dahingestellt bleiben. Immerhin kann die Vermutung Platz greifen, daß in den Carotinoiden Oxydationspuffer gegeben sind, denen die Abfangung der photochemischen Energie des Chlorophylls bei Störung des normalen Gleichgewichts der Außenfaktoren, d. h. bei etwaigem Lichtüberfluß gegenüber der verfügbaren Kohlenensäuremenge, zufällt.

Einige weitere Untersuchungen bezogen sich auf den Zustand des Chlorophylls im lebenden Chloroplasten. STERN glaubt auf Grund der auch im lebenden Blatt vorhandenen Fluoreszenz des Chlorophylls eine Lösung des Farbstoffs in den Chloroplastenlipoiden annehmen zu müssen. Demgegenüber hält WILLSTÄTTER (1922) seinen früheren Standpunkt, Adsorption des Chlorophylls an andere hochmolekulare Stoffe, aufrecht. Dafür sprechen auch folgende Versuche des Verfassers: 24stündige Extraktion trockener Blätter mit Petroläther hatte die Herauslösung der Carotinoide und von Lipoiden zur Folge, ohne daß Chlorophyll mit extrahiert worden wäre. Derart behandelte Blätter zeigten Benzidin-Photooxydation, Ausbleichung und Sauerstoffverbrauch im Licht wie nicht-extrahierter Blätter. Vorbehaltlich weiterer Prüfung legt auch dieser Befund den Gedanken nahe, daß nur die Carotinoide im Chloroplasten lipoid gelöst sind und die Chlorophyllfarbstoffe sich in adsorptiver Bindung an Teilen des Chloroplastenstromas befinden.

Die mitgeteilten Untersuchungen ergeben alles andere als eine Erklärung der Kohlenassimilation der grünen Pflanze, liefern jedoch Unterlagen, die das Problem der Lösung näherführen können.

Literatur:

- BALY, E. CH. C., J. M. HEILBRON und W. F. BARKER, Journ. of the Americ. chem. soc. **119**, 1025. 1921.
BAUDISCH, O., und L. A. WELO, Naturwissenschaften **13**, 749. 1925.
JOST, L., Jahrb. f. wiss. Botanik **27**, 403. 1895.
KAUSKY und ZOCHER, Zeitschr. f. Elektrochem. **29**, 308. 1923.

¹⁾ Aus noch im Gang befindlichen Untersuchungen.

MADLUNG, W., Ber. d. dtsh. chem. Ges. **44**, 626. 1911.
MOORE, B., Proc. of the roy. soc. of London, Ser. B. **87**,
556. 1914.
NOACK, K., Zeitschr. f. Botanik **10**, 561. 1918; **12**, 273.
1920; **14**, 1. 1922; **17**, 481. 1925.
STERN, O., Zeitschr. f. Botanik **13**, 193. 1921.
STRAUB, W., Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmakol. **51**,
383. 1904.
TIEDE, E., und H. REINICKE, Ber. d. dtsh. chem. Ges.
56, 666. 1923.

TOMASCHEK, R., Ann. d. Physik **4**. Folge, **65**, 189.
1921.
VORLÄNDER, D., Ber. d. dtsh. chem. Ges. **58**, 2656.
1925.
WILLSTÄTTER, R., und A. STOLL, Untersuchungen über
die Assimilation der Kohlensäure. Berlin 1918.
WILLSTÄTTER, R., Ber. d. dtsh. chem. Ges. **55**, 6301.
1922.
WARBURG, O., Biochem. Zeitschr. **100**, 230. 1919; **103**,
188. 1920; Naturwissenschaften **13**, 985. 1925.

Besprechungen.

EITEL, W., Über die Synthese der Feldspatvertreter.
Bd. 52 der Preisschriften, gekrönt und heraus-
gegeben von der Fürstlich Jablonowskischen Gesell-
schaft zu Leipzig. Leipzig: Akademische Verlags-
gesellschaft G. m. b. H. 1925. VIII, 258 S., 50 Figuren
im Text und 4 Tafeln. 20 × 29 cm. Preis RM. 25.—.

Zum Zeichen seiner Verehrung für die deutsche
Wissenschaft gründete der deutsche Reichsfürst JO-
SEPH ALEXANDER JABLONOWSKI, Angehöriger eines
polnischen Adelsgeschlechtes, 1774 in Leipzig, wo er
sich niedergelassen hatte und rege Beziehungen mit
gelehrten Kreisen unterhielt, die Fürstlich Jablonowski-
sche Gesellschaft. Sie tritt alter Satzung gemäß all-
jährlich am Geburtstage des Stifters zusammen, um
seiner als Förderer der Wissenschaft zu gedenken,
Aufgaben zu stellen und für deren eingereichte, würdig
befundene Lösungen Preise zu verleihen. Dabei sind
nicht selten naturwissenschaftliche, insbesondere auch
mineralogische Probleme in den Vordergrund getreten,
so in der bedeutsamen Studie von R. BRAUNS über die
optischen Anomalien der Krystalle und in der aus-
gezeichneten Preisschrift von P. NIGGLI über die leicht-
flüchtigen Bestandteile im Magma.

Die hier in Kürze zu besprechende Arbeit von
W. EITEL betrifft die Darstellung und natürliche Ent-
stehung basischer Aluminosilikate der Alkalien und
des Calciums, die sich zum Teil durch Gehalt an Kohlen-
stoff, Schwefel, Chlor usw. auszeichnen, also ersichtlich
zur Komplexbildung besonders geeignet sind. Damit
führt die Erörterung auch zur näheren Erkenntnis ein-
schlägiger verwickelter Verbindungen, die sich gern in
den Endlaugen der Magmenesterstarung anreichern.
Liegt also in erster Linie eine minero- und petrogene-
tische Aufgabe vor, so wird sie durch die Eigenart der
Feldspatvertreter zu einer Studie von allgemeiner kry-
stallographisch-chemischer Bedeutung, die in die „ge-
heimnisvolle Welt der koordinativen Bindungen“ ein-
dringt. Der Verf. hat in seiner stattlichen Monographie
nicht, wie er sich ausdrückt, einen „schüchternen Ver-
such“ zur Lösung einschlägiger Aufgaben unternommen,
sondern ein auf bester theoretischer Grundlage und auf
reichen experimentellen Erfahrungen aufgebautes Mei-
sterwerk ausgeführt.

Die Darlegungen gliedern sich in folgende Ab-
schnitte:

1. Die qualitativen Synthesen der älteren Schule
hinsichtlich einfacher und komplexer Feldspatvertreter.
2. Die physikalisch-chemische Erforschung der
Feldspatvertreter und ihrer Bildungsbedingungen.
3. Neue Versuche zur Synthese der Feldspat-
vertreter. Hier werden die Systeme $\text{Na}_2\text{CO}_3\text{—CaCO}_3\text{—}$
Nephelin-Anorthit behandelt und die insbesondere von
W. EITEL gewonnenen Erfahrungen über die Isothermen
und Krystallisationsbahnen der Systeme diagramma-
tisch zusammengefaßt, soweit es die experimentell
ungemein schwierigen Verhältnisse gestatten.

In einem Anhang sind insbesondere die durch die
Untersuchungen von W. C. BRÖGGER berühmt gewor-
denen Nephelin-Cancrinitgesteine des Fengebietes noch
behandelt.

Es ist dringend zu wünschen, daß der Verf. der in
Rede stehenden Abhandlung in seinem unermüdeten
Eifer kräftige Unterstützung findet durch die Bereit-
stellung von Mitteln zur Beschaffung von Apparaturen,
die hinsichtlich hoher Temperaturen und zugleich
starker Druckbeanspruchung noch weitergehenden An-
sprüchen genügen, als es die ihm bislang zur Ver-
fügung stehenden Einrichtungen gestatteten. Dabei
mögen auch röntgenographische Einblicke in die
Konstitution der gewonnenen Verbindungen eine be-
deutsame Hilfe sein.

Die Ausstattung des Werkes durch die Verlags-
gesellschaft ist vortrefflich.

FRIEDRICH RINNE, Leipzig.

HERTER, CONRAD, Tastsinn, Strömungssinn und
Temperatursinn der Tiere und diesen Sinnen
zugeordneten Reaktionen. Zoologische Bausteine,
Ausschnitte aus dem Gesamtgebiet der Zoologie,
herausgegeben von PAUL SCHULZE, Rostock, Band 1,
Heft 1. Berlin: Gebr. Borntraeger 1925. IV, 182 S.
und 93 Abb. im Text. 16 × 25 cm. Preis geh.
RM. 12.—.

Die vorliegende Arbeit von HERTER ist als Ein-
führung in die Sinnesphysiologie der Tiere gut geeignet.
Verf. hat sich bemüht, die mannigfachen Beobach-
tungen und Versuchsergebnisse, die bisher vorliegen, über-
sichtlich zusammenzustellen. Er versucht das tatsäch-
lich Bekannte auf diesem Gebiet von dem, was nur
angenommen wird, zu sondern. Es werden in den
einzelnen großen Abschnitten behandelt der Tast-
sinn, der Strömungssinn und der Temperatursinn. Auf
die morphologischen Grundlagen wird zunächst ein-
gegangen, d. h. es wird eine kurze Schilderung der
nervösen Apparate und Organe gegeben. Ebenso
wird kurz die Verteilung der Sinnesorgane auf der
Oberfläche des Tierkörpers dargelegt, so weit es zum
Verständnis des Ganzen notwendig ist. Über den
Strömungs- und Temperatursinn bringt H. eine ganze
Reihe von wichtigen Tatsachen. Seine eigenen Un-
tersuchungen über den Temperatursinn der Insekten
sind vom Verf. in der Arbeit mit verwertet worden.
In mancher Hinsicht hätte H. die Versuchsmethoden
noch eingehender darstellen können. Das Buch wäre
dann als Leitfaden für das Gebiet der Sinnesphysio-
logie der Tiere noch brauchbarer geworden. Angaben
über die Methodik sind bei allen tierphysiologischen
Untersuchungen von besonderer Wichtigkeit, da eine
unrichtig zusammengesetzte Apparatur und eine ver-
fehlte Versuchsmethodik unter Umständen ein ganz
falsches Bild geben kann. Zum Schluß macht H. den
Versuch einer Einteilung der taktischen Reaktionen
auf Tast-, Strömungs- und Temperaturreize. Ich halte

derartige Einteilungsversuche für verfrüht. Im Grunde genommen kommt zunächst nichts heraus als eine Häufung der schon mehr als reichlich vorhandenen zoologischen „Fachausdrücke“, hinter denen am Ende keine klaren Begriffe stehen. Über viele Dinge wissen wir eben tatsächlich noch viel zu wenig, als daß wir gleich an eine besondere Einordnung der Erscheinungen gehen könnten. Man hat früher HAECKEL den Vorwurf gemacht, er schematisiere zuviel, ohne genügende Unterlagen zu haben für ein derartiges Vorgehen. Das gleiche könnte man auf das Kapitel des HERTSCHEN Buches anwenden. Wenn H. von einer Thigmo-Phobotaxis, Thigmo-Topotaxis, Thigmo-Tropotaxis, Thigmo-Menotaxis, Thigmo-Telotaxis, Thigmo-Mnemotaxis, Vibro-Phobotaxis, Vibro-Topotaxis, Vibro-Tropotaxis, Vibro-Menotaxis, Vibro-Telotaxis, Vibro-Mnemotaxis, Rheo-Phobotaxis, Rheo-Topotaxis, Rheo-Tropotaxis, Rheo-Menotaxis, Rheo-Telotaxis, Rheo-Mnemotaxis, Thermo-Phobotaxis, Thermo-Topotaxis, Thermo-Tropotaxis, Thermo-Menotaxis, Thermo-Telotaxis und Thermo-Mnemotaxis spricht, so ist damit zunächst nicht viel gewonnen. Seite 156 sagt H. selbst: „Vibro-Menotaxis: Hierfür ist mir kein Fall bekannt“ und Seite 158: „Thermo-Mnemotaxis: Für diese Reaktionsart weiß ich kein Beispiel anzuführen.“ Was sollen aber die neuen Fachausdrücke, wenn selbst der Schöpfer der Fachausdrücke kein Beispiel dafür weiß. Was ich oben betreffend unnötiger Schematisierung sagte, wird hier bestätigt.

Ein umfangreiches Schriftenverzeichnis ist recht sorgfältig ausgewählt; ebenso sorgfältig ist das Bildmaterial zusammengestellt.

ALBRECHT HASE, Berlin-Dahlem.

BARCROFT, JOSEPH, *The Respiratory Function of the Blood*. Part 1. Lessons from High Altitudes. Cambridge: University Press 1925. IX, 207 S. und 53 Abbildungen. 16 × 25 cm. Preis 12/6 sh.

Das Werk bildet gewissermaßen die 2. Auflage des unter gleichem Titel im Jahre 1913 erschienenen Buches. Es gibt jedoch nur einen Teil des damaligen Inhaltes wieder, entsprechend vermehrt durch die seither gewonnenen Kenntnisse über das Höhenklima. Die übrigen Kapitel der ersten Auflage sollen später in zwei weiteren Teilen erscheinen.

Das neuverarbeitete Material bezieht sich im wesentlichen auf die Beobachtungen, die BARCROFT mit einer Reihe von Mitarbeitern in Cerro de Pasco in Hoch-Peru anstellen konnte. Die sonstige inzwischen erschienene Literatur über den Gegenstand, soweit es sich nicht um englisch geschriebene Arbeiten handelt, wird dabei wenig berücksichtigt. Die physiologischen Veränderungen, die beim Aufenthalt im Hochgebirge eintreten, werden nach verschiedenen Richtungen hin behandelt, wobei die Veränderungen des Blutes einen besonders großen Raum einnehmen, entsprechend den komplizierten physikalisch-chemischen Verhältnissen, die dabei obwalten. Dabei kann Verf. zugleich interessante Beiträge liefern zur Physiologie der Höhenbewohner selbst, da er nicht nur an seinen Begleitern Untersuchungen anstellte, sondern auch an lange Zeit oben lebenden englischen Ingenieuren und an den eingeborenen Indianerabkömmlingen. Diese Beobachtungen beziehen sich auf den Körperbau, und zwar besonders auf das Verhalten des Brustkorbes, der wesentliche Verschiedenheiten von dem bei Tieflandbewohnern aufweist.

Das Buch gliedert sich in 13 Kapitel, deren erstes die Bergkrankheit und ihre Ursachen behandelt, wobei Verf. die Bedeutung des Sauerstoffmangels und die Art

seiner Wirkung ausführlich erörtert. Er beschreibt sodann die Orte, an denen die Bergkrankheit bisher vorwiegend studiert worden ist. Nach einem Kapitel, in dem die Zeichen des Sauerstoffmangels beschrieben werden, folgt eine theoretische Abhandlung über die Sauerstoffdiffusion durch die Lungenepithelien, wobei er gegen die HALDANESCHE Anschauung von der Sauerstoffsekretion Stellung nimmt. Er bespricht dann die Wirkung der Muskelarbeit auf das Verhalten des Blutsauerstoffes, ferner die Wasserstoffionenkonzentration des Blutes, den Puls, die Blutzirkulation, das Verhalten des Herzens und der Blutkörperchenzahlen, endlich auch das Verhalten psychischer Vorgänge in großen Höhen. In einem Schlußkapitel werden die Fragen der Akklimatisation an die Höhe erörtert. In verschiedenen Anhängen werden zunächst die Schwierigkeiten bei Besteigung von Höhen wie der Mount Everest besprochen, die ja heute praktisches Interesse haben, ferner gewisse feinere Vorgänge mathematisch erörtert.

So kann die Darstellung von BARCROFT ein gutes Bild geben von unserem heutigen Wissen über die Wirkung des Höhenklimas auf die physiologischen Vorgänge, wenn auch manche Seiten des Problems, so besonders die chemische, wenig Beachtung gefunden haben.

A. LOEWY, Davos.

SCHLESINGER, EUGEN, *Das Wachstum des Kindes*. Berlin: Julius Springer 1926. 115 S., 8 Textabbildungen u. 25 Tabellen. Preis RM. 6.—.

In 14 Einzelkapiteln werden alle morphologischen Tatsachen über das kindliche Wachstum zusammengefaßt. Auf Grund langjähriger Erfahrungen, die in 7 früheren Veröffentlichungen niedergelegt sind, ist Verf. in der Lage, Methoden und Beobachtungen anderer Autoren kritisch zu sichten und auf jedem Gebiet der normalen und krankhaften Wachstumsvorgänge durch eigene Forschung zu ergänzen. Einige Abschnitte über die anthropometrischen Messungen der Schulkinder, Fehlerquellen der Methodik, das Anwendungsgebiet der Körperindices, deren Überschätzung bei der Beurteilung des Ernährungszustandes zu Trugschlüssen führt, die statistische Erfassung der Untersuchungsergebnisse einschließlich der Methoden der Fehlerberechnung gehen den Hauptkapiteln voran. Die Einteilung der Wachstumsperioden in den einzelnen Jahrgängen lehnt sich im wesentlichen an die Darstellung von PFAUNDLER an. Sehr eingehend werden die auf inneren Ursachen beruhenden Wachstumsverschiedenheiten der Geschlechter und Völker behandelt. Nur die absoluten Längen- und Gewichtszahlen der Knaben sind größer als die der Mädchen. In Prozenten der endgültigen Länge ausgerechnet, eilen stets die Mädchen den Knaben im Wachstum voraus. Früheintritt der Reife bedingt früheres Stehenbleiben in der Längenentwicklung, Abkürzung der Streckungsperiode. Völker mit spät einsetzender Reife weisen eine größere Längenentwicklung auf, eine Regel, die auch innerhalb derselben Rasse Geltung hat. Die Abhängigkeit des Wachstums von der Jahreszeit wird kurz dargelegt; ausführlicher sind andere wachstumsbeschleunigende Ursachen berücksichtigt. Muskeltätigkeit und sportliche Leistung begünstigen nach Ansicht des Verf., die sich auf häufigen Nachuntersuchungen an großem Material aufbaut, stärkere Breitenentwicklung; das Längenwachstum wird eher gehemmt. In dem kritisch gehaltenen Abschnitt über die sozialen Einflüsse hält SCH. im Gegensatz zu PFAUNDLER an der früheren Auffassung fest, daß rascheres Wachstum bemittelter Kinder und ihre größere Länge die artgemäße Entwicklung darstellt. Wachstumshemmungen, die fast

das ganze Gebiet der Wachstumspathologie ausmachen, lassen sich trennen in solche mit lediglich verzögertem Ablauf und in die mit vorzeitigem Abschluß. Unter diesem Gesichtspunkt werden die Einflüsse der Ernährungsstörungen im Säuglingsalter, akuter Infektionskrankheiten, der Unterernährung, sozialer Mißstände, vor allem der endokrinen Störungen auf Grund klinischen und statistischen Materials erörtert. Besonders bemerkenswert sind die Tabellen über die Wachstumshemmung durch die Unterernährung während der Kriegs- und Nachkriegsjahre. Der Wachs-

tumstrieb hat durch die Blockade nicht gelitten, denn an dem gleichen umfangreichen Untersuchungsmaterial hat Verf. festgestellt, daß bei der Reparation ein zuweilen sprunghafter Anstieg des Längenwachstums erfolgte, dem der Anstieg des Körpergewichts zögernd folgte. Wenn auch das vorliegende Werk weniger die allgemein physiologischen Gesetze des Wachstums behandelt, kann es als eine lückenlose Zusammenfassung der anthropometrischen, klinischen und statistischen Untersuchungen auf diesem Gebiete gelten.

WERNER GOTTSTEIN, Freiburg i. Br.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Der Herausgeber hält sich für die Zuschriften und die vorläufigen Mitteilungen nicht für verantwortlich.

Eigenschaften organischer Kolloide.

Der kolloide Zustand ist nicht (GRAHAM) der „lebende“ Zustand schlechthin, aber alle lebende Substanz ist kolloid. Wenn die Kolloidchemie lehrt: es gibt keine Klasse „Kolloide“, sondern nur abgestufte Dispersität, so ist das richtig; es gibt aber doch eine Klasse der *natürlichen organischen Kolloide*, d. s. Stoffe, die wie Stärke, Cellulose, Eiweiß im weiteren Sinne, *nur kolloid existieren*. Am „Wesen“ dieser Kolloide ist alle Physiologie naturgemäß lebhaft interessiert. Nach NÄGELI soll dies Wesen darin bestehen, daß Substanzteilchen („Micellen“) und Wasser miteinander abwechseln, letzteres nur adhätierend; die Quellung lediglich Adhäsionsvorgang an den Micell-Überflächen. Dieser Auffassung habe ich eine andere entgegengestellt: Das Gel ist nicht ein *zwei-*, sondern *einphasiges* System, Substanz und Wasser sind in jeder Molekel *vermischt*. Das Gel ist *wesentlich* homogen, eine *Flüssigkeit* von großer innerer Reibung; Diffusion und Permeabilität beruhen auf der *Löslichkeit* des wandernden Körpers in dieser Flüssigkeit. Wenn (RUHLAND) Stoffe von hoher Molekulargröße in ein Gel nicht eindringen, so liegt das *nicht* an zu engen „Interstitialen“, sondern daran, daß die an sich geringere Bewegungsfähigkeit großer Molekeln in einem zäheren Medium = 0 werden kann. Meine Beweise:

A. Physikalische: Die Quellung kann kein Vorgang der Capillarität sein, weil dann *Hohlräume* zuvor da sein müßten; weil zwei ebene Flächen (Glas), zwischen die man etwas Wasser bringt, *nicht auseinandergedrückt*, sondern *kräftig zueinander hingezogen* werden; weil Dinge, wie Stärkekörner, Blutplättchen, im „Dunkelfeld“ außen zwar eine scharfe helle Umrandung, innen aber *optische Leere* zeigen, was mit der Zweiphasenlehre ganz unvereinbar ist; weil schließlich Alkohol, Äther, Chloroform usw. zwar Teilchen der fraglichen Stoffe *rascher benetzen*, als Wasser das tut, an ihnen aber *keine Spur* von Quellung hervorrufen.

B. Physiologische: Die kolloide Plasmahaut ist, wie auch viele Samenschalen, „semipermeabel“, d. h. sie läßt Wassermolekeln weit rascher durchwandern als Molekeln (bzw. Ionen) von Salzen, Zucker usw. Das kann nicht auf zu engen „Interstitialen“ beruhen, weil die Plasmahaut ja doch mindestens zur Hälfte aus Wasser besteht, die Kanälchen also *viele Male größer* sein müßten als etwa eine Dextrose-Molekel. Auch dringen Salze ja nur *verlangsamt* ein, was mit innerer Reibung bzw. Schwerlöslichkeit, nicht aber mit Enge der „Interstitialen“ erklärt werden könnte. Und es dringen größere Molekeln, wie die von Methylenblau, ein, wo die kleineren von Salpeter Verzögerung erfahren. Die Cuticula der Blätter und Stengel ist schwer durchlässig für Wassermolekeln, gewisse Farbstoffe aber dringen leicht ein. Wenn Zuckerarten die Plasma-

haut schwieriger durchwandern, als der Größe ihrer Molekeln entspricht, so ist das *biologische Anpassung*: wichtigste Baustoffe würden der Pflanze verloren gehen, wenn sie rasch und leicht diffundierten. Ihr Wandern von Zelle zu Zelle geschieht wohl durch die „Plasma-Brücken“. Das Durchwandern der Plasmahaut sollte auf der abgestuften Löslichkeit der betreffenden Stoffe in der Hautsubstanz. Auch die Tatsache, daß gewisse Molekeln noch durch eine dünne Membran durchwandern, durch eine dickere, sonst ganz gleichartige nicht, spricht *gegen* das Vorhandensein jener Wasserkanälchen; denn beim Durchschwimmen eines solchen kommt es nur auf die Breite, *nicht auf die Länge* des Kanales an.

In gleicher Weise ist auch die in der Mikroskopie viel geübte künstliche Färbung auf *Lösungsverteilung* zurückzuführen. Die tausenderlei *wahlweisen* Färbungen der Zellbestandteile lassen es ausgeschlossen erscheinen, daß hier lediglich ein Anlagern der Farbstoffmolekeln an innere „Oberflächen“ bestehen sollte. Zu der physikalischen Durchdringung (Lösung) können chemische Verwandtschaften hinzukommen.

„Wabenbau“ (BÜTSCHLI) kommt nicht selten natürlich vor, entsteht auch als Kunstprodukt, hat aber mit dem Wesen des kolloiden Zustandes und dem der Quellung nichts zu tun. Das gleiche gilt von möglicherweise vorkommenden Molekelverbänden.

Diese meine Auffassung steht in Widerspruch zu der ziemlich allgemein anerkannten Meinung der Kolloidchemiker, welche jene anderen Vorstellungen (Micellen usw.) von mikroskopierenden Botanikern übernommen haben. Unter diesen aber gilt noch immer die alte Hypothese von NÄGELI, an der es nur noch niemand gewagt hat, ernstlich prüfende Kritik zu üben. Wenn man in der Kolloidforschung erst einmal angefangen haben wird, die hier betonten *Tatsachen* in Erwägung zu ziehen, wird der Umschwung der Meinungen wohl nicht mehr lange auf sich warten lassen.

Berlin, den 2. Februar 1926. HUGO FISCHER.

Gleitflächengesetz und Flußmäander.

(Bemerkung zu EINSTEINS Mäandertheorie.)

Herr A. EINSTEIN hat in dieser Zeitschrift (14, H. 11, S. 223—224. 1926) eine gemeinverständliche Erklärung der Wasserbewegung in jenen regelmäßigen Windungen der Flüsse gegeben, die man als Mäander bezeichnet.

Eng verknüpft mit diesem Problem ist die Frage nach dem ersten Impuls, der einen ursprünglich geradlinigen Fluß bestimmt, die Richtung des Gradienten der Schwerkraft zu verlassen und um diese als Mittellinie zu pendeln. EINSTEIN macht dafür die ablenkende Kraft der Erdrotation verantwortlich. Zahlreiche Beobachtungen in der Natur haben mich jedoch zu der Anschauung geführt, daß die Einleitung einer

Mäanderbildung der Wirkung jenes Gleitflächen-gesetzes zuzuschreiben ist, nach welchem bei Massen, die sich in gleitender Reibung gegeneinander bewegen, das Bestreben besteht, ihren Grenzflächen eine Wogenform aufzuzwingen (Naturwissenschaften 7, 816. 1919; Petermanns Mitteilungen 66, 25. 1920). Die bekannteste insbesondere durch H. von HELMHOLTZ bearbeitete Auswirkung dieses Gesetzes dürfte die Entstehung von Wasserwellen unter dem Einfluß des Windes sein, und es ist von verschiedenen Seiten auf entsprechende Vorgänge bei der Entstehung von Wogenwolken, dem Wogen von Kornfeldern und Baumkronen, dem Flattern einer Fahne bei windigem Wetter und ähnlichen Bewegungen aufmerksam gemacht worden.

Aber auch zahlreiche Formen des Festlandes lassen sich am Ende auf die Wirkung des Gleitflächen-gesetzes zurückführen, wobei zwar die größere Starrheit des Materials es nicht zur Ausbildung regelmäßiger Wogenformen kommen läßt, wohl aber die Tendenz dazu erkennbar wird. Zu derartigen mehr oder weniger deutlichen Annäherungen an den theoretischen Endzustand gehören subaerische und subaquatische Kräuselungsmarken (Rippelmarken), Dünen, Mäander, wogenähnliche Formen von Sträuchern, Riffeln auf Eisenbahnschienen usw., wie dies an verschiedenen Stellen mit weiteren Literaturangaben näher ausgeführt worden ist (Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 34, 408—424. 1899; 1915, S. 634—639; Petermanns Mitteilungen 62, 16. 1916; 64, 50—54. 1918; Naturwissenschaften 6, 355—358, 521—522. 1918).

Was nun besonders die Entstehung der Flußmäander anbetrifft, so darf man von der Anschauung ausgehen, daß strömendes Wasser mutatis mutandis ebenso wirken muß wie strömende Luft. Fließt also Wasser in regelmäßigem Strom über beweglichen Boden, so wird es diesem eine Wogenform aufzuprägen suchen. Das Ergebnis entzieht sich aber meist der Beobachtung, weil das Wasser die subaquatischen Bodenformen in der Regel verhüllt. Anders steht es mit der seitlichen Grenzfläche zwischen Wasser und Erdboden. Hier wird, namentlich bei der regelmäßigen Strömung des Wassers in Flußbetten, die Tendenz zur Aus-

bildung jenes dynamischen Gleichgewichtszustandes deutlich sichtbar. Ein solcher Zustand wird äußerlich dadurch gekennzeichnet, daß sich die alten Formen nach einer künstlichen Zerstörung allmählich von selbst wieder herstellen.

Die Form des Flußbettes und manche andere gelegentlich angeführte Gründe kommen als primäre Ursachen nicht in Betracht, denn auch in einem geradlinigen, von festen Ufermauern eingefassten Kanal pendelt der Stromstrich um die Mittellage, was vielfach in der wechselweisen Anordnung von Sand- und Kiesbänken zum Ausdruck gelangt.

Wie bei Windstille der Wimpel an der Mastspitze eines fahrenden Schiffes sich in Wellenlinien bewegt, so muß in völlig analoger Weise der den Boden durchströmende Wasserfaden eines Baches, dem Gleitflächen-gesetz folgend, danach trachten Mäander zu bilden, deren Größe hauptsächlich von der Menge und Geschwindigkeit des Wassers abhängt.

Es ist sehr erfreulich, daß die Physiker neuerdings beginnen, sich auch mit geomorphologischen Problemen zu beschäftigen. FELIX M. EXNER hat bereits vor Jahren die Formen der Dünen und der Flußmäander vom theoretisch-physikalischen Standpunkt aus behandelt und experimentell weiter untersucht (Ann. d. Hydrographie u. Maritimen Meteorologie 47, 155—168. 1919; Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss., Wien., Mathem.-naturw. Kl. IIa, 128, 1453—1473. 1919; 129, 923—952. 1920). Auch er betrachtet Luftwogen und Wasserwellen, Rippelmarken und Flußmäander, ja sogar das wellenförmige Profil einer Rodelbahn als Äußerungen derselben Gesetzmäßigkeit, und er gibt Formeln, die es gestatten aus Wassertiefe, Wellenlänge und Breite des Mäandertales die Strömungsgeschwindigkeit des Wassers zu berechnen.

Eine weitere Bearbeitung der durch Strömungen von Wind und Wasser geschaffenen Formen der Erdoberfläche dürfte für das, von der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft neu begründete Institut für Strömungsforschung in Göttingen eine lohnende Aufgabe sein.

Berlin, den 1. April 1926.

O. BASCHIN.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Afrika-Durchquerungen mit Transportmaschinen. Die ersten Durchquerungen der Sahara mittels Automobilen, über welche in den Naturwissenschaften (1925, 13. Jahrg., H. 23, S. 510—512) berichtet wurde, haben in unerwartet schneller Weise ihre Fortsetzungen durch den ganzen Kontinent gefunden. Am Ende des Jahres 1925 lagen bereits Berichte über nicht weniger als 7 Expeditionen vor, die mit Automobilen, und 5, die in Flugzeugen entweder ganz Afrika oder doch große und schwer zugängliche Teile durchzogen, bzw. überflogen haben.

Einige von diesen verdienen eine kurze Würdigung, weil sie sich für alle Zeiten einen Platz in der Geschichte der Erschließung des afrikanischen Kontinents gesichert haben. In erster Linie gilt dies von der großen „Expédition Citroën-Centre-Afrique, deuxième mission G.-M. Haardt et Audouin-Dubreuil“. Die französische Automobilfirma Citroën war durch die Erfahrungen, welche sie bei ihrer ersten Sahara-Durchquerung gewonnen hatte, in den Stand gesetzt worden, einem Wunsche des Präsidenten der Republik, Doumergue, nachzukommen, der dahin ging, eine Verbindung der mittelmeeerischen Kolonien Frankreichs mit dessen Besitzung im Indischen Ozean, der Insel Madagaskar, quer durch den afrikanischen Kontinent

zu erkunden. Wieder waren es die Herren G.-M. HAARDT und LOUIS AUDOUIN-DUBREUIL, die mit 15 Begleitern in 8 Raupenautomobilen am 28. Oktober 1924 von Colomb-Béchar in Westalgerien abfuhren, nach Durchquerung der Sahara am 9. November in Bourem an der Nordostecke des Nigerknies eintrafen und nun längs des linken Ufers dieses Flusses stromabwärts über Gao nach Niamey gelangten. Von hier bogen die Wagen am 24. November nach Osten ab und erreichten über Zinder am 14. Dezember den Tschad-See. Es wäre leichter gewesen dorthin auf gebahnten Wegen etwas weiter südlich über Kano zu fahren, aber die Expedition setzte ihren Ehrgeiz darin, ein Überschreiten der Grenze von Britisch-Nigeria zu vermeiden und auf französischem Gebiet zu bleiben. Um das Nordufer des Tschad-Sees herum kam man auf schwierigerem Gelände, mitunter bei 40° Steigung am 24. Dezember nach Fort-Lamy, der Hauptstadt des Tschad-Territoriums. Am 3. Januar 1925 ging es weiter, zunächst längs des Schari-Flusses über Fort Archambault nach Bangui an dem großen nördlichen Nebenflusse des Kongo, dem Oubangui, auf dessen Nordseite man zunächst blieb, um ihn dann, in der Nähe von Bangassou zu überschreiten und damit das französische Gebiet zu verlassen und auf

belgisches überzutreten. Die Flußdurchquerungen boten wegen des Mangels an Brücken meist besondere Schwierigkeiten, die jedoch stets ohne Unfall überwunden wurden. Auf dem Gebiete des Kongostaates ging es ostwärts bis zum Albert-See, über den man zu Schiff das Ufer von Britisch-Ostafrika bei Butiaba am 13. April erreichte. Bei Kampala, am Nordufer des Victoria-Sees fand die erste Trennung der einzelnen Expeditionsgruppen statt, indem AUDOUIN-DUBREUIL mit 2 Wagen über Nairobi und 3000 m hohes Gelände in der Nähe des 5000 m hohen Meruberges nach Tanga (14. Mai) und Mombassa fuhr, von wo er sich nach Majunga auf Madagaskar einschiffte. Die Hauptexpedition fuhr über den Victoria-See nach Tabora (25. April). Hier trennten sich die Teilnehmer. Kommandant BITTENBOURG führte eine Kolonne ostwärts nach Dar-es-Salam, Ingenieur BRULL eine zweite nach Westen über den Tanganika-See nach Kabalo (6° Nord) am Kongo und dann südwärts durch Britisch-Rhodesia und Transvaal nach Kapstadt (1. August). Die letzte Gruppe unter HAARDT gelangte westlich um den Njassa-See nach Mozambique (14. Juni). Der Weg längs des Westufers des Njassa-Sees erwies sich als der schwierigste der ganzen Reise. Die dort wohnenden Ansiedler erklärten ihn für unpassierbar, aber HAARDT gelang es die schlimmsten Stellen dadurch zu umgehen, daß er stellenweise in dem seichten Uferwasser des Sees fuhr.

In dem madagassischen Hafenplatz Majunga trafen sich 3 Gruppen wieder und fuhren gemeinschaftlich nach der Hauptstadt Tananarive, wo sie am 26. Juni ihren Einzug hielten und begeistert empfangen wurden. Sie kehrten zu Schiff zurück und trafen am 2. August wieder in Marseille ein. Die Gruppe BRULL gelangte, von Kapstadt über See kommend, erst am 8. September nach Tananarive.

Die 8 Wagen haben Strecken zwischen 16 000 und 20 000 km zurückgelegt, denn es wurden von verschiedenen Stellen des Reiseweges Abstecher von beträchtlichem Ausmaß unternommen.

Der britische Major COURT-TRETT erbrachte den Nachweis, daß die Zurücklegung der Strecke Kairo-Kapstadt keine Raupen-Automobile oder Sechsräder-Wagen erfordere. Mit zwei gewöhnlichen Automobilen verließ er am 23. September 1924 Kapstadt und erreichte nach 16 Monaten am 24. Januar 1926 Kairo, bei einer mittleren Fahrgeschwindigkeit von 42 km pro Tag. Es ging viel Zeit mit der Herrichtung eines fahrbaren Weges und dem Bau von Brücken verloren. Störend waren heftige Wolkenbrüche in Rhodesia. Auch die Durchquerung der Wüste im Süden des britischen Ost-Sudan erwies sich als besonders schwierig.

Eine noch größere Wegstrecke, nämlich 23 000 km legte Kapitän DELINGETTE zurück, der vom 15. November 1924 bis 4. Juli 1925 ebenfalls den ganzen Kontinent durchmaß. Er fuhr von Colomb Béchar durch die Sahara nach Niamey am Niger, ostwärts über Zinder zum Tschad-See, von da mit durchschnittlich südöstlichem Kurs über Fort Lamy, Bangui, Bambari, Stanleyville am Kongo, dann nördlich des Victoria-Sees nach Nairobi in Britisch-Ostafrika, über die Stationen Moschi, Mpuapa, Iringa und Neu-Langenburg des ehemals deutschen Ostafrika nach Elisabethville im südlichsten Kongostaate, Livingstone am Sambesi, Buluwayo und Johannesburg bis Kapstadt.

Erwähnenswert ist ferner die Fahrt der beiden Journalisten EDMOND TRANIN und DUVERNE, die ganz allein mit einem einfachen Tourenwagen von 10 PS in 12 Wochen (5. Dezember 1924 bis 26. Februar

1925) den Kontinent ziemlich an seiner breitesten Stelle von Westen nach Osten durchquerten. Von Konakry an der Westküste Französisch-Guineas ausgehend, führte ihr Weg über Niamey, Zinder, Fort Lamy, Abécher, El Facher, El Obeid und Khartum am Nil nach Massaua an der Küste des Roten Meeres.

Die 5 Flugzeug-Expeditionen beschränkten sich im wesentlichen auf das französische Westafrika.

Lieutenant-colonel TULASNE verließ am 30. Dezember 1924 die Westspitze Afrikas bei Dakar mit 3 Flugzeugen, passierte Bamako am Niger, dann Gao am gleichen Flusse. Hier wandte er sich nach Norden, überflog die Sahara auf der westlichen Route, die vom Nigerknie nach Colomb-Béchar führt, kehrte von dort auf dem gleichen Wege zurück und traf am 29. Januar 1925 wieder in Gao ein. Diese erste doppelte Überquerung der Sahara durch ein Flugzeug-Geschwader verlief ohne Unfall, während ein anderes Geschwader unter Lieutenant-colonel DE GOYS einen Toten, 3 Verletzte und ein zertrümmertes Flugzeug zu beklagen hatte.

Am 3. Februar 1925 stiegen die Lieutenants ARRACHARD und LEMAÎTRE bei Etampes, südlich von Paris auf, flogen über Spanien, Gibraltar und dann längs der Westküste Afrikas bis zu dem 4800 km entfernten Dakar, das sie nach 31 Stunden erreichten. Der Rückflug erfolgte über Kayes, Timbuktu, von dort auf ungewöhnlicher Route geradewegs nach Algier, sodann über Oran, Fez und Spanien nach Frankreich.

Die größte Strecke über afrikanischen Boden legten die belgischen Lieutenants THIEFFRY und ROGER zurück, die am 12. Februar 1925 mit einem Dreimotoren-Flugzeug von Brüssel abflogen, über Dijon, Perpignan, Alicante, Oran, Colomb-Béchar und die westliche Sahararoute Niamey am Niger erreichten. Von dort ging es ostwärts über Zinder zum Tschad-See, dann über Fort Lamy, Fort Archambault nach Bangui am Oubangui, diesen Fluß und später auch den Kongo an dem belgischen Ufer stromabwärts nach Kinchassa gegenüber Brazzaville, wo die Reise am 3. April ihren Abschluß fand.

Erwähnenswert sind auch die Flüge der beiden portugiesischen Offiziere Kapitän PINHEIRO CORREIA und Lieutenant SERGIO DE SILVA, welche vom 25. März bis 2. April 1925 die 4000 km von Lissabon nach Bolama in Portugiesisch-Guinea in 7 Etappen bei einer Flugdauer von 31 Stunden mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 129 km pro Stunde zurücklegten.

Nachdem die erste Afrika-Durchquerung mit dem Flugzeug im Jahre 1920 auf dem 8278 km langen Wege von Kairo nach Kapstadt eine Flugdauer von fast 73 Stunden erfordert hatte (vergl. Die Naturwissenschaften 1920, Jahrg. 8, Heft 48, S. 940—941), ist es jetzt dem Engländer ALAN COBHAM gelungen, die 12900 km lange Flugstrecke von London bis Kapstadt in 94 Flugstunden zurückzulegen. Er kam am 18. Februar 1926 in Kapstadt an, flog von dort am 26. Februar wieder ab und war schon nach 9½ Tagen, am 7. März, wieder in Heliopolis bei Kairo, von wo er am 8. März über Athen nach London zurückfliegen wollte.

Die Royal Air Force hat vier Flugzeuge unter dem Befehl des Kommandanten PULFORD ausgesandt, welche den Auftrag haben, einen nur über britisches Gebiet führenden Luftweg von Kairo nach Kapstadt auf dem Wege Khartum—Mongalla—Muansa—Tabora—Livingstone—Buluwayo—Johannesburg—Bloemfontein zu erkunden.

O. BASCHIN.

Benzin-elektrischer Fahrzeugantrieb. Als einen der größten Erfolge der neuzeitlichen Technik kann man es bezeichnen, daß es gelungen ist, den schnelllaufenden Benzinmotor im Automobil und in anderen Fahrzeugen dem Antrieb von Verkehrsmitteln dienstbar zu machen. Die Errungenschaft ist hierbei um so größer, als, wie allerdings nicht allgemein bekannt, der Benzinmotor für solche Anwendungen recht wenig geeignet war, weil er sich im Gegensatz etwa zu einer Dampfmaschine oder zu einem Elektromotor nur ganz wenig überlasten läßt. Gerade der Fahrzeugbetrieb verlangt nämlich von der Antriebmaschine vor allem, daß sie, z. B. beim Anfahren, bei geringer Geschwindigkeit des Fahrzeuges 3--4mal so große Anzugskräfte zur Verfügung stellt wie unter normalen Verhältnissen bei der Fahrt in der Ebene notwendig sind, eine Forderung, die der Benzinmotor, wie übrigens jede Verbrennungsmaschine, nicht aus sich heraus erfüllen kann.

Es dürfte bekannt sein, daß man das Problem dadurch gelöst hat, daß man zwischen Antriebsmotor und Fahrzeugachse ein Zahnradgetriebe einschaltet, dessen Übersetzungsverhältnis man je nach der geforderten Anzugskraft in gewissen Abstufungen verändert, und es ist kein geringer Triumph der neuzeitlichen Bearbeitungs- und Materialtechnik, daß es gelungen ist, diese Zahnradgetriebe so durchzubilden, daß man sie auch während des Laufes umschalten kann und — was noch mehr sagen will — daß die Zahnräder diese auf alle Fälle mit Stößen und Überbeanspruchungen verknüpfte Behandlung auch auf längere Dauer ohne übermäßige Abnutzung vertragen.

Immerhin ist diese Lösung eine Unvollkommenheit, die, wie allgemein anerkannt wird, die technische Achillesferse des neuzeitlichen Kraftwagens bildet. Bei allerbesten technischer Durchbildung setzt das Schalten des Getriebes ein gewisses Geschick des Fahrers voraus, das nicht jedem gegeben ist und dessen Fehlen zumeist zur Folge hat, daß zu bald Ausbesserungen notwendig werden, so daß der Besitzer unzufrieden ist. Die Schwierigkeiten des Getriebschaltens steigern sich natürlich bedeutend, wenn die Kräfte, die das Getriebe zu übertragen hat, größer werden, z. B. bei schweren Kraftomnibussen oder Eisenbahntriebwagen oder Lokomotiven mit Antrieb durch Verbrennungsmaschinen.

Seit den ersten Anfängen des Automobilismus hat man sich daher mit dem Gedanken befaßt, andere Arten der Kraftübertragung vom Benzinmotor auf die Fahrzeugachse ausfindig zu machen, und unter den hierfür vorgeschlagenen Wegen hat stets die *elektrische Kraftübertragung*, d. h. die Kupplung des Benzinmotors mit einem Stromerzeuger, der einen die Wagenachse antreibenden Elektromotor mit Strom versorgt, die wichtigste Rolle gespielt. Aber obgleich Versuche dieser Art in praktischem Maßstabe wiederholt ausgeführt wurden, hat es doch bis in die neueste Zeit gedauert, bevor man auf Grund von Erfahrungen im wirklichen Betriebe sagen konnte, daß die Frage technisch und wirtschaftlich gelöst ist.

Der Gründe für die zahlreichen Fehlschläge früherer Versuche auf diesem Gebiete gab es sehr viele. Vor allem waren für die oben angedeutete allgemeine Aufgabe so viele Lösungen der Ausführung möglich, daß es, wie immer in derartigen Fällen, sehr lange dauerte, bis die praktisch unbrauchbaren Lösungen auf Grund von fehlgeschlagenen Versuchen ausgeschieden werden konnten. Beispielsweise waren bei der praktischen Ausführung der elektrischen Kraftübertragung zwei Hauptgruppen von Lösungen zu unterscheiden:

1. Antrieb mit möglichst gleichförmig laufendem Motor;

2. Antrieb mit wechselnd laufendem Motor.

Die Lösung unter 1, die auf dem sog. **ILGNER-Verfahren** beruht, hatte zunächst viel Verlockendes für sich und wurde daher bei den ersten Versuchen allgemein vorgezogen, denn sie ermöglichte, den Motor fortlaufend mit gleicher Leistung, also unter den günstigsten Betriebsverhältnissen, arbeiten zu lassen, und bot ferner die Aussicht, den Betrieb mit einem Motor durchführen zu können, der, verglichen mit dem rein mechanischen Antrieb, verhältnismäßig klein bemessen war. Es hat sich aber gezeigt, daß die Vorzüge dieser Art der elektrischen Kraftübertragung zwar zutreffen, daß sie sich aber für die schnellen und starken Wechsel der Belastung, die bei Kraftfahrzeugen vorkommen, weniger gut eignet. Hier kommt es namentlich darauf an, beim Anfahren hohe Anzugskräfte entwickeln zu können, die die sozusagen auf die Mittelleistung bemessenen Kraftanlagen nach diesem System nicht hergeben können.

Besser bewährt haben sich, soweit bis jetzt bekannt ist, Anlagen mit elektrischer Kraftübertragung, bei denen der Motor, ähnlich wie bei jedem gewöhnlichen Kraftwagen, mittels des üblichen Gashebels auf die gerade notwendige Leistung eingestellt wird, also mit einer je nach den Fahrverhältnissen veränderlichen Drehzahl läuft. Die mit dem Motor gekuppelte elektrische Anlage ist hierbei so eingerichtet, daß sie die Leistung N , die ihr der Benzinmotor zur Verfügung stellt, ganz selbsttätig in dasjenige Produkt aus elektromotorischer Kraft e und elektrischer Spannung i umwandelt, welches für die gerade vorliegenden Fahrverhältnisse am besten geeignet ist. Ohne Rücksicht auf innere Verluste ist dann stets $N = e i = e_1 i_1$ usw.

Der Aufbau einer solchen Anlage ist nicht gerade einfach. Mit dem Gashebel des Motors ist der Regelschalter einer Akkumulatorenbatterie verbunden, die den Erregerstrom für eine kleine Erregermaschine liefert. Der Strom, der von dieser Erregermaschine erzeugt wird, fließt durch die Magnetwicklungen der Hauptdynamo, die mit dem Benzinmotor gekuppelt ist. Außer diesen Wicklungen hat aber die Dynamo noch besondere Kompensator- und Differential-Reihenwicklungen, die um so stärker wirken, je stärkeren Strom die Hauptdynamo erzeugt, weil der Strom der Hauptdynamo durch diese Wicklungen fließt, bevor er in die das Fahrzeug antreibenden Motoren gelangt.

Mit der praktischen Anwendung von Anlagen dieser Art bei Kraftwagen hat sich die **GENERAL ELECTRIC COMPANY** in der letzten Zeit mit großem Erfolg befaßt. Sie hat im Juni 1924 einen ursprünglich für reinen Benzinbetrieb eingerichteten Kraftomnibus der Philadelphia Rural Transit Company versuchsweise für elektrische Kraftübertragung umgebaut und, nachdem sich dieser Wagen in längerem vergleichendem Betrieb mit Benzinwagen gut bewährt hatte, den Auftrag erhalten, 220 solche Fahrzeuge für diese Gesellschaft herzustellen, die inzwischen alle bereits abgeliefert worden sind. Die Erteilung dieses Auftrages erregte damals in Automobilkreisen nicht geringes Aufsehen, da man die wirtschaftlichen Aussichten nicht besonders günstig einschätzte; es scheint aber nach den bis jetzt bekannt gewordenen Ergebnissen dieser Fahrzeuge, daß ein wirklicher Fortschritt erzielt worden ist, der namentlich im Betrieb der Kraftomnibusse großen Vorteil bringen kann.

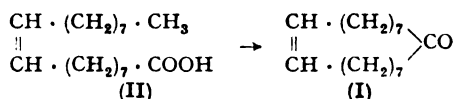
Der wichtigste Einwand gegen den benzin-elektrischen Antrieb von Kraftfahrzeugen ist, daß die Wagen infolge der Ausrüstung mit mehreren elek-

trischen Maschinen zu schwer werden und daher unter sonst gleichen Betriebsverhältnissen mehr Brennstoff verbrauchen. Dieser Einwand scheint nach den neuesten Erfahrungen der Philadelphia Rural Transit Company nicht mehr haltbar. Ihre benzin-elektrischen Omnibusse mit 64 Sitzplätzen wiegen zwar 7300 kg, gegen 6400 kg der Benzin-Kraftomnibusse, aber sie verbrauchen, wenn überhaupt, eher weniger Benzin als die Benzin-Kraftomnibusse, da der Verbrauch beider Arten von Wagen ungefähr 17 Liter für je 100 km Wegstrecke beträgt. Dabei erzielen sie aber im Anfangen gegenüber Benzin-Omnibussen so großen Vorsprung, daß ihre mittlere Geschwindigkeit trotz der engen Straßen in Philadelphia 19 km in der Stunde beträgt, während die Benzin-Omnibusse auf dem Broadway in New York im Mittel nicht mehr als 13 km in der Stunde erreichen.

Die Mehrkosten in der Anschaffung, die für einen benzin-elektrischen Kraftomnibus 2000 Dollars betragen, hat die Gesellschaft schon an den Löhnen der Fahrer in einem Betriebsjahr eingespart. Das erklärt sich daraus, daß die Bedienung der benzin-elektrischen Fahrzeuge wegen des Fortfalls der Schaltbewegungen wesentlich weniger anstrengend für die Fahrer ist. Zu diesen Ersparnissen treten noch die infolge der leichteren Instandhaltung der benzin-elektrischen Fahrzeuge. Der gleiche Motor, der in einem Benzin-Omnibus nach 3200 km Wegleistung gründlich nachgesehen werden mußte, hat im benzin-elektrischen Omnibus bereits 6400 km geleistet, ohne daß sein Betriebszustand Anlaß zum Nachsehen oder Überholen bieten würde. Das erscheint auch verständlich, wenn man sich vergegenwärtigt, welche Anzahl von Schaltstößen ein Benzin-Omnibus bei seinem im Mittel 1800maligen täglichen Anfahren ausgesetzt wird.

H.
 Untersuchungen über die dem Tierreich entstammenden Riechstoffe, speziell diejenigen des Moschus und Zibet, haben L. Ruzicka (Helvetica chim. Acta 9, 230, 249, 339) zu sehr interessanten Ergebnissen geführt, die auch unsere Kenntnis der Kohlenstoff-Ringe stark erweitert haben. Das riechende Prinzip des Zibets wird gewonnen aus einem aus Abessinien importierten Handelspräparat, wo man es gewerbsmäßig von zu diesem Zweck gezüchteten Zibet-Katzen

gewinnt. Es ist ein Keton $C_{17}H_{30}O$, für das Ruzicka durch eine Reihe von chemischen Umsetzungen, speziell von Oxydationen, die folgende Formel (I) feststellte, die schon biologisch dadurch außerordentlich interessant ist, daß sie zeigt, daß das Zibeton ein einfaches Umwandlungsprodukt der Ölsäure (II) ist.



Chemisch ist es außerordentlich überraschend, daß hiermit ein derartig hochgliedriger Kohlenstoffling als in der Natur vorkommend erwiesen ist.

Da derartige Verbindungen auch synthetisch bisher kaum dargestellt worden sind, hat Ruzicka, unterstützt von einer Reihe von Mitarbeitern, vor allen Dingen aber von der Genfer Parfümeriefabrik Chuit, Nacé & Co., die carbozyklischen Ketone vom 10er bis zum 18er Ring aufgebaut. Dabei wurde gefunden, daß die übliche Darstellung der Ketone aus den Polymethylendicarbonsäuren gesteigert werden kann, wenn man statt der bisher üblichen Kalk- oder Bleisalze die Salze anderer Metalle verwendet. Jedenfalls ist damit der Beweis gelungen, daß die Fähigkeit der Kohlenstoffatome, als Ringglied aufzutreten, bei weitem nicht so beschränkt ist, wie man es auf Grund der bisher bekannten Kohlenstoffverbindungen anzunehmen geneigt war.

Bei diesen Untersuchungen ist aber noch ein weiteres, für die Biologie wichtiges Ergebnis erzielt worden. Es zeigte sich nämlich wiederum, worauf schon vor einigen Jahren Challenor und Thorpe hingewiesen haben, daß bei der Oxydation von aliphatischen Verbindungen mit ungradzahliger Kohlenstoffkette überaus leicht Körper mit gradzahliger Kohlenstoffkette entstehen. Das erklärt wohl die schon oft hervorgehobene merkwürdige Tatsache, daß in den tierischen Fetten, z. B. in der Milch, fast immer nur die Fettsäuren mit einer geraden Anzahl Kohlenstoffatome vorkommen. Die Polarität, wie sie die neuere Atom- und Valenztheorie lehrt, bedingt offenbar einen derartigen paarigen Aufbau und dementsprechend auch einen paarigen Abbau der gewöhnlichen Fettsäuren. S.

Botanische Mitteilungen.

Über die Stratigraphie der russischen Torfmoore. Entsprechend dem Aufschwung, den die Moorforschung in den letzten Jahren genommen hat, ist auch über die russischen Moore von verschiedenen Seiten aus gearbeitet worden; aber die zumeist in russischer Sprache gehaltenen Mitteilungen sind fast durchgängig in schwer zugänglichen Zeitschriften zerstreut. Deshalb ist es sehr zu begrüßen, daß Dokturowski, der selbst im Verein mit seinen Schülern fürdernd auf diesem Gebiete gearbeitet hat, eine deutsche Zusammenfassung der bisher über die Stratigraphie der russischen Moore gewonnenen Ergebnisse liefert (Geol. förhändl. Stockholm 47. 1925), wobei nicht nur die postglazialen, sondern auch die interglazialen Ablagerungen berücksichtigt werden. Es sind schon eine ganze Reihe von interglazialen Torflagern ermittelt worden, die eine sehr reiche Flora zutage gefördert haben. Die Gesellschaft entspricht etwa der gegenwärtigen, so treffen wir an Bäumen Birke, Erle, Hasel, Weiß- und Rotbuche, Eiche, Ahorn, Linde, Esche, Fichte, Kiefer und Tanne; als spezifische diluviale Leitform kann hier wie auch anderwärts die in der Gegenwart fehlende zu den Seerosengewächsen zählende *Brasenia purpurea*

bezeichnet werden. In schärfstem Kontrast zu dieser interglazialen Flora steht die in glazialen Sedimenten angetroffene Gesellschaft mit den charakteristischen auf Kälte hinweisenden Formen, Silberwurz (*Dryas*), Zwergbirke und Gletscherweiden (*Salix polaris*, *S. herbacea*) sowie mehr oder minder nördlich getönten oder ubiquistischen Komponenten, während ausgesprochen wärmebedürftige Pflanzen fehlen. Die postglaziale Entwicklungsfolge fügt sich in großen Zügen in den bisher für das übrige Europa gezeichneten Rahmen ein, d. h. auch hier heben sich die Blytt-Sernanderschen Perioden heraus, wie das in sehr schöner Weise in einer allgemeinen Übersichtstabelle zur Darstellung gebracht ist. An die kalte, arktisch-subarktische Periode mit der *Dryasflora* schließt sich die warm-trockene boreale an; es ist die Zeit des Ancylussees, der das Yoldiamer abgelöst hat. Föhre und Birke, die am Ende der subarktischen Zeit eingewandert sind, breiten sich mächtig aus, Eichenmischwald, Erle und Fichte erscheinen, und sehr häufig birgt der Torf als Hinweis auf die vorübergehende Austrocknung Waldhorizonte (untere Stubbenlage). Auf die boreale folgt die wärmefuchte atlantische Periode, die mit der folgenden zu-

sammen dem Litorinameer zeitlich gleichzusetzen ist, schätzungsweise 5000–3000 v. Chr. In dieser Phase gelangte in Wiesenmooren der untere Seggen-, in Hochmooren der untere Sphagnumtorf zum Absatz. Die atlantische wird durch die trockenkontinentale subboreale Periode, das mutmaßliche postglaziale Wärmemaximum, abgelöst (ca. 3000–500 v. Chr., Bronzezeit). Die Grenzen vieler wärmeliebender Pflanzen sind hier weiter nach Norden vorgeschoben als in der Gegenwart (Wassernuß usw.). Stratigraphisch gibt sich diese Periode häufig durch den „Grenzhorizont“ (obere Stubbenschicht) zu erkennen. Die Erle erreicht ihr Maximum. Den Schlußabschnitt bildet die feuchtkühle subatlantische Periode (Eisenzeit in Schweden bis Gegenwart). In Wiesenmooren wird jetzt der obere Seggentorf, in Hochmooren der obere Sphagnumtorf gebildet. Viele wärmeliebende Formen weichen von ihren nördlich vorgeschobenen Standorten zurück (Wassernuß, Najasarten). Auch der Eichenmischwald räumt vielfach das Feld, dafür ist die Fichte in mächtigem Vordringen begriffen, und die Birke sowie die Föhre erleben einen neuen Anstieg. Beachtung verdient, daß Buche und Tanne — entsprechend der kontinentalen Lage von Rußland — in dieser ganzen Sukzession fehlen.

Methoden der Aufzucht und Kultur der parasitischen Samenpflanzen. E. HEINRICHER, der schon 1910 die Kultur der parasitischen Samenpflanzen in einer kleinen Monographie behandelt hat, widmet demselben Gegenstand eine ausführliche Darstellung in dem bekannten, von ABDERHALDEN herausgegebenen Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden (1921/22). In dem dazwischenliegenden Zeitraum ist eine ganze Menge neuer Erfahrungen dazugekommen, die der Hauptsache nach der eigenen Tätigkeit HEINRICHERS, der ja auf diesem Gebiete eine führende Stellung einnimmt, entstammen. Nach einigen allgemeinen Hinweisen behandelt HEINRICHER in systematischer Reihenfolge die Vertreter der Scrophulariaceen, Orobanchaceen, Convolvulaceen, Lauraceen, Santalaceen, Lanthaceen und Rafflesiaceen, wobei er auch über Erfahrungen an einzelnen ausländischen Arten berichtet. Der große Wert dieser Untersuchungen liegt darin, daß es nicht nur geglückt ist, die Lebensbedingungen und den Entwicklungsgang der einzelnen Formen klar herauszuarbeiten, sondern, daß auf diesem Wege auch eine ganze Reihe phylogenetischer Entwicklungslinien aufgedeckt werden konnte. Das gilt insbesondere von der Familie der Scrophulariaceen, wo wir stufenweise den Übergang von grünen chlorophyllführenden Halbschmarotzern bis zu bleichen Ganzparasiten verfolgen können. Aber auch innerhalb der Gruppe der Halbschmarotzer gibt es schon deutliche Staffelungen. Ein schönes Beispiel dafür liefert die Gattung *Euphrasia* (Augentrost). *Euphrasia minima* vermag unter Umständen noch selbständig hochzukommen; sie ist auch noch im Besitze von Wurzelhaaren. Bei *E. stricta* erreichen in Reinkultur, d. h. ohne Wirt, bloß bei Dichtsaat einzelne Individuen die Blühreife, und zwar dadurch, daß sie sich parasitisch an Schweslerpflanzen ansetzen, auf deren Kosten sie sich ernähren. *E. rostkoviiana* endlich gelangt nur mit Hilfe einer regulären Wirtspflanze zu voller Entwicklung. Ähnliche Reihen lassen sich bei der Gattung *Melampyrum* (Wachtelweizen) aufstellen. Sehr deutlich tritt weiterhin der Zusammenhang zwischen der Kräftigkeit der als Wirt dienenden Art und dem Gedeihen des Parasiten hervor. Das Läusekraut (*Pedicularis*) schmarotzt hauptsächlich in den Jugendstadien. Die extremsten Gattungen stellen *Tozzia* und

Lathraea (Schuppenwurz) dar. *Tozzia* lebt in den ersten Entwicklungsstadien unterirdisch als blasser Ganzparasit. Die Pflanze keimt nur in Gegenwart eines geeigneten Wirtes. *Lathraea* ist zeitlebens Ganzparasit, und die hohen Ansprüche dieses Schmarotzers geben sich darin zu erkennen, daß nur Holzgewächse als Wirtspflanzen gewählt werden. Neben den Scrophulariaceen erfahren vor allem die Lanthaceen mit Mispel (*Viscum*), Eichenmispel (*Loranthus*) und Wachholdermispel (*Acrothobium*), eine eingehende Behandlung. Die Kultur der Wachholdermispel ist HEINRICHER erstmalig geglückt. Dabei hat sich die interessante Tatsache ergeben, daß sich hier der Embryo nicht direkt zu der beblätterten Pflanze entwickelt, vielmehr dringt er zuerst in Gestalt eines thallusartigen Gebildes, das an Pilzmycel erinnert, in das Wirtsgewebe ein und erst von hier aus werden dann auf dem Wege der Adventivbildung normale Sprosse, die aus der Nährpflanze heraustreten, gebildet. Ebenfalls neuartig ist die Kultur von *Cytinus hypocistis*, der einzigen europäischen Rafflesiacee, die HEINRICHER von Samenmaterial ausgehend auf Cistrosen bis zum Blühstadium großziehen konnte. Das berechtigt zu der Hoffnung, daß über kurz oder lang auch einmal die Aufzucht der so interessanten tropischen Schmarotzergewächse gelingt.

Das Verhalten der Windepflanzen im Dunkeln. Während SACHS ganz allgemein die Ansicht vertreten hat, daß das Windevermögen der Schlingpflanzen vom Lichte gänzlich unabhängig ist, sind späterhin in der Literatur verschiedentlich Angaben aufgetaucht, wonach zum mindesten bei einzelnen Objekten eine Abhängigkeit derart besteht, daß die spiraligen Umläufe in völliger Dunkelheit ausbleiben (MAC DOUGAL, NEWCOMBE). Diese Auffassung ist auch in der JOSTschen Physiologie vertreten. Eine diesem Thema gewidmete Arbeit von THEODORESCO (Rev. génér. de bot. 37. 1925) hat aber das Bild wieder zugunsten der SACHSschen Auffassung verschoben. Es hat sich gezeigt, daß unter besonderen Versuchsbedingungen bei allen untersuchten Objekten auch im Dunkeln normale Windungen auftreten, wofür man nur dafür sorgt, daß der basale Teil des Sprosses dem Lichte ausgesetzt bleibt. Offenbar liegen die Dinge so, daß für den Erfolg der Ernährungszustand maßgebend ist. Völlig verdunkelte Pflanzen sind unterernährt und zeigen infolgedessen, wie durch zahlreiche Messungen belegt wird, nur einen geringen Zuwachs. Dieser Hemmung wird durch die basale Belichtung entgegengearbeitet. Das Sproßwachstum wird dadurch soweit gefördert, daß regelmäßige Windungen vollzogen werden können. Wie diese im einzelnen ausfallen, hängt von dem Verhalten der jeweiligen Versuchspflanzen ab. Bei Objekten, bei denen die Sprosse infolge des Etiolements steifer werden, da werden auch die Windungen nicht so ideal ausgebildet wie beim belichteten Material; sie sind viel steiler und infolgedessen weniger zahlreich. Wo indessen auch die etiolierten Sprosse dünn und biegsam bleiben, da treten Windungen auf, die sich von den normalen kaum unterscheiden. (*Periploca*, *Polygonum dumetorum*). Es muß in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen werden, daß manche Windepflanzen auch im Freien, also unter normalen Umständen, im Schatten besser winden als im Licht; dies gilt z. B. von *Vincetoxicum officinale* (Hundswürger) und *Solanum dulcamara* (Bittersüß). Im Einklang damit steht die Tatsache, daß hier gerade die beschattet aufwachsenden Pflanzen rascheres Wachstum und geringere Verholzung zeigen. Die positiven Angaben von THEODORESCO erstrecken sich auch auf Gattungen, von denen NEWCOMBE das Ausbleiben von Windungen besonders ver-

merkt (*Dioscorea*, *Mandevilla*). Es könnte auffällig erscheinen, daß auch bei *Dioscorea batatas*, die in ihren Knollen eine Menge von Reservestoffen birgt, eine Belichtung der Sproßbasis erforderlich ist. Falls eine solche nicht erfolgt, bleiben Windungen völlig aus, und auch das Wachstum ist sehr gering; die Sprosse erlangen nur eine Länge von 1,5 m. Wird aber ein, wenn auch nur geringer Teil der Sproßbasis belichtet, dann winden die verdunkelten Sproßpartien, die bis 14 m erreichen können, ganz ausgezeichnet. Aus der Tatsache, daß es dem Ausfall der Versuche keinen Eintrag tut, wenn man die basalen, belichteten Teile ihrer Blätter beraubt, folgt, daß es nicht die geförderten Assimilationsbedingungen sind, auf die der Erfolg zurückzuführen ist. Es sind möglicherweise ganz bestimmte, durch die Einwirkung des Lichtes ausgelöste Umschaltungen im Stoffwechselgetriebe, von denen der maßgebende Einfluß ausgeht: „Il est vraisemblable que la lumière favorise certaines transformations photochimiques; les substances ainsi produites, transportées vers l'extrémité de la tige placée à l'obscurité, sont propices à la production d'un état de tissus capable de manifester des mouvements d'enroulement.“

Über Kohlensäureassimilation toter Blätter. Schon im Jahre 1904 hat MOLISCH die Leuchtbakterien zur Entscheidung der Frage herangezogen, ob tote Blätter noch imstande sind, Kohlensäure zu assimilieren. Die Möglichkeit hierzu bietet die Tatsache, daß das Leuchtvermögen der genannten Bakterien in engster Abhängigkeit steht von dem Vorhandensein von Sauerstoff. Wenn man dunkel gehaltene Kulturen von Leuchtbakterien, die infolge des Sauerstoffverbrauches das Leuchten eingestellt haben, nach Zusatz von Gewebebrei aus abgetöteten Blättern kurz belichtet, dann leuchten sie wieder auf, eine Erscheinung, die nur so zu erklären ist, daß nunmehr das im Gewebebrei vorhandene Chlorophyll seine Assimilationstätigkeit wieder aufnimmt und auf diese Weise Sauerstoff freimacht. Dieser Versuch ist damals indessen MOLISCH nur bei einer Taubnesselart geglückt, so daß er der Meinung war, es handle sich hierbei bloß um ein exzeptionelles Verhalten. Trotzdem erblickte MOLISCH hierin eine Bestätigung einiger in der Literatur verbreiteter, aber vielfach nicht hinreichend begründeter Angaben, wonach den toten Blättern die Befähigung zur Assimilation zugeschrieben wird. Neuerdings hatte nun MOLISCH Gelegenheit, seine Erfahrungen in Japan mit der Leuchtbakterienart *Pseudomonas lucifera* zu vertiefen (Zeitschr. f. Botanik 17. 1925). Er fügte der Bouillonkultur, in der diese Bakterien gehalten wurden, das Blattzerreibsel mehrtägig getrockneter Blätter der verschiedensten Gattungen von Blütenpflanzen (Mais, Rübe, Spinat, Kohl, Rettich, Erbse, Klee, Platterbse, Wicke, Veilchen, Nachtschatten, Holunder, Lattich usw.) hinzu und verbrachte das ganze in Gefäße mit eingeschlifften Stöpseln, um den Zutritt von Luft zu verhindern. Wenn die Kulturen, die zunächst verdunkelt waren, dem Licht ausgesetzt wurden, dann trat oft schon nach wenigen Sekunden ein lebhaftes Leuchten auf. Diese Erscheinung zeigte sich bei fast allen untersuchten Blättern, und wenn einige Objekte eine Ausnahme machten, so lag dies wohl daran, daß hier im Blattgewebe Säuren enthalten waren, die dem Gedeihen der Bakterien im Wege stehen (z. B. Sauerklee und Schiefblatt). Tatsächlich gelang es, auch hier ein Leuchten zu erzielen, wenn die Flüssigkeit mit Sodalösung alkalisch gemacht wurde. Die Versuche wurden nun nach der Richtung variiert, daß die Blätter im Exsiccator wochenlang getrocknet wurden, so daß an ihren Tode nicht zu zweifeln war, und auch diese Handhabung tat dem Ausfall der

Versuche keinen Eintrag. Derselbe Erfolg trat ein, wenn die Blätter nach dem Trocknen 2 Stunden im Thermostaten auf 70° erwärmt wurden, oder wenn man sie durch Erfrieren in einwandfreier Weise abtötete. Nur Erhitzen in Wasser ist zu vermeiden. Das zieht offenbar eine Schädigung der Tätigkeit der Chloroplasten nach sich. Nach diesen Experimenten läßt sich nun mit größter Sicherheit und auf allgemeiner Grundlage aussprechen, daß die Assimilation nicht an das Leben der Zellen geknüpft ist.

Die rheinischen Hieracien. Der fünfte Beitrag zu den rheinischen Hieracien, dessen sich in Jahresrhythmus folgende Vorgänger alle in dieser Zeitschrift angezeigt worden sind, handelt von den beiden Arktischen *Hieracium pilosella* und *H. auricula*, deren Bearbeitung sich TOUTON aufgespart hat, um die entsprechenden Abschnitte ZAHNS in ENGLERS Pflanzenfamilien und ASCHERSONS und GRÄBNERS Synopsis der mitteleuropäischen Flora abzuwarten. Nachdem nun auch dieser Teil heraus ist, haben die Vorstudien TOUTONS zur Gattung *Hieracium* in den Rheinlanden ihren Abschluß gefunden (Jahrb. Nassau. Ver. Naturk. 77. 1925), und es soll nur noch in Nachträgen über ergänzende Erfahrungen berichtet werden. Die beiden genannten Artenkreise, die nach dem gegenwärtigen Stand der Forschung nur Sammelgruppen darstellen, weisen einen erdrückenden Formenreichtum auf, der ein halbes Tausend weit übersteigt. Das steht damit im Zusammenhang, daß durch ständige Bastardierung und daran anschließende apomiktische Fortpflanzung unentwegt neue konstante Formen resultieren. Infolgedessen findet auch eine weitgehende Überschneidung der morphologischen Charaktere statt, so daß es schwer fällt, eine scharfe Gruppierung der Kleinarten und Varietäten vorzunehmen. TOUTON folgt hier nicht der neuerdings von ZAHN vorgenommenen Gliederung, sondern der älteren Einteilung von NÄGELI und PETER, indem er zwar die praktischen Vorzüge der ZAHNSchen Klassifikation speziell für Bestimmungszwecke anerkennt, aber andererseits die Auffassung vertritt, daß die Einteilung von NÄGELI und PETER mehr den eigentlichen verwandtschaftlichen Verhältnissen gerecht wird. Das wird in der Einleitung im einzelnen begründet.

Viehweide, ein am Formwechsel und an der Artbildung der Pflanzen mitwirkender Faktor. Unter dem vorstehenden Titel berichtet HEINRICHER (Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss., Wien. Mathem.-naturw. Kl., Abt. I, 134. 1925), über Beobachtungen an *Centaurea jacea*, der gewöhnlichen Flockenblume, die unter besonderen Standortverhältnissen in sehr auffälliger, von der Normalform weit abweichender Tracht erscheint. Es handelt sich um die Zwergform var. *pygmaea*, die HEINRICHER auf österreichischen Weidwiesen fand. Während normale Pflanzen eine Höhe von 3–5 dm erreicht, verfügt die Zwergform nur über ebensoviel Zentimeter, gelangt aber in diesem Zustande zur Frucht-reife. Durch Samenaussaat konnte festgestellt werden, daß der Zwergwuchs erblich ist. Von der Vermutung ausgehend, daß es sich hierbei um eine Form handelt, die überhaupt für Weidwiesen bezeichnend ist, hat HEINRICHER die Literatur nach Angaben über diese Varietät durchgesehen und gefunden, daß allgemein die Standortserkmale mit dieser Auffassung im Einklang stehen. Das legt die Deutung nahe, daß wir es hier mit einer ähnlichen Erscheinung zu tun haben, wie bei den Saisonformen, die durch die trefflichen Untersuchungen von R. v. WETTSTEIN bekanntgeworden sind. Wie dort die Sense, so übt hier auf der Weide der Zahn des Viehes, dem die hohen Exemplare zum Opfer fallen, eine Selektionswirkung aus. Auf die

Dauer haben sich nur die niederen Zwergformen gehalten. Wie diese Zwergformen aber erstmalig zustande gekommen sind, das ist eine durchaus hypothetische Frage. Für die saisondimorphen Formen vermutet v. WETTSTEIN, daß sie auf dem Wege der Mutation erzeugt sind, und der Selektionsprozeß einfach dahin wirkte, daß die mit den besonderen Lebensverhältnissen in Einklang stehenden Formen erhalten geblieben sind. Dieselbe Betrachtung könnte man für die var. pygmaea anwenden. HEINRICHER bringt aber eine andere Ableitung in Vorschlag. Danach soll der mit Regelmäßigkeit sich wiederholende Viehverbiß zu einer Schwächung der Pflanze führen, die schließlich in einer Verkleinerung der Chromosomen ihren Widerklang findet, ähnlich wie manche Riesenformen¹⁾ durch Vergrößerung der Chromosomen gekennzeichnet sind. Nachdem einmal das Chromosomensystem in Mitleidenschaft gezogen war, wäre dann der Zwerghabitus erblich geworden. Wenn diese zytologisch bis jetzt noch nicht gestützte und überhaupt sehr schwer exakt beweisbare Ansicht richtig sein sollte, dann wäre damit ein Fall der heiß umstrittenen Vererbung erworbener Eigenschaften gegeben! Centaurea ist übrigens nicht die einzige derartige Weidform; HEINRICHER berichtet über analoge Erscheinungen bei der Prunelle (*Prunella vulgaris*) und auch in der floristischen Literatur kann man weitere Belege finden.

Über die Symbiose der beiden Lebermoose *Blasia pusilla* L. und *Cavicularia densa* St. mit *Nostoc*. Zu den zahlreichen Symbiosen, welche die Cyanophyceen (blaugrüne Algen) mit höherstehenden Pflanzen ein-

¹⁾ Bei den eigentlichen „Gigasformen“ ist eine Verdoppelung des Chromosomensatzes eingetreten.

gehen (z. B. *Azolla*, *Cycas*, *Gunnera*), gehört auch diejenige zwischen *Nostoc* auf der einen, den Lebermoosgattungen *Blasia* und *Cavicularia* auf der anderen Seite. Hierüber hat in jüngster Zeit MOLISCH Erfahrungen gesammelt (Sc. Rep. Tōhoku Imp. Univ. 1, 4. Ser. 1925). Die Algen leben an ganz bestimmten Stellen des Lebermoosthalls, und zwar kolonienweise innerhalb des Gewebeverbandes. MOLISCH versuchte die beiden Partner zu isolieren, hatte indessen bloß mit *Nostoc* Erfolg, während die beiden Lebermoose trotz aller Bemühungen nicht in algenfreiem Zustande zu gewinnen waren. Von hoher Bedeutung ist nun die Feststellung MOLISCHS, daß *Nostoc* imstande ist, den freien Stickstoff der Luft zu assimilieren, und keinen gebundenen Stickstoff zu ihrem Gedeihen braucht. Das legt die Vermutung nahe, daß *Nostoc* für ihre Wirtspflanzen dieselbe Bedeutung hat, wie die Knöllchenbakterien bei den Leguminosen. Mit dieser Deutung stünde die Tatsache im Einklang, daß die in Frage kommenden Lebermoose auf magerem, stickstoffärmeren Boden gedeihen. Möglicherweise stehen die eigenartigen Kolbenhaare, welche vom Wirtsgewebe ausgehen und die Algenkolonien durchsetzen, mit dem Stoffaustausch in Verbindung. Ganz entsprechende Gebilde findet man bei der Symbiose *Anabaena* (Cyanophyceae) — *Azolla* (Farn). Während nach der vorgetragenen Auffassung die Algen die Lebermooswirte mit Stickstoff versorgen, empfangen sie ihrerseits, da sie ja im Innern des Wirtes leben, von ihm die lebensnotwendigen Nährsalze und sind der Vertrocknungsgefahr weniger ausgesetzt, als wenn sie frei leben würden. Somit dürfte es sich um eine richtige Symbiose mit gegenseitiger Förderung handeln, ohne daß indessen eine absolute Koppelung vorläge. STARK.

Physikalische Mitteilungen.

Die Feinstruktur der Quecksilberlinie $\lambda = 2536,7$. Die Resonanzlinie des Quecksilbers $\lambda = 2536,7$ spielt bekanntlich in vielen atomphysikalischen Experimenten, wie Absorptions-, Fluoreszenz- und Elektronenstoßversuchen, eine bedeutende Rolle, und es ist daher die Frage nach ihrer Struktur von außerordentlicher Wichtigkeit. Bekannt ist, daß die meisten Quecksilberlinien eine sog. Feinstruktur zeigen, d. h. die Linien bestehen, wie sich bei Beobachtung mit Spektralapparaten großer Dispersion und großen Auflösungsvermögens ergibt, aus einer Reihe von eng benachbarten Einzellinien, deren Abstände von der Größenordnung von einigen tausendstel bis zu zehntel Angströmeinheiten sind. Die Auflösung der Linien in ihre Feinstruktur ist bei den im sichtbaren Spektralgebiet gelegenen Linien schon seit langem gelungen, dagegen war bei den im Ultraviolett gelegenen und mit Glasoptik nicht mehr erreichbaren Linien eine so weitgehende Analyse bis vor kurzem nicht möglich. Zur Untersuchung kommen im wesentlichen Interferenzapparate in Frage, und zwar ist die Anordnung, bei der das größte Auflösungsvermögen erreicht wird, die, bei der 2 Interferenzapparate gekreuzt hintereinander geschaltet werden. Handelt es sich z. B. um LUMMER-GEHRCKE-Platten, so gäbe jede Platte für sich ein System von nahezu äquidistanten Interferenzstreifen. Gekreuzt kann Licht nur entstehen an solchen Stellen, an denen 2 Streifen, die von Licht derselben Wellenlänge herrühren, sich schneiden. Man erhält also ein System von Interferenzpunkten, die bei komplizierter Struktur der Linien einem Tapetenmuster nicht unähnlich sind. Der Firma A. Hilger ist es nun gelungen, LUMMER-GEHRCKE-Platten von

ausgezeichneter Qualität aus krystallinem Quarz herzustellen, und damit ergibt sich die Möglichkeit, auch die im Ultraviolett gelegenen Linien auf ihre Feinstruktur hin zu untersuchen. Eine solche Untersuchung mit 2 gekreuzten LUMMER-GEHRCKE-Platten ist zuerst von NAGAOKA und seinen Mitarbeitern¹⁾ ausgeführt worden. Für sämtliche starke Hg-Linien wurde die Feinstruktur ermittelt, insbesondere auch für die Linie $\lambda = 2536,7$. NAGAOKA gibt an, daß diese Linie im wesentlichen aus 6 Komponenten besteht mit nahezu gleichen Abständen von etwa $0,01 \text{ \AA}$. Dies Resultat ist nun von R. W. WOOD²⁾, dem bekannten amerikanischen Physiker, dem Entdecker der Resonanzfluoreszenz, nachgeprüft worden. WOOD benutzt auch 2 gekreuzte HILGERSche LUMMER-GEHRCKE-Platten aus Quarz und legt bei seinen Versuchen besonderen Wert darauf, eine Fehlerquelle zu vermeiden, die NAGAOKA nicht berücksichtigt hat. Da $\lambda = 2536,7$ eine Absorptionslinie des Hg-Atoms ist, so tritt in der Lichtquelle leicht Selbstumkehr ein, wenn man nicht besondere Vorsichtsmaßregeln anwendet. WOOD benutzte bei seinen Versuchen eine COOPER-HEWITT-Lampe, deren Quecksilberkathode besonders gekühlt wurde. Außerdem wurde durch ein Magnetfeld die Entladungsbahn an die Wand des Rohres gedrückt, die den Spektralapparaten zugekehrt war. Auf diese Weise wurde die Selbstumkehr vermieden. WOOD erhielt nun mit dieser Lichtquelle ein ganz anderes Feinstrukturbild, das aus

¹⁾ H. NAGAOKA und Y. SUGIURA, Japan. Journ. of physics 2, 121, 167. 1923.

²⁾ R. W. WOOD, Philosoph. mag.

5 Komponenten von nahezu gleicher Intensität und nahezu gleichen Abständen, nämlich 0,014, 0,010, 0,011, 0,011 ÅE., besteht. Wood schaltete nun in den Strahlengang zwischen Lampe und Spektralapparat eine evakuierte Quarzkugel mit einem Tropfen Quecksilber, der auf 0° C abgekühlt wurde. Dann verwandelte sich das Bild der 5 Komponenten in eines mit 10 Komponenten um, die dadurch entstehen, daß aus jeder der 5 Komponenten der mittlere Teil wegabsorbiert wird. Wenn die Temperatur des Absorptionsgefäßes vergrößert wurde, so verbreitern sich diese absorbierten Teile, und durch das Zusammenlaufen benachbarter Komponenten können dann verschiedenartige Bilder entstehen, die aber mit der wahren Struktur der Linie nichts mehr zu tun haben. Wood stellte besondere Versuche an, um auch das von NAGAOKA erhaltene Aufspaltungsbild nachzuahmen. Das gelang ihm auch bei Verwendung einer besonderen Lampe, die es gestattete, die Länge der vor der leuchtenden Schicht liegenden absorbierenden Dampfschicht zu verändern.

Es bleibt schließlich noch zu erörtern, wie die Feinstruktur der Linien zu erklären ist. Hierfür hat W. PAULI¹⁾ in dieser Zeitschrift vom theoretischen Standpunkte eine Deutung zu geben versucht. Formal läßt sich zeigen, daß man die Feinstruktur bestimmter Linien dadurch erklären kann, daß man eine Aufspaltung der Energieniveaus annimmt, die den Anfangs- und Endzustand der Linie bilden. Diesen Energieniveaus lassen sich dann auch, wie G. JOOS²⁾ einerseits und RUARK, MOHLER und CHENAULT³⁾ andererseits insbesondere für Linien von Tl, Cd und Bi gezeigt haben, neue Quantenzahlen der Feinstruktur zuordnen, für die ein Auswahlprinzip gilt, das in seiner Anwendung gerade das Auftreten der tatsächlich beobachteten Komponenten erklärt. Für die Komponenten der Quecksilberlinien ist aber bisher eine solche formale Deutung zwar von RUARK in Aussicht gestellt, aber bisher nicht veröffentlicht worden.

Interferenzuntersuchungen an Kanalstrahlen. In den Ann. d. Physik 79, 1. 1926, ist eine Arbeit von E. RUPP über Interferenzuntersuchungen an Kanalstrahlen erschienen, über deren interessanten Inhalt hier berichtet werden soll, zumal da die Aufmerksamkeit der Leser dieser Zeitschr. durch die Note von A. EINSTEIN in Heft 14, S. 300, bereits auf diese Arbeit gelenkt ist. Bekanntlich ist es W. WIEN zuerst gelungen, ein Kanalstrahlrohr zu konstruieren, bei dem die in einem Gasentladungsraum erzeugten, schnell bewegten positiven Ionen durch einen engen Kanal in der Kathode in den hochevakuierten Raum hinter dieser eintreten. Hinter der Kathode entsteht ein schwach leuchtender Lichtpinself, dessen Intensität mit wachsendem Abstände von der Kathode schnell abnimmt. Aus dem von W. WIEN sehr sorgfältig gemessenen Intensitätsabfall läßt sich eine fundamentale Zeitkonstante ermitteln, die vom Standpunkte der klassischen Theorie als Abklingzeit einer von einem gedämpften Oszillator emittierten Lichtwelle, oder vom Standpunkte der Quantentheorie als mittlere Verweilzeit eines BOHRschen Atoms in einem angeregten Zustande gedeutet werden kann. Da es sich bei dieser Erscheinung um den ungestörten Elementarprozeß der Lichtemission bewegter Atome handelt, ist es von besonderem Interesse, das von diesen Kanalstrahlen emittierte Licht auf seine Interferenzfähigkeit zu unter-

suchen. Dieses Problem bildet den Gegenstand der oben zitierten Arbeit, in der es E. RUPP gelungen ist, die großen Schwierigkeiten, die einer derartigen Untersuchung entgegenstehen, zu überwinden. Die von ihm benutzte Versuchsanordnung ist in Fig. 1 skizziert. Das Kanalstrahlrohr *K* mit der Anode *A* und der durchbohrten Kathode *P* wird mit dem Strome einer großen Influenzmaschine oder dem gleichgerichteten Strome eines Transformators betrieben. Als Gas wurde Wasserstoff oder Hg-Dampf verwendet. Der Raum hinter der Kathode wird durch die bei *M* angesetzten Diffusionspumpen weitgehend evakuiert. Der hinter der Kathode bei *K* entstehende Lichtpinself wird durch die Linse *L*₁ auf den Spalt *B* abgebildet. Dieser kann in der Längsrichtung des Kanalstrahles verschoben werden, so daß verschiedene Teile des leuchtenden Bündels zur Untersuchung kommen können, auch kann die Weite dieses Spaltes verändert werden. Das durch den Spalt tretende Licht wird nun durch die in Brennweite von *B* aufgestellte Linse *L*₂ parallel gemacht. Hinter *L*₂ steht ein Farbfilter *F*_i, das bei der Untersuchung von Wasserstoff nur die Linie *H*_β, bei Untersuchung von Quecksilber nur die grüne Linie $\lambda = 5461$ ÅE durch-

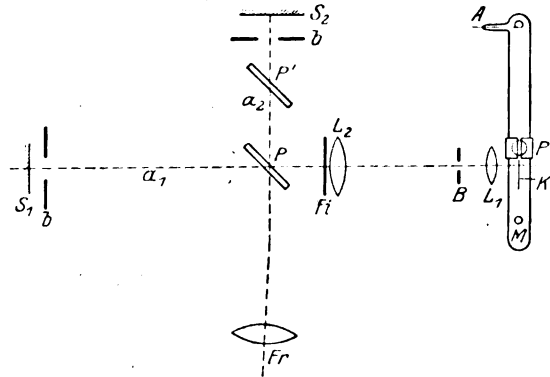


Fig. 1. Skizze der Versuchsanordnung. Rechts das Kanalstrahlrohr, *A* die Anode, *P* die durchbohrte Kathode, *K* das Kanalstrahlbündel, *M* Ansatzrohr zur Pumpe, *L*₁ Linse $f = 4$ cm, *B* Spaltblende, in der Richtung der Kanalstrahlen verschiebbar, *L*₂ Linse $f = 40$ cm, *F*_i Farbenfilter, *P* halbversilberte, planparallele Platte, *P'* Kompensationsplatte, *bb* Blenden, *S*₁ und *S*₂ Spiegel, davon *S*₁ in Richtung nach *P* verschiebbar, $a_1 = PS_1$, $a_2 = PS_2$, *Fr* Beobachtungsfernrohr.

läßt. Durch Benutzung dieser Filter an Stelle eines Monochromators mit spektraler Zerlegung wird die für die Beobachtungen erforderliche Lichtintensität erreicht. Das parallele Licht fällt nun auf ein MICHELSONSches Interferometer, dessen Anordnung wohl ohne weiteres aus der Fig. 1 ersichtlich ist. Der Spiegel *S*₂ steht fest, während *S*₁ durch eine Schraubspindel beweglich ist, so daß der Gangunterschied $2(a_1 - a_2)$ der interferierenden Strahlen veränderlich ist. Die Interferenzstreifen werden im Fernrohr *Fr* okular beobachtet. Photographische Aufnahmen waren bei der Lichtschwäche der Kanalstrahlen und den nicht völlig vermeidbaren Schwankungen durch Erschütterungen nicht durchführbar.

Die eigentliche Aufgabe besteht nun darin, zu untersuchen, bis zu welchen maximalen Gangunterschieden die Interferenzfähigkeit des von den Kanalstrahlen

¹⁾ W. PAULI, Naturwissenschaften 12, 741. 1924.

²⁾ G. JOOS, Physikal. Zeitschr. 26, 380. 1925.

³⁾ E. RUARK, F. L. MOHLER und R. L. CHENAULT, Nature 114, 475. 1924 und Philosoph. mag.

emittierten Lichtes erhalten bleibt. Die Untersuchung geht also in der Weise vor sich, daß der Spiegel S_1 von der Stellung $a_1 = a_2$ aus so lange verschoben wird, bis die Interferenzstreifen verschwinden. Ein Verschwinden der Interferenzstreifen kann nun durch verschiedene Umstände verursacht werden: 1. Durch die Struktur der Spektrallinien. H_β ist z. B. eine enge Doppellinie. Diese Struktur bewirkt ein periodisches Verschwinden der Interferenzstreifen, aus dem der Abstand der Dublett Komponenten berechnet werden kann. Die Hg -Linie 5461 hat bekanntlich eine komplizierte Feinstruktur, die Trabanten der Hauptlinie sind aber so schwach, daß sich diese Struktur nur in Schwankungen der Intensität der Streifen bemerkbar machte. Auch die Breite der Einzellinien bewirkt ein periodisches Verschwinden der Streifen, wobei die Nullstellen wesentlich unschärfer sind. Die Breite der Linien kann verursacht sein durch die Wärmebewegung und den Dopplereffekt. Der letztere ist im allgemeinen sehr klein, da ja senkrecht zur Richtung der Kanalstrahlen beobachtet wird. Er kann jedoch direkt auch zur Bestimmung der Geschwindigkeit der Kanalstrahlen herangezogen werden, indem das Kanalstrahlrohr um 45° gedreht wird. Dann läßt sich der Wellenlängenunterschied zwischen der mit Dopplerverschiebung von den bewegten Kanalstrahlen emittierten Spektrallinie und der von den ruhenden Atomen emittierten Linie (deren Intensität durch Weglassen der Kühlung in diesem Falle künstlich verstärkt wurde) aus dem periodischen Verschwinden der Interferenzstreifen bestimmen. So ermittelte RUPP die Geschwindigkeit der Kanalstrahlen, die bei Wasserstoff zwischen $3,8$ und $9,2 \cdot 10^7$ cm/sec, bei Hg von $0,58$ bis $1,75 \cdot 10^7$ cm/sec variiert werden konnte.

Weitere Ursachen für das Verschwinden der Interferenzstreifen sind nun apparativer Natur. Kleine Fehler der Platte P , Unebenheiten der Spiegel, Linsenfehler und Ungleichmäßigkeiten des Strahlenganges sind unvermeidlich und begrenzen schließlich die Leistungsfähigkeit des Interferometers. Der größte erreichte Gangunterschied betrug bei der Kanalstrahlemission von H_β $15,2$ cm und ist wohl durch die Struktur und die Linienbreite bedingt. Bei Hg 5461 konnten Interferenzen bis zu 62 cm Gangunterschied in allen oft wiederholten Meßreihen erhalten werden. Diese Grenze scheint durch maximale Leistungsfähigkeit der Apparatur bedingt zu sein, zumal da diese Grenze sich als unabhängig von der Geschwindigkeit der Kanalstrahlen erwies und also nicht durch den Dopplereffekt verursacht sein kann.

Es werden nun Versuche angestellt über die Abhängigkeit dieses größten Gangunterschiedes $L = 2(a_1 - a_2)$ von einer Verschiebung des Spaltes B in der Längsrichtung des Kanalstrahles. Ist l der seitliche Abstand des Spaltes von dem Ende der Kathode, so ergibt sich bei Hg , daß bei wachsendem l der Gangunterschied L zunächst den größtmöglichen Wert von 62 cm behält und dann bei einer bestimmten Entfernung l' auf den Wert von etwa 20 cm fällt. Dieser letztere Wert entspricht, wie besondere Versuche zeigen, der Kohärenzlänge des Umladeleuchtens, also der durch Zusammenstöße gestörten Lichtemission. Die Entfernung l' ist nun, wie die Versuche ergaben, nahezu proportional der Geschwindigkeit v der Kanalstrahlen (für $v = 2 \cdot 10^7$ cm/sec. ist $l' = 0,4$ cm, für $v = 1,05 \cdot 10^7$ ist $l' = 0,2$ cm). Ein ähnliches Resultat

wird für H_β abgeleitet. Das Verhältnis l'/v ist also, wie der Verf. schließt, eine von der Geschwindigkeit v unabhängige Zeitgröße, und zwar ist l'/v für Hg 5461 $\cong 2 \cdot 10^{-9}$ sec, für H_β $\cong 2,8 \cdot 10^{-9}$ sec. Diese Zeiten werden vom Verf. als Mindestwerte der Abklingzeit gedeutet und direkt mit den von W. WIEN aus der Intensitätsabnahme gefundenen Werten dieser Größe verglichen. W. WIEN findet $2 \cdot 10^{-8}$ sec, so daß die zahlenmäßige Übereinstimmung als gut bezeichnet werden muß. Trotzdem kann man vielleicht Bedenken haben, ob diese Identifizierung berechtigt ist, weil bei RUPP die maximalen Gangunterschiede L , deren plötzlicher Abfall beim Abstände l' von der Kathode beobachtet wird, im Falle der Hg -Linie durch apparative Umstände, bei H_β durch die Struktur der Linie bedingt ist und man nicht weiß, wie die Abhängigkeit des L von l aussehen würde, wenn der Apparat vollkommen wäre und H_β keine Feinstruktur und Linienbreite besäße.

Eine anderweitige Berechnung einer Mindestabklingreihe t' ergibt sich einfach als der Quotient aus der maximalen Kohärenzlänge L und der Lichtgeschwindigkeit c , also $t' = \frac{L}{c}$, wenn man an dem

Grundsatz festhält, daß nur von ein und demselben Atom ausgesandte Wellenzüge interferenzfähig sind. Die so berechneten Werte $t' = 2 \cdot 10^{-9}$ sec für Hg 5461 und $t' = 0,5 \cdot 10^{-9}$ sec sind wesentlich kleiner als die sonst berechneten und zeigen eben, daß diese maximal erreichbaren Gangunterschiede nicht durch die Grenze der Kohärenzfähigkeit des Lichtes, sondern eben durch apparative und linienstrukturelle Umstände bedingt sind.

In einem weiteren Kapitel wird die Abhängigkeit der Kohärenzlänge des dicht hinter dem Kanal emittierten Lichtes vom Gasdruck in diesem Teile des Raumes untersucht. Die Versuche ergeben, wie zu erwarten, bei wachsendem Druck im Bereich von $0,001$ bis $0,02$ mm Hg eine starke Abnahme der größterreichbaren Kohärenzlänge L vom Druck. Aus L und der Geschwindigkeit v der Kanalstrahlen kann man die mittlere freie Weglänge l des leuchtenden Atoms bis zur Störung der Lichtemission berechnen

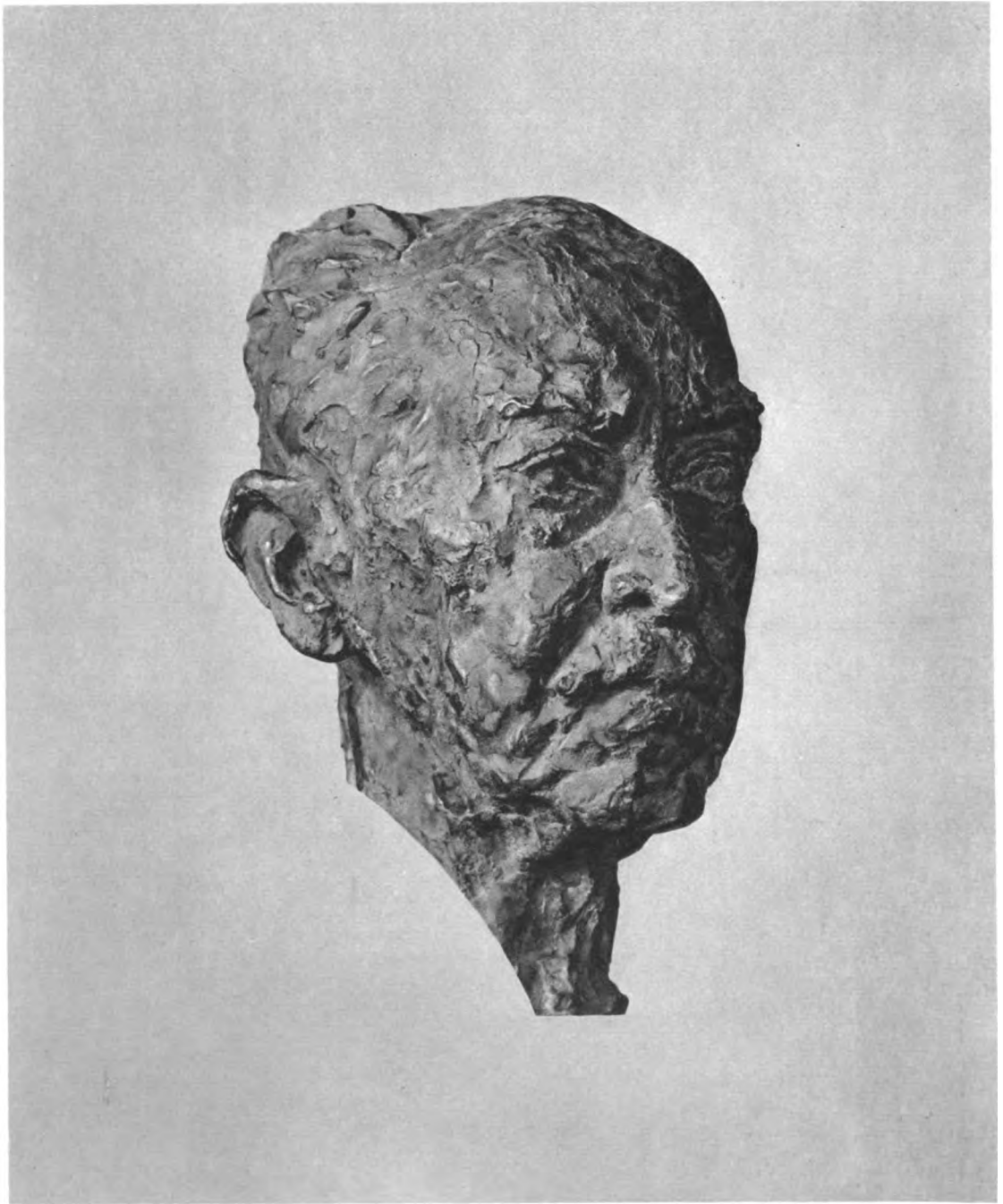
nach der Formel $l = L \cdot \frac{v}{c}$. Auch diese nimmt mit

wachsenden Druck schnell ab und das Leuchtphänomen geht vom reinen Abklingleuchten, wo l klein ist gegen die gaskinetische Weglänge l_k , über in das Phänomen des Umladeleuchtens, wo l bestimmt ist durch die Störungen durch Nachbaratome, die nur einen Phasenwechsel des emittierten Wellenzuges zu bewirken brauchen, um die Kohärenzfähigkeit desselben zu begrenzen.

Sodann werden noch Versuche angestellt, die zur Prüfung der Frage dienen, ob die Wellenfläche des Lichtes bewegter Atome von der Wellenfläche lichtemittierender ruhender Atome abweicht. Es ergibt sich, daß diese Abweichung, wenn überhaupt vorhanden, kleiner als ein Hundertstel des theoretisch zu erwartenden Betrages ist. Zum Schluß wird für H_β festgestellt, daß, wie schon STARK gefunden hat, das von den Kanalstrahlen emittierte Licht teilweise polarisiert ist, und zwar überwiegt die Intensität des senkrecht zum Kanalstrahl polarisierten Bestandteiles.

W. GROTRIAN.





ADOLF VON HARNACK

ZUR VOLLENDUNG

DES FÜNFUNDSIEBZIGSTEN
LEBENSJAHRES

★

Inhalt:

	Seite
ADOLF VON HARNACK. Zum fünfundsiebzigsten Geburtstage. Von H. A. KRÜSS, Berlin	403
Über den Stand der Frage nach der Umwandelbarkeit der chemischen Elemente. Von F. HABER, Berlin-Dahlem	405
Der gegenwärtige Stand der Zoologie und die Gründung zoologischer Stationen. Von ANTON DOHRN, Neapel. Neudruck aus: Preußische Jahrbücher, Bd. 30, 1872 .	412
Erste Erfahrungen mit dem rotierenden Laboratorium. Von L. PRANDTL, Göttingen .	425
Über die chemische Reaktion von Gasen. Von HARTMUT KALLMANN, Berlin-Dahlem	427
Merkmal und Erbanlage. (<i>Ipomoea imperialis reduplicata</i> .) Von C. CORRENS, Berlin- Dahlem	431
Über experimentelle Unsterblichkeit von Protozoen-Individuen. Von M. HARTMANN, Berlin-Dahlem	433
Neue Ergebnisse der Celluloseforschung im Lichte der NÄGELISCHEN Micellartheorie. Von KURT HESS, Berlin-Dahlem	435
Über den Unterschied von links- und rechts-Milchsäure im Organismus. Von O. MEYERHOF und K. LOHMANN, Berlin-Dahlem	437
Über die Bildung von Milchsäure durch die Zellen grüner Pflanzen. Von CARL NEUBERG und GÜNTHER GORR, Berlin-Dahlem	437
Über Abtötung von Tumorzellen im Körper. Von OTTO WARBURG und ERWIN NEGELEIN, Berlin-Dahlem	439

Adolf von Harnack.

Zum fünfundsiebzigsten Geburtstage.

Von H. A. KRÜSS, Berlin.

Zum fünfundsiebzigsten Geburtstage ADOLF VON HARNACKS ein Bild seiner Gesamtpersönlichkeit und seines gesamten Wirkens zu geben, kann nicht hier der Ort und nicht eine mir zukommende Aufgabe sein. Ich kann nur versuchen, ihn in dem Ausschnitt seines vielseitigen und vielgestaltigen Wirkens zu erfassen, in dem mein eigener Lebenskreis mit dem seinen in Berührung getreten ist und von ihm fort und fort Anregung und Bereicherung erfahren hat.

HARNACK sagt einmal: „Im Altertum zweifelte man, ob die ‚Spezialisten‘ in die Gelehrtenrepublik gehören; heute sind sie die Meister, und die anderen mögen zusehen, wie sie ihren Platz behaupten“, und an einer anderen Stelle: „Wie oft ist es doch der Wissenschaft schon begegnet, daß die Fülle neuer Erkenntnisse sie scheinbar zurückgeworfen hat. Indem man reicher wurde, wurde man ärmer, ärmer an allgemeinen Erkenntnissen.“

Wir beklagen es, daß die stetig fortschreitende Entfaltung der Wissenschaft in immer neue Zweige den einzelnen Forscher zu immer weitergehender Spezialisierung führt und daß uns die Einheit der Wissenschaft immer mehr verlorengeht. Wohl sehen wir, wie gerade heute die Verbindungen zwischen den einzelnen Fächern immer zahlreicher werden und wie gerade auf den Grenzgebieten das Neue erwächst. Aber doch können wir mit HARNACK fragen: „Wenn heute ein Wilhelm von Humboldt oder Schleiermacher oder Alexander von Humboldt wiederkäme, er würde staunen über den Umfang unserer Forschungen und die Sicherheit der Methoden; aber würden ihm auch die Forscher ganz willkommen sein, und würde er jene harmonische Bildung bei ihnen finden, die er als die herrlichste Frucht der Wissenschaft geschätzt hat?“ Um so bedeutungsvoller ist es, wenn heute den großen universalen Aufgaben der Gesamtwissenschaft eine wahrhaft gelehrte Persönlichkeit universalen Geistes ersteht, bedeutungsvoll nicht nur, um der Wissenschaft selbst und ihrer Einheit willen, sondern auch, weil die wissenschaftliche Arbeit organisatorische Voraussetzungen hat, die nur auf universaler Einstellung beruhen können und die zu ihrer Schaffung Menschen brauchen, die diese Einstellung besitzen.

Schon an einer flüchtigen Durchsicht der langen Reihe von HARNACKS Schriften offenbart sich die erstaunliche Universalität seines Geistes. In seiner eigenen Fachwissenschaft anerkannt als Begründer

eines neuen Abschnitts kirchengeschichtlicher Forschung, der er neben allem andern fortschaffend bis heute treu geblieben ist, hat er sich schon zu früher Zeit weit darüber hinausgreifend anderen wissenschaftlichen Aufgaben und allgemeineren Fragen zugewendet. Alles, was die Zeit bewegt, Staat, Kirche, Gesellschaft, Schule, Bildung, wächst in den stetig sich erweiternden Umkreis seines Schaffens hinein. Aber in allem Vielfältigen ist doch keine Zersplitterung, denn überall zieht die gleiche Linie einer universalen Auffassung der Zusammenhänge hindurch, die das eine durch das andere befruchtet und so das Vielfache zu einer wunderbaren Geschlossenheit des ganzen Werkes zusammenführt. Universal aber ist HARNACK nicht nur in der Mannigfaltigkeit und in der Verknüpfung des Gleichzeitigen, sondern ebenso in der Verknüpfung des Zeitlichen mit der Geschichte, in der es geworden ist. Es ist sicher nicht gelehrtes Interesse allein, sondern eine innere Verwandtschaft, die ihn schon früh zu AUGUSTIN geführt hat und immer wieder zu ihm zurückkehren läßt, AUGUSTIN, „der mit allen großen geistigen Mächten seines Zeitalters in innigster Verbindung stand, und dessen Name auf den Blättern der Geschichte des Abendlandes von den Tagen der Völkerwanderung an bis auf unsere Tage unauslöschlich geschrieben steht“.

So war kein anderer wie HARNACK berufen, an Stellen zu treten, wo es galt, die gesamte Wissenschaft und Kultur in ihrer Einheit zu umfassen. Er wurde der Geschichtschreiber der Berliner Akademie zu ihrer Zweihundert-Jahrfeier im Jahre 1900. Im gleichen Jahre wie sein „Wesen des Christentums“, das seinen Namen in die ganze christliche Kulturwelt hinausgetragen hat, erschien seine „Geschichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften“, ein Monumentalwerk, das von LEIBNIZ an zugleich eine Geschichte der gesamten Wissenschaft und des deutschen Geisteslebens durch zwei Jahrhunderte ist.

Im Jahre 1905 wurde HARNACK als Generaldirektor der Königlichen Bibliothek in Berlin berufen, an deren Spitze er fünfzehn Jahre hindurch gestanden hat. Schon bei seiner Berufung hatte er auf die Notwendigkeit hingewiesen, die Befugnisse des Generaldirektors im Sinne einer größeren Zentralisierung des staatlich-wissenschaftlichen Bibliothekwesens zu erweitern. Dem entsprach

die im Jahre 1907 erfolgte Begründung des Beirats für Bibliotheksangelegenheiten, dessen geborener Vorsitzender der Generaldirektor der Staatsbibliothek ist. Was HARNACK diesen beiden Ämtern gegeben hat, kann man nur ermessen, wenn man bedenkt, daß er in seinem Hauptamt als ordentlicher Professor an der Universität verblieb mit allen Pflichten, die dieses Amt ihm auferlegte. Hinzu kam von 1909 ab die Begründung und der Aufbau der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft, die für sich eine volle Arbeitskraft in Anspruch nehmen konnten. Und doch hat HARNACK auch seinem Amt als Generaldirektor der Staatsbibliothek und als Vorsitzender des Beirats für Bibliotheksangelegenheiten seine Eigenart aufgeprägt.

Was das Preußische Bibliothekswesen ihm verdankt, ist in einer Schrift „Fünfzehn Jahre Königliche und Staatsbibliothek“ niedergelegt, die ihm beim Scheiden aus dem Amt von den wissenschaftlichen Beamten der Staatsbibliothek gewidmet worden ist. Sie enthält den Nachweis, wie die Bibliothek während dieser fünfzehn Jahre in allen ihren Teilen fortgeschritten ist. Wohl hat sie durch den Krieg und seine Nachwirkungen, die in diese Zeit hineinfallen, schwere Einbußen erfahren, aber ihr Ausbau vor dem Kriege ist entscheidend dafür gewesen, daß die Folgen nicht weit verhängnisvoller geworden sind. So war die glanzvolle Weihe des neuen Hauses kurz vor Kriegsausbruch der äußere Höhepunkt von HARNACKS Amtstätigkeit.

Wer das Ganze seines Wirkens für die Preußischen Bibliotheken übersieht, der erkennt auch hier das Universale seiner besonderen Art. Für ihn konnten die Bibliotheken nicht nur ihren eigenen Zwecken genügen. Ihm war das Entscheidende die große Aufgabe, die sie als Teil des großen Organismus zu erfüllen haben, der unserem ganzen geistigen Schaffen die Voraussetzungen zu bereiten hat. Sein Streben war darauf gerichtet, die einzelnen Arbeitskreise des vielgestaltigen Bibliotheksbetriebes in eine organische Einheit zusammenzufassen und immer wieder hin zu richten auf den gemeinsamen hohen Zweck. So hat nicht nur jeder einzelne, sondern auch die Gesamtheit und damit das Ansehen der deutschen Bibliotheken überhaupt an seiner Geistigkeit teilhaben dürfen. Die Vorrede der Widmungsschrift spricht von „der Liebe, der Sachkunde und der Kraft“, mit der er sein Amt geleitet hat. Sie sind es, die allen seinen Mitarbeitern eine unvergängliche dankbare Erinnerung hinterlassen haben, wie sie noch einmal in der Widmung zum Ausdruck gekommen ist, die ihm zum siebzigsten Geburtstage die Direktoren sämtlicher Preußischen Universitätsbibliotheken dargebracht haben.

Im Jahre 1910 wurde HARNACK der erste Präsident der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften. Erwachsen aus Ideen und Notwendigkeiten, die die Zeit hatte reifen lassen, ist ihr die Form durch HARNACK

gegeben worden, eine Form, die nicht aus Überlegungen reiner Zweckmäßigkeit konstruiert war, sondern wie alles von ihm Erdachte auf tiefer Einsicht in das Wesen wissenschaftlicher Arbeit und ihr geschichtliches Werden beruht. Sie steht noch heute, wie sie von Anfang an gedacht war, und hat durch alle Wechsel der Zeit hindurch die Grundlage gebildet, auf der die Kaiser Wilhelm-Gesellschaft zu einer Wissenschaftsorganisation geworden ist, die nicht nur der deutschen Wissenschaft immer reichere Frucht getragen, sondern auch beispielgebend weit über die deutschen Grenzen hinaus gewirkt hat. Von drei zu gründenden Forschungsinstituten für Chemie, Physik und Biologie hatte HARNACK in seiner grundlegenden Denkschrift vom Jahre 1909 gesprochen. Heute sind es 26 Institute, die durch das ganze weite Gebiet der Naturwissenschaften und ihrer Anwendungen hindurchgreifen und auch eine Anzahl von Instituten aus dem Bereich der Geisteswissenschaften umfassen. Das ist die äußere Leistung, die HARNACK vollbracht hat; die innere aber ist von nicht geringerer Größe.

Die Kaiser Wilhelm-Gesellschaft beruht auf dem Zusammenwirken der Wissenschaft, des Staates und der Wirtschaft. Alle drei Faktoren sehen die Wissenschaft unter wesentlich verschiedenen Gesichtspunkten: die Wissenschaft um der Wissenschaft selbst willen, der Staat unter dem Gesichtspunkt der Wissenschaftspolitik, die Wirtschaft unter dem ihrer Nützlichkeit. Das immer sich wiederholende Spiel der hieraus resultierenden Kräfte hat HARNACK meisterlich zu Resultanten zu vereinigen vermocht, an deren Ende jeweils ein neues Forschungsinstitut entstanden ist. Nur wer wie er der innersten Überzeugung ist, daß die Wissenschaft nicht um ihrer selbst willen, sondern um des Menschen willen da ist, daß sie auch nicht bestimmt ist, allein dem Triebe des Einzelnen nach Erkenntnis zu genügen, sondern die Voraussetzungen für das ganze Sein der Menschheit in seiner geistigen und materiellen Einheit schaffen soll, konnte immer wieder diese Tat neu vollbringen. Wenn die Kaiser Wilhelm-Institute Stätten der Forschung geworden sind, uneingeengt durch Voraussetzungen, die der Wissenschaft fremd sind, und wenn die Wirtschaft das Vertrauen gewonnen hat, daß auch ihr die Wissenschaft nur dann den wahren Nutzen bringt, wenn ihr der Kreis nicht vorher abgezirkelt ist, so ist es das Werk von HARNACKS überragender Einsicht und Autorität.

In solchem Gleichgewicht die Wesensart der Kaiser Wilhelm-Institute bestimmt und zu einer Tradition gestaltet zu haben, ist das Eigenste, was HARNACK in der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft geleistet hat, denn dadurch hat er auch ihr eigenes Wesen mitbestimmt, und die Gesellschaft hat nur dem, was ist, den natürlichen Ausdruck verliehen, wenn sie der von ihr gestifteten Medaille für Verdienste um die Wissenschaft HARNACKS Bild gegeben hat und seinen Wahlspruch: Spiritus Creator.

Das Bild HARNACKS würde in wesentlichen Zügen unvollständig sein, wollte man nicht des Menschen HARNACK gedenken, und das gerade im Zusammenhang mit seinem Wirken in der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft, denn sie ist über alle Zweckhaftigkeit hinaus zu einem Gefüge menschlicher Beziehungen geworden, in dessen Mittelpunkt er steht. HARNACK selbst sagt: „Die großen Denker werden immer einsam sein.“ Warum ist er es nicht? Weil hinter seiner Geistigkeit ein Mensch steht mit allem Menschlichen, das die Brücke zwischen Mensch und Menschen schlägt. Darin liegt der ganze Zauber seiner Persönlichkeit, darin liegt auch das Geheimnis seiner Führerschaft, die nie in Geistigkeit allein begründet ist. Er ist, wie er WILHELM VON HUMBOLDT gezeichnet hat, der Idealist, der zugleich der wahre Realist ist, der von der Höhe des Geistigen das Wirkliche sieht und das eine meistert wie das andere.

HARNACK umschreibt einmal die höchste Form der Menschenbildung und sagt: „Faßt man den Menschen aber innerhalb der Geschichte und als Glied der Menschheit, so ist Bildung das Ver-

mögen, alles Menschliche mit Verständnis und Teilnahme aufzunehmen und wieder zurückzustrahlen, die eigene Seele offen zu halten und die anderen Seelen zu öffnen, Verstand und Herz zu feinen Organen auszubilden, die dort sehen und hören, wohin die Sinne nicht mehr reichen, sich an vielen Orten heimisch zu machen und sich doch nirgends einzuschließen, innerhalb des Wechsels der Dinge das Leben dauerhaft und würdig zu gestalten und inmitten des Einförmigen und Abstumpfenden ihm Gehalt zu geben, Selbstbeherrschung und Geduld zu gewinnen gegenüber dem Allzumenschlichen und Ehrfurcht zu behaupten vor dem Menschlichen und Göttlichen.“

Das ist es, was wir in HARNACK selbst erkennen, die wir meinen, ihn zu begreifen, und die wir uns ihm nahe fühlen. Davon hat er uns fort und fort gegeben aus der unerschöpflichen Fülle seines Reichtums und dafür wollen wir ihm danken, danken auch an dem Tage, wo drei Viertel eines Jahrhunderts sich in seinem reich gesegneten Leben vollenden. Möge er noch lange, lange unter uns sein.

Über den Stand der Frage nach der Umwandelbarkeit der chemischen Elemente¹⁾.

Von F. HABER, Berlin-Dahlem.

Für die Naturforschung ist das letzte Vierteljahrhundert trotz Völkerkrieg und menschlicher Not eine große Zeit gewesen. Im vergangenen 19. Jahrhundert waren die einzelnen naturwissenschaftlichen Fachgebiete wie getrennte Oasen, die in die Wüste unserer Unwissenheit ein Stück vorgeschoben waren. Das letzte Vierteljahrhundert hat erreicht, daß diese Randoasen deutlich zusammenzuwachsen beginnen und einen Gürtel frischer Kultur um das enger werdende Zentrum der Wüste versprechen. Von den einzelnen alten grünen Flecken aus aber sind zugleich kraftvolle Vorstöße nach der unbekannten Wüstenmitte zu erfolgt und die weitreichendsten und kraftvollsten davon sind auf dem physikalischen und dem benachbarten chemischen Gebiete gemacht worden.

Ich möchte den Versuch unternehmen, Sie, verehrte Zuhörer, für eine kurze Zeit an eine Stelle zu führen, an der wir nach einem besonders erfolgreichen Vorstoß in den letzten Jahren eben halten.

Ich will von den Versuchen reden, chemische Elemente ineinander zu verwandeln.

Schon das Thema erscheint nach älterer Auf-

¹⁾ Vortrag, gehalten bei einer Veranstaltung der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft am 3. März 1926. Die genauere Schilderung der Versuche, die im Kaiser Wilhelm-Institut für physikalische Chemie über die Umwandlung von Quecksilber in Gold ausgeführt worden sind, findet sich in der Arbeit von F. HABER, J. JAENICKE und F. MATTHIAS: „Über die angebliche Darstellung ‚künstlichen‘ Goldes aus Quecksilber“, die gleichzeitig in der Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie erscheint.

fassung als ein Widerspruch in sich. Denn ein chemischer Stoff erhält die Bezeichnung als Element nach alter Begriffsbestimmung nur dann, wenn er eine unzerlegbare einheitliche Sorte der Materie darstellt, aus der die natürliche Welt besteht. Ineinander überführbar aber sind nur die Substanzen, die aus den gleichen Sorten von Materie sich aufbauen.

Zahlreiche solche chemische Elemente anzunehmen, ist den Menschen nicht leicht gefallen. Die Alchimisten haben unzählige Male versucht, das eine in das andere zu verwandeln. Nur eine lückenlose Kette von Mißerfolgen konnte eine so seltsame Vorstellung vom natürlichen Aufbau der Welt glaubhaft machen. Denn was konnte wunderlicher sein, als daß im letzten Hintergrunde der stofflichen Welt eine Vielfältigkeit von Grundsubstanzen stehen sollte, die alle einheitlich sind und nichts miteinander gemein haben. Aber allmählich hat man sich dann an dieses wunderliche Erfahrungsergebnis gewöhnt und die Gewöhnung statt der Verständlichkeit genommen, wie es in der Wissenschaft immer geht, wenn die Forschung an einem Punkte lange hängenbleibt und nicht weiter kann.

Im Laufe des 19. Jahrhunderts kam ein wichtiges Stück Aufklärung. Der Atombegriff faßte feste Wurzeln in der Wissenschaft und in dem Atomgewicht entstand ein Merkmal, nach welchem die zahlreichen letzten unzerlegbaren Sorten der Materie sich ordnen ließen. Schrieb man die Elemente in eine Reihe nach wachsendem Atomgewicht und fügte jedem Element eine Beschreibung seiner chemischen Eigenschaften hinzu,

so ergab sich, daß sich die chemischen Eigenschaften hier und da wiederholten. Das nächstschwerere Element war von dem vorangehenden grob verschieden und ebenso das übernächste. Aber einige Plätze weiter fand sich öfters eines, das mit dem ersten große Ähnlichkeit hatte. Solcher Betrachtungen sind viele angestellt worden, bis jemand kam, der sich mit soviel Eindringlichkeit darein vertiefte und soviel geniale Phantasie und Kühnheit hatte, um zu verstehen und auszusprechen, daß ein durchgehender periodischer Aufbau bestand — periodisch in der Wiederkehr der chemischen Eigenschaften nach einer bestimmten Anzahl von Plätzen in der nach Atomgewichten geordneten Tabelle — und daß grobe Abweichung nicht an dem Mangel an Periodizität, sondern an unserer unzulänglichen Kenntnis der natürlichen Elemente gelegen war.

Das Bekannte in ein neues Licht zu rücken, ist immer ein wissenschaftliches Verdienst. Aber eine neue Epoche fängt dort an, wo jemand aufsteht, der das Ungeahnte klar und richtig voraussagt. MENDELEJEFFS Theorie des periodischen Systems der Elemente bestand diese Probe. Drei neue Elemente, die sie 1869 voraussagte, wurden in den 70er und 80er Jahren des vergangenen Jahrhunderts gefunden. Damit stand das Problem auf einem neuen Boden. Die Elemente, deren Zahl damals 66 betrug und heute 92, stellten allerdings die Sorten der Materie dar, die chemisch nicht weiter zerlegbar und voneinander verschieden waren. Aber da ihre Eigenschaften mit steigendem Atomgewicht sich periodisch wiederholten, so durfte unser Unvermögen, sie weiter aufzulösen, nicht mehr als Grund gelten, sie als die letzten Bausteine der Materie anzusehen. Denn woher stammte die Periodizität der Eigenschaften, wenn die Atome der Elemente einheitlich waren und nichts miteinander gemein hatten? Hinter der Grenze unseres chemischen Könnens lag offenbar eine neue Welt mit versperrten Türen. Die Atome waren nicht die letzten Bausteine, sondern hatten ihrerseits Struktur. Aber unsere Hilfsmittel reichten nicht zum Eindringen in diese feinere Struktur. Das war der Stand am Ende des vorigen Jahrhunderts. Das neue Jahrhundert hat diese versperrte Tür aufgetan. Den Schlüssel lieferten die radioaktiven Entdeckungen und die elektrischen Erscheinungen im hohen Vakuum. Es zeigte sich, daß die Elemente mit den allerhöchsten Atomgewichten nicht stabil waren, sondern einem freiwilligen Zerfall unterlagen, der sie unter Aussendung elektrisch geladener Teilchen zu Elementen von niedrigerem Atomgewichte abbaute. Die ausgesandten geladenen Teilchen erhielten, soweit sie positiv geladen waren, die Bezeichnung α -Teilchen, während die negativen β -Teilchen genannt wurden, und entsprechend hießen die Strahlen dieser fliegenden Teilchen α - und β -Strahlen. Die β -Teilchen erwiesen sich identisch mit solchen, denen man beim Studium der Erscheinungen im hohen Vakuum begegnete. Sie

gingen im luftleeren Raume von glühenden Körpern aus, lösten sich bei gewöhnlicher Temperatur durch ultraviolettes Licht von der Oberfläche der festen Stoffe ab und wurden in luftleeren Entladungsröhren als Projektile gradlinig von der negativen Elektrode in den Raum geschleudert. Sie waren unzweideutig ein gemeinsamer Baustein aller Stoffe und zwar ein besonders seltsamer Baustein, weil sie elektrische Ladungen darstellten, aber keine Masse im herkömmlichen Sinne des Wortes besaßen. Körper, die negative Ladung trugen, kannte man längst. Wenn man die Ladung entfernte, blieb das ungeladene Gebilde als eine Masse gewöhnlicher Art zurück. Aber wenn man von diesen sonderbaren negativen Korpuskeln, den Elektronen, die Ladung wegnimmt, bleibt nichts. Sie stellen die negative Ladung selbst dar. Sie sind nichts anderes als diskrete Mengen von Elektrizität und die Elektrizität besteht nur in Form dieser diskreten Mengen, die immer von derselben Größe und Art sind.

Die Atome der Elemente sind neutral, aber sie enthalten als gemeinsamen Baustein diskrete Elementarmengen der Elektrizität. Was aber ließ sich von dem positiven Rest aussagen, der im Atom diese negativen Ladungen neutralisierte?

Die meisten Fortschritte in der Naturwissenschaft kommen daher, daß ein glücklicher Beobachter mit einem neuen Hilfsmittel einen neuen Versuch macht. Aber die größten Fortschritte folgen aus jenen seltenen einfachen Gedanken, die hinterdrein jeder so naheliegend findet, daß er selber darauf hätte verfallen mögen. Aber er verfällt nicht darauf. Es gehört schon sehr viel Selbständigkeit, Urteilsschärfe und Mut dazu, die Fragestellungen zu wählen, die zu den großen einfachen Antworten führen. Selbständigkeit darum, weil der Bearbeiter seinen eigenen Weg gehen muß und sich nicht rechts und links an die Gedanken anlehnen kann, die andere Bearbeiter des gleichen Gebietes vorher ausgesprochen und geprüft haben. Urteilsschärfe darum, weil der Weg zur richtigen Lösung gemeinhin durch unbewußte Vorurteile verbaut ist, die jeder als Niederschlag seiner Lernjahre mit sich herumträgt, in denen ihm andere Grundanschauungen eingeprägt worden sind, und schließlich Mut darum, weil das Verwickelte dem Fachmann immer den Respekt des Laien sichert, während die erhabene Einfachheit den Urheber wie auf einer großen Schaubühne bloßstellt, wenn sie fehlgreift. Dann aber pflegt es noch ein besonderes Zeugnis dafür zu geben, daß der Weg zur richtigen Lösung nicht einfach zu finden war: in der Gestalt von Vorgängern, die die Selbständigkeit, die Urteilsschärfe und den Mut besaßen hatten und bis dicht an die richtige Lösung herangekommen waren, ohne sie zu erreichen.

An diese Wahrheit wird sich jeder erinnert fühlen, der im letzten Vierteljahrhundert die Entwicklung der Gedanken über die Beschaffenheit des positiven Anteils der Atome erlebt hat.

Unsere heutige Vorstellung stammt von RUTHERFORD. Sie hat seit MENDELEJEFFS Leistung im Jahre 1869 den größten Fortschritt in der Lehre von den Elementen gebracht und eine überwältigende Fülle neuer Erkenntnis zur Folge gehabt.

RUTHERFORD studierte den Durchgang positiver α -Teilchen durch Atome und fand, wie es zehn Jahre früher schon LENARD für negative Strahlen dargetan hatte, daß sie im wesentlichen hindurchflogen wie durch einen leeren Raum. Aber hie und da wurden sie scharf abgelenkt. Aus diesem Sachverhalte schloß er, daß alle positive Ladung in einem winzigen Kern des Atoms vereinigt sei, der 10 000- bis 100 000mal kleiner ist als das Atom selber. Die Ablenkung kommt zustande, wenn das positive α -Teilchen so nahe an dem gleichgeladenen Kern vorbeifährt, daß es von ihm eine kräftige elektrostatische Abstoßung erfährt.

Mit dieser Vorstellung war alle gewohnte Denkweise verlassen. Zu ungeheurer Dichte im winzigen Mittelpunkt des Atoms geballt, saß jetzt die positive Masse und nahm nicht mehr Raum ein als die Sonne in unserem Sonnensystem. Im leeren Atomraume kreiste darum der Schwarm der negativen Ladungen wie die Planeten um unsere Sonne. Ein Element aber besaß seinen charakteristischen Unterschied vom anderen vermöge der Ladung des Kerns und der Zahl der Elektronen, die darum kreisten. Im einfachsten Falle, bei dem niedersten Elemente, dem Wasserstoff, ist nur eine Ladung in der Mitte und nur ein kreisendes Elektron im Atomraum; beim nächsten, dem Helium, trägt der Kern eine doppelte positive Ladung und zwei Elektronen kreisen draußen; beim dritten, dem Lithium, sind drei positive Ladungen im Kern und drei Elektronen beschreiben Bahnen darum herum. So geht es fort, immer von Element zu Element um eine positive Kernladung wachsend und zugleich um ein Elektron im Elektronenschwarm, bis die Reihe beim Uran mit 92 Kernladungen und 92 umlaufenden Elektronen abbricht.

Die *Kernladung* wird zum ordnenden Prinzip bei den chemischen Elementen.

Dieses ordnende Prinzip bedeutet einen außerordentlichen Fortschritt gegenüber der älteren Theorie, die vom *Atomgewicht* ausging. Statt der unerklärlichen Unregelmäßigkeit im Massenzuwachs beim Fortschritt von einem Element zum nächsten besteht jetzt die vollständig regelmäßige Vermehrung der Kernladung um eine Einheit. Statt des undurchsichtigen und nicht immer eindeutigen Zusammenhanges von Atomgewicht und chemischen Eigenschaften zeigen sich Beziehungen zwischen der Anzahl der Elektronen im Schwarm und der Struktur dieses Schwarmes, die nicht nur die chemischen, sondern auch die elektrischen, die optischen und die magnetischen Eigenschaften der Elemente zu deuten erlauben. Der Reichtum und die Exaktheit der Aussagen, welche die Theorie ergibt, geht weit über alles frühere Maß.

Das Unbekannte und Rätselhafte aber, das früher in der großen Zahl der chemischen Ele-

mente gelegen war, die Unverständlichkeit, die früher darin bestanden hatte, daß sich am Weltbau Dutzende von Atomsorten beteiligten, von denen keine mit der anderen etwas gemein haben sollte, verschiebt sich zu dem Rätsel der 100 000mal kleineren positiven Atomkerne.

Aber man kann auch über diese Kerne einiges angeben.

Durch die radioaktiven Strahlen hat man nicht nur etwas über das ganze Atom, sondern gerade über den Atomkern erfahren. Denn sie stammen aus dem Atomkern. Das ergibt sich aus dem Vergleich der radioaktiven Erscheinungen mit den geläufigen Wirkungen von Röntgenstrahlen und von schnell bewegten positiven und negativen Ladungen. Alle drei dringen in das Atom und stören den Elektronenschwarm. Aber nach dem Abklingen der Störung ist das Atom unverändert, das Element nicht in ein anderes verwandelt. Bei der Aussendung der radioaktiven α - und β -Strahlen aber bleibt ein anderes Element zurück. Der Kern ist nicht mehr derselbe. Die abgeschleuderten Gebilde sind Kernanteile. Der Kern selber besteht also aus negativen und positiven Gebilden. Wenn wir das Atom aufgelöst haben in einen Elektronenschwarm mit einem winzigen Kern, so werden wir diesen winzigen Kern lernen müssen ein zweites Mal aufzulösen in eine Struktur von Elektronen und positiven Massen.

Was sind nun die positiven α -Teilchen? RUTHERFORD und SODDY haben sie schon vor mehr als zwei Jahrzehnten als positive Kerne von Heliumatomen erwiesen, die zu neutralen Heliumatomen werden, wenn sie die beiden Elektronen wieder einfangen, die im Heliumatom um den positiven Kern kreisen. Sie bilden einen Bestandteil der Kerne in den freiwillig zerfallenden Elementen. Sie bilden wahrscheinlich einen Bestandteil der Kerne aller Elemente vom Helium aufwärts. Aber sie können unmöglich den einzigen positiven Bestandteil der Kerne bilden. Denn ihre Masse, bezogen auf Wasserstoff = 1, beträgt 4 und die Atomgewichte müßten in Stufen von 4 zunehmen, wenn die Atomkerne, in denen ja die ganze Masse des Atoms enthalten ist, immer durch Zuwachs eines Heliumkernes sich auseinander aufbauten. Sie bauen sich aber oft in kleineren Stufen auf, und so muß es mindestens noch einen kleineren Baustein geben. Wir kennen aber nur eine kleinere positive Masse als den Heliumkern, und das ist der Kern des Wasserstoffatoms. So ergibt sich die Arbeitshypothese, daß die Kerne der Atome aus Elektronen, Wasserstoffkernen und Heliumkernen aufgebaut sind, und die alte alchemistische Fragestellung nimmt die Form an: Lassen sich diese Kerne in ihrer Zusammensetzung durch äußere Mittel willkürlich ändern? Alle gewöhnlichen chemischen Hilfsmittel sind dabei von Haus aus als hoffnungslos beiseite zu stellen. Sie vermögen nichts als außen am Elektronenschwarm anzugreifen und können niemals den Kern erfassen. Hoffnungen lassen sich in erster Linie an

die Gebilde knüpfen, die in den Elektronenschwarm hinein und durch ihn hindurch bis zum Kern dringen.

Was bei radioaktiver Umwandlung freiwillig aus Atomkernen nach außen tritt, verspricht am ehesten, von außen auf das Atom richtig zur Wirkung gebracht, Kerne zu verändern. So ist man zu der Vorstellung gekommen, daß man vielleicht mit α -Strahlen, mit β -Strahlen und mit jener besonders intensiven Sorte Röntgenstrahlen, die bei radioaktiven Umwandlungen auftritt und γ -Strahlung heißt, Atomverwandlungen willkürlich bewirken könnte. Die α -Strahlen aber schienen am meisten Aussicht zu bieten, weil sie am meisten Energie besitzen.

Von diesem Grundgedanken aus ist die Atomumwandlung versucht worden, zunächst von RAMSAY, mit den durchdringendsten α -Strahlen der radioaktiven Substanzen¹⁾. Die ließ er einstrahlen in wässrige Lösungen und fand dann chemisch kleine Mengen neu gebildeter Elemente, besonders Neon und Lithium. Aber die Nachprüfungen haben seinen Befund nicht bestätigt. Ihr Ergebnis war negativ, und es hat bis in die letzten Jahre gedauert, ehe RUTHERFORD und seine Schule zu einem positiven Ergebnis kamen, und zugleich klar wurde, warum das RAMSAYSche Ergebnis negativ war. Auch RUTHERFORD benutzte α -Strahlen. Aber er wandte zum Nachweis der Umwandlungsprodukte keine chemische Methode an, sondern benutzte ein physikalisches Hilfsmittel, das viele Male feiner war. Dies Hilfsmittel bestand im Nachweis und in der Zählung der Lichtblitze, die positive Teilchen auf einem Schirme hervorgerufen, der mit Zinksulfidkryställchen besät ist. Ein einziges positives Teilchen gibt dabei einen sichtbaren Lichtblitz, während jeder chemische Nachweis billionenfach mehr Substanz fordert. Mit dieser Methode ergab sich ein positiver Erfolg. Es fand sich bei einer Anzahl leichter Elemente, bei Bor und Stickstoff, Fluor, Natrium, Aluminium und Phosphor, daß sie Bruchteile ihrer Atomkerne absplitterten, wenn sie von den α -Teilchen der radioaktiven Präparate getroffen wurden. Es gelang auch, aus der Ablenkung dieser Splitter mit magnetischen Hilfsmitteln ihre Natur als Wasserstoffkerne sicherzustellen, und es ließ sich zeigen, daß unter diesen Wasserstoffkernen eine erhebliche Zahl größere Geschwindigkeit und höheres Durchdringungsvermögen besaßen, als wenn sie aus Wasserstoff und Wasserstoffverbindungen durch die gleichen α -Strahlen herausgeschossen wurden. Dieser letzte Punkt ist von einem besonderen Interesse. Er zeigt sich namentlich bei Aluminium und Bor, wenn sie von α -Teilchen getroffen werden. Der zersplitternde Kern gibt den Wasserstoffsplittern eine Zusatzenergie aus seinem eigenen Energiebesitz mit auf den Weg. Diese Beobachtungen sind in

¹⁾ Die Literatur über Atomzertrümmerung findet sich in der Schrift von H. PETTERSON und G. KIRSCH, Atomzertrümmerung. Verwandlung der Elemente durch Bestrahlung mit α -Teilchen. Leipzig 1926.

jüngster Zeit im RUTHERFORDSchen Laboratorium und im Wiener Radiuminstitut wetteifernd verfolgt worden. Die Zahl 6 der zertrümmerungsfähigen Elemente ist unter diesem Wetteifer allmählich auf 27 gestiegen, freilich nicht ohne erhebliche Meinungsverschiedenheit bei mehreren derselben über die Bündigkeit des Nachweises. Der Gegenstand ist in vollem Flusse und weder nach seinem experimentellen Inhalt noch nach der theoretischen Seite heute abschließend zu beurteilen.

Aber die Hauptsache ist, daß eine Art künstlich hervorgerufener Radioaktivität bei den leichten Elementen erwiesen ist, die freiwillig nichts der Art zeigen. Die schweren radioaktiven Stoffe schienen vorher als die letzten Überbleibsel einer früheren Welt, in der die Elemente sich umwandelten, und die leichten erschienen als zum Gleichgewicht gelangte Gebilde, die über die Umwandelbarkeit hinaus waren. Jetzt zeigt sich, daß sie die Umwandelbarkeit noch nicht eingeübt haben. Das alte alchemistische Problem ist in speziellen Fällen gelöst, aber die Lösung ist mit der Einschränkung behaftet, daß die erzeugten Mengen der Umwandlungsprodukte weit unter der Schwelle chemischer Nachweisbarkeit liegen. Als Baustein der Materie ist zugleich neben dem Heliumkern unzweideutig der Wasserstoffkern nachgewiesen.

Schließlich verstehen wir jetzt den Mißerfolg der RAMSAYSchen Versuche, die auf den chemischen Nachweis der Umwandlung gestellt waren. Der Kern muß getroffen werden, und der Kern ist so ungeheuer klein, verglichen mit dem Atom, daß er nur ungeheuer selten getroffen wird. Von einer Million α -Teilchen trifft nur eines einen Kern, obwohl jedes durch hunderttausend Atome hindurchfährt, ehe es seine Durchschlagskraft einbüßt.

Liegt nun dieser Sachverhalt in der Natur des Gegenstandes begründet? Ließe sich die Ausbeute nicht erhöhen? Die Zahl der α -Teilchen, die unsere radioaktiven Präparate aussenden, ist zu klein, um bei dieser geringen Treffwahrscheinlichkeit chemisch nachweisbare Mengen der neuen Elemente zu liefern. Ein Gramm Radium bedeutet für uns bereits eine gewaltige Menge radioaktiver Substanz, die äußerst selten an einer Stelle vereinigt zur Verfügung steht. Alle α -Teilchen aber, die von dieser gewaltigen Menge radioaktiver Substanz ausgeschleudert werden, bedeuten nur einen positiven Strom von $\frac{1}{25}$ Mikroampère und geben im ganzen Jahre, nachdem sie durch Einfangen ihrer Elektronen zu Heliumatomen geworden sind, nur 160 mm³ dieses Gases. Der Wasserstoff aber, den die wenigen Kerntreffer unter diesen Teilchen aus Stickstoff oder aus Aluminium durch Kernzertrümmerung hervorbringen, macht weniger als $\frac{1}{1000}$ mm³ aus.

Man bedürfte einer ausgiebigeren Quelle rasch bewegter positiver Teile, um chemisch nachweisbare Atomverwandlungen zu erreichen. Solche Quellen besitzen wir in den Kanalstrahlen und Anodenstrahlen. Es ist nicht schwierig, mit ihrer Hilfe viel größere Massen positiv geladener Teilchen

auf einen Treffpunkt zu werfen. Wenn wir statt mit den radioaktiven Präparaten mit technischen Stromquellen arbeiten könnten, so würden wir Aussicht haben, die Ausbeute an Umwandlungsprodukten um viele Zehnerpotenzen zu steigern und sie vielleicht in den Bereich des chemischen Nachweises hinaufzubringen. Aber diese technischen Stromquellen liefern nicht positive Teilchen von ausreichender Geschwindigkeit. Radioaktive α -Strahlen, deren Geschwindigkeit kleiner ist als 15 000 km/sec, haben sich außerstande gezeigt, die Atomzertrümmerung herbeizuführen. Um aber einem α -Teilchen diese untere Grenzgeschwindigkeit zu erteilen, muß es unter einer Spannung von mehr als 2 Millionen Volt ausgesandt werden, die wir technisch vorerst nicht beherrschen. Aber man ist immerhin von dieser Grenze nicht weit ab. Bis zu 1 Million Volt reichende Spannungen kommen im praktischen Gebrauche vor, und ihre Erhöhung auf die Beträge, mit deren Hilfe radioaktive Teilchengeschwindigkeiten erzielt werden, ist nicht unmöglich, ja vermutlich nur Frage einer kurzen Frist. Vorläufig jedoch reicht die Energie nicht aus, über die wir in den Laboratorien verfügen.

Indessen wird damit das Problem selber noch nicht notwendig unzugänglich für die Gegenwart. Ist es denn ausgemacht, daß nur die Gewalt zum Erfolge führt und nichts das Atom durchdringt, was nicht mit der äußersten, nur von den radioaktiven Partikeln erreichten Intensität gegen den Kern geschossen wird?

Es gibt ein sehr merkwürdiges Experiment auf diesem Felde, das RAMSAUER¹⁾ angestellt hat. Er hat gefunden, daß besonders langsame Elektronen durch die Atome von Edelgasen hindurchgehen, als ob sie sich durch den leeren Raum bewegten. Es ist sehr schwer, dieses RAMSAUERSCHE Experiment nach seiner Bedeutung zu verstehen. Aber wenn ein solches langsame Elektron, das durch ein Atom wie durch den leeren Raum hindurchgeht, gelegentlich in den Kern fallen sollte und dort steckenbliebe, was wäre die Folge? Jeder solche Kern würde in seiner positiven Ladung um eine Einheit abnehmen und zu dem Elemente mit der nächstniederen Kernladungszahl werden.

An diese Art der Umwandlung haben sicherlich viele gedacht, als vor zwei Jahren die Herren MIETHE und STAMMREICH mit der Angabe hervortraten, daß in Quecksilberlampen unter schwach erhöhtem Druck sich Quecksilber in chemisch nachweisbarer Menge in Gold verwandle. Es war eine sehr überraschende und unwahrscheinliche Beobachtung, aber es sprach ein unbestimmtes Gefühl zu ihren Gunsten. Warum brach, so hatte sich wohl jeder einmal gefragt, die Reihe der Elemente bei der Kernladung 92 ab? Warum waren die letzten Elemente in dieser Reihe radioaktiv? Was konnte der Grund sein, wenn nicht, daß die Stabilität mit zunehmender Kernladung sank, und was bedeutete dies anders, als daß bei den Elementen mit hoher Kernladung

einmal eine glückliche Beobachtung zu erhoffen war, die zeigte, daß man mit kleinem Zutun unsererseits die geringe natürliche Stabilität dieser Elemente stören und sie zum Zerfall bringen könne? Das Quecksilber war ein Element mit der hohen Kernladung 80. Es stand nur wenige Plätze von den radioaktiven letzten Elementen entfernt. Konnten die Herren MIETHE und STAMMREICH nicht das Glück gehabt haben, auf eine Form des Experimentes zu stoßen, bei der ein Elektron zum Kern kam und seine schwache Stabilität störte? Es war nicht sehr wahrscheinlich, aber es war möglich.

Das Kaiser Wilhelm-Institut für physikalische Chemie ist seinerzeit von Herrn MIETHE für diese Versuche interessiert worden, weil wir mit der Analyse von Gold in sehr kleinen Mengen durch lange Beschäftigung mit den Edelmetallen im Meerwasser vertraut waren. Wir haben für ihn Proben untersucht, ohne ihre Herkunft zu kennen, und sind überrascht gewesen, das Gold, das wir teils in größerer, teils in geringerer Menge auffanden, von Silber begleitet zu sehen, dessen Masse im allgemeinen erheblich über die des Goldes hinausging. Gold und Quecksilber folgen einander nach der Kernladungszahl unmittelbar, und ein Quecksilberatom, das ein Elektron in seinen Kern einfiel und dafür eines aus seinem Elektronenschwarm verlore, wäre zu einem Goldatom geworden. Aber Quecksilber und Silber stehen weit getrennt. Denn Silber hat die Kernladungszahl 47 und Quecksilber 80. Die Entstehung von Silber aus Quecksilber würde eine Elementarumwandlung ganz neuer Art, ein Zerschneiden des Kernes in zwei Hälften bedeuten. War aber in den uns vorgelegten Proben das Silber eine zufällige Verunreinigung, so mußte seine Gegenwart das Mißtrauen wecken, daß auch das Gold auf unbeabsichtigte Weise und nicht durch Elementarumwandlung in das Versuchsmaterial gelangt war.

Ich habe damals eine Weltreise angetreten, in deren Verlauf ich nach Tokio gekommen bin, und der Zufall hat es gewollt, daß ich dort den Professor der Physik NAGAOKA mit Versuchen beschäftigt fand, die auf das gleiche Ziel der Umwandlung von Quecksilber in Gold gerichtet waren. Er hatte das ganze Problem ohne Kenntnis von den Arbeiten der Herren MIETHE und STAMMREICH aufgenommen und seine Versuchsanordnung war ganz anders. Er arbeitete nicht mit starken Strömen und vergleichsweise niederen Spannungen in einer Quecksilberlampe, sondern benutzte die kondensierten Funken, die ihm ein Induktor größter Form von $1\frac{1}{4}$ m Funkenschlagweite mit zugeschalteter Kapazität lieferte. Er ließ diese Funken im Innern eines dickwandigen Porzellangefäßes zwischen einer Eisen- oder Wolframspitze und einer Quecksilberfläche übergehen. Zwischen der Spitze und der Fläche war eine Paraffinschicht. Das Paraffin verkohlte und durchsetzte sich mit Quecksilbertröpfchen. Wenn er nach längerer Zeit den Versuch unterbrach, die ganze Masse von

¹⁾ C. RAMSAUER, Ann. d. Physik 64, 513. 1921; 66, 546. 1921. Jahrb. d. Radioakt. 19, 345. 1923.

Quecksilber und verkohltem Paraffin in ein Glasgefäß brachte, das Quecksilber durch Erhitzen verjagte und das verkohlte Paraffin mit Sauerstoff verbrannte, dann blieb eine Spur Gold zurück, die er auf sehr einfache Weise nachweisen konnte. Er erhitzte sie nämlich mit dem Glase und erhielt dadurch die charakteristische Gold-Rubinfärbung des Glases.

Der Versuch von MIETHE und STAMMREICH hatte nicht denselben physikalischen Sinn wie der Versuch von NAGAOKA. In der MIETHESchen Quecksilberbogenlampe wird durch den starken Strom eine ungeheure Zahl von Elektronen mit relativ kleiner Geschwindigkeit gegen Quecksilberatome geworfen. Die Geschwindigkeit der Elektronen ist so klein, daß nur die äußerste Zone des Elektronenschwarmes gestört wird, der die Kerne der Quecksilberatome umgibt. Dies folgt aus dem Spektrum der Quecksilberlampe. Bei NAGAOKA erreichen die Elektronen bei den intensiven Funkenentladungen Geschwindigkeiten, die ihren Geschwindigkeiten in Röntgenröhren ähnlich sind und ein Eindringen bis in die Tiefe des Elektronenschwarmes glaubhaft machen, wenn auch angesichts der Verwandlung von Paraffin und Quecksilber in ein kohliges Gemenge diese Anfangsbedingungen des Vorganges nicht sauber bestehen bleiben.

So unklar die Sache auch war, so gab doch die gemeinsame Behauptung zweier verschiedener Beobachter dem Gegenstand ein vermehrtes Gewicht, und es schien der Mühe wert, ihm Versuche zu widmen. Die Herren JAENICKE und MATTHIAS haben diese Versuche mit mir ausgeführt.

Inzwischen ist der Gegenstand von anderer Seite behandelt worden.

Die Herren RIESENFELD und HAASE haben im hiesigen physikalisch-chemischen Institut der Universität die Destillation edelmetallhaltigen Quecksilbers studiert und haben beobachtet, daß das Gold in kleinen Mengen mit flüchtig geht. Sie haben verstehen lassen, daß das MIETHESche Quecksilber durch Destillation nicht so gereinigt war, daß es nicht noch goldhaltig gewesen sein könnte. TIEDE, SCHLEEDE und GOLDSCHMIDT haben im 1. Chemischen Institut unserer Universität dasselbe festgestellt und sich durch besonders vorsichtige wiederholte Destillation reines Quecksilber beschafft. Mit diesem Quecksilber von ihnen ausgeführte Versuche nach MIETHE verliefen negativ. Sie ergaben kein Gold. Die Herren SHELTON, ESTEY und MAILY haben mit Mitteln der Zeitschrift Scientific American die MIETHESchen Versuche wiederholt und dabei ein Quecksilber benutzt, das aus einem sorgfältig ausgewählten goldfreien natürlichen Vorkommen stammte. Mit diesem Quecksilber waren ihre Ergebnisse ebenfalls negativ.

Aber die Herren MIETHE und STAMMREICH verharren auf ihren Angaben. Neue ziemlich mannigfache Versuchsanordnungen, die zum Teil dem NAGAOKAschen Verfahren näher liegen als

die ersten Lampenversuche, haben ihnen erneut positive Ergebnisse geliefert.

Die öffentliche Erörterung kommt sichtlich auf zwei Punkte hinaus, die immer stärker in den Vordergrund rücken.

Der eine Punkt ist die Herstellbarkeit größerer Mengen des „künstlichen“ Goldes. Man kann sich irren, wenn man eine Spur Gold, die man bei einem solchen Versuch antrifft, für künstlich erzeugt ansieht.

Es wird den Sachverhalt beleuchten, wenn ich das Beispiel eines jungen Mitarbeiters anführe, der gelegentlich bei anderen analytischen Aufgaben plötzlich Spuren Gold fand, die andere nicht finden konnten. Es zeigte sich dann, daß er die Gewohnheit hatte, seine goldene Brille abzunehmen, wenn er beobachtete, und daß er mit den Händen, die die goldenen Brillenbügel berührt hatten, ein Streifchen reinsten Bleis anfaßte, um es in den Analysentiegel zu geben. Das genügte für einen Fehler der Goldbestimmung.

Es kam auch bei uns vor, daß jemand in unserem Laboratorium in dem einen Raum Gold oder Silber hoch erhitzte und daß dann, durch die Luft übertragen, im Nachbarraum Gold bei Analysen gefunden wurde, bei denen früher als goldfrei erkanntes Material untersucht wurde.

Aber man kann nicht irren, wenn die Quantitäten des gefundenen Goldes über ein gewisses Maß wachsen. Wenn man bei dem Versuch nur Materialien benutzt, die goldfrei sind oder doch äußerst goldarm, und bei geduldiger Versuchsführung allmählich das Goldausbringen *wachsen* sieht und zwar über die Menge hinaus, die aus den benutzten Utensilien stammen kann, dann erweckt das Ergebnis Vertrauen. Wenn man aber nur die kleinsten nachweisbaren Spuren erhält, die nicht wachsen wollen, dann erweckt der Befund Mißtrauen.

Der andere Punkt ist das Nachweisverfahren. Wenn der Zweifel besteht, ob Gold unter Umständen mit metallischem Quecksilber flüchtig geht, so muß man die Nachweisverfahren variieren und eine Methode, bei der diese Destillation metallischen Quecksilbers vermieden wird, zum Vergleich heranziehen.

Nach diesen chemischen Gesichtspunkten ist der Gegenstand in unserem Institut behandelt worden. Für die elektrischen Anordnungen aber haben wir geglaubt, uns eher an NAGAOKA als an MIETHE ursprüngliche Arbeitsform halten zu sollen, weil hier weniger Gegenzeugnisse vorlagen, und nur zum Schlusse haben wir die neueste Versuchsanordnung MIETHEs mit einer Änderung untersucht, auf die ich zurückkomme.

Was die analytischen Verfahren anlangt, so ist zu erwägen, daß man in einer großen Menge Quecksilber wenig Gold finden und dazu das Quecksilber wegschaffen muß. Will man es nicht als Metall wegdestillieren, so ist das einfachste, es in Salpetersäure zu lösen, dann die ganze Masse im gleichen Gefäß einzudampfen und das Queck-

silber als Oxyd zu verflüchtigen. Hat man zuvor etwas Bleisalz zugefügt, so läßt sich nach der Verflüchtigung des Quecksilberoxydes das Bleioxyd reduzieren und das entstehende Blei mit dem Golde zu einem Regulus zusammenschmelzen, aus welchem die geringsten Goldmengen in gut bestimmbarer Form zu gewinnen sind. Herr JAENICKE und ich haben darüber im Vorjahre eine Mitteilung gemacht. Will man aber diese mühselige Entfernung des Quecksilbers vereinfachen, ohne zur Abdestillation größerer Mengen Quecksilbermetall zu schreiten, so treibt man die Lösung des Quecksilbers nicht bis zu Ende, sondern nimmt mit Salpetersäure nur soviel weg, daß eine kleine Quecksilberperle bleibt, die das Gold enthält, das vorher in der ganzen Quecksilbermasse verteilt war. Gibt man dann etwas Kadmiumblech hinzu, so entsteht eine hantierliche metallische Masse aus Kadmium, Quecksilber und Gold, aus der der Rest des Quecksilbers mit der Wasserstoffflamme verjagt, das Kadmium verschlackt und das Gold in Gestalt einer kleinen meßbaren Goldkugel gewonnen werden kann. Die ganze Operation läßt sich in mikrochemischer Art ausführen, indem man für den letzten Schritt eine Borsäureperle als Träger des Metalles benutzt. Nach beiden Methoden ist reinstes Quecksilber untersucht worden, dem auf 10 g $\frac{1}{10\,000}$ mg Gold zugefügt war und dieses $\frac{1}{10\,000}$ mg ist bis auf weniger als $\frac{1}{10}$ seiner Menge zurückgefunden worden.

Für unsere Versuche haben wir durch eine außerordentlich langsame wiederholte Destillation Quecksilber soweit gereinigt, daß es keine Spur Gold nach diesen Untersuchungsmethoden zeigte. Auch haben wir gelegentlich Quecksilber verwendet, das Herr TIEDE gereinigt hatte und das fast völlig goldfrei war.

Wir haben zunächst Versuche in der Art des Herrn NAGAOKA angestellt, wenn auch mit einer kleineren Energie, indem wir ein Induktorium von 80 cm Schlagweite und eine Kapazität von 5000 cm benutzten. Wir haben diese Versuche, um eine Art Ausgleich zu schaffen, wesentlich länger ausgedehnt, nämlich bis zu 50 Stunden, und in der Tat kleine Mengen Gold erhalten. Aber sie waren von der Größenordnung der Zehnmilliontel Gramme oder noch kleiner und ließen sich nicht höher hinaufbringen. Dann haben wir eine verwandte Arbeitsweise probiert, die Herr MIETHE angegeben hat, bei der man zwei Quecksilberanteile so mit Paraffin einschließt, daß sie durch eine dünne Paraffinwand getrennt sind, und durch einen starken kondensierten Funken die Wand durchschlägt. Bei diesem Verfahren, das wir eine Reihe von Malen durchgeführt haben, ist es uns niemals gelungen, Gold zu finden.

Dann sind wir zu physikalisch besser definierten Arbeitsweisen übergegangen. Wir haben einen Hochspannungstransformator, eine gekühlte Funkenstrecke, durch die ein heftiger Luftstrom blies, und eine Quecksilberlampe in einen Ent-

ladungskreis geschlossen und Kapazitäten verschiedener Größe parallel dazu geschaltet. Diese Anordnung, auf die uns Herr FRANCK in Göttingen aufmerksam gemacht hatte, liefert sehr viel schnellere Elektronen als die gewöhnlichen Quecksilberlampen, die sich in dem Spektrum durch intensive neue Linien zu erkennen geben. Jetzt erhielten wir wieder kleine Mengen Gold, aber sie waren nach 56 Stunden nicht größer als nach 4 Stunden und blieben immer unter einem Milliontel Gramm.

Weiter haben wir eine Art Röntgenröhre aus Glas gebaut mit einem glühenden Wolframdraht als Kathode und tief gekühltem Quecksilber als Gegenelektrode und diese Vorrichtung mit wachsenden Spannungen bis zu 30 000 Volt betrieben. Wieder ergaben sich sehr kleine Mengen Gold. Bei diesen Versuchen fand sich die größte Menge, die wir in irgendeinem Versuch erlangen konnten, nämlich 1,6 Milliontel Gramm. Diesem günstigen Versuch sind wir dann näher nachgegangen. Es war ein Versuch, bei dem im Entladungsgefäß und an den Zuführungen innerhalb des Vakuums ein Leuchten sich zeigte, das die Gegenwart von Quecksilberdampf und, physikalisch gesprochen, einen Ionenstrom verriet. Nach diesem Versuch wurde ein zweiter gemacht, bei dem der Druck tiefer war und reine Elektronenentladung stattfand. Es gab nur etwa den tausendsten Teil der Ausbeute des ersten. Dann wurde im gleichen Rohr der erste Versuch wiederholt, und diesmal war die Ausbeute noch kleiner als ein Tausendstel. Die Sache klärte sich auf, als die metallischen Stromzuführungen untersucht wurden, die in das Entladungsgefäß hineinführten. Sie waren aus Stahl mit kleinen Nickelansätzen an den Einschmelzstellen. Von Stahl wie von Nickel waren zuvor unbenutzte Probestücke untersucht und schwach goldhaltig gefunden worden. Die verwendete Menge beider Metalle im Entladungsgefäß enthielt im ganzen zwei Milliontel Gramm Gold. Jetzt nach den Versuchen ergab die Untersuchung der benutzten Stücke nur den 40. Teil. Der Unterschied vor und nach der Benutzung deckte sich sogar mit der Genauigkeit, die in solchen Fällen erwartet wird, mit dem im Quecksilber gefundenen Gold. Aber nicht diese Übereinstimmung, sondern das Ausbleiben der scheinbaren Quecksilberverwandlung bei goldfreien Elektroden ist die Hauptsache. Mit goldhaltigen Elektroden waren kleine Goldmengen im Quecksilber zu erhalten, mit goldfreien nicht. Wir haben dann elektrolitischen Kupferdraht, Nickeldraht, Stahlschrauben, fast kohlenstoffreies schwedisches Eisen auf Gold und Silber untersucht und immer mit positivem Ergebnis. Nur dünner Wolframdraht erwies sich als frei von Gold.

Wir haben schließlich noch Versuche gemacht, die sich besonders eng an die neueste Arbeitsweise anschließen, die Herr MIETHE angegeben hat. Er hat einen sog. Turbinenunterbrecher mit Quecksilber gefüllt und das Anwachsen des Gold-

gehalten beim Betrieb des Unterbrechers beobachtet. Die Arbeitsweise hat uns beunruhigt, weil dabei das Quecksilber mit der großen Metallmasse der Elektroden und mit dem emaillierten Metallgefäß des Turbinenunterbrechers in Berührung steht, während Abreißfunken spielen, und wir haben es deshalb vorgezogen, eine Quecksilberlampe mit reinem Quecksilber hinter den Turbinenunterbrecher zu schalten, so daß der zerhackte Gleichstrom des Unterbrechers die Lampe betrieb, die durch einen schwachen überlagerten kontinuierlichen Gleichstrom am Erlöschen verhindert wurde. Im Laufe des langausgedehnten Versuches brannten die Stahlelektroden zweimal ab und mußten erneut werden. Der Goldgehalt im Quecksilber überschritt nach dem Versuche nur wenig den Wert von einem Zehnmilliontel Gramm, der aus dem Goldgehalt der dünnen Eisenelektroden oder durch zufällige Störung seine Erklärung fand und mehr als roomal kleiner war als von den Herren MIETHE und STAMMREICH angegeben.

Wie man sieht, ist es nicht gelungen, Gold aus Quecksilber in chemisch nachweisbaren Mengen zu machen. Die Goldmengen, die wir erhalten haben und die uns anfangs als Bestätigung der Angaben von MIETHE und NAGAOKA erschienen, haben sich im Laufe längerer Untersuchungen nicht vermehren lassen und sind als Verunreinigungen

aufgeklärt worden, die aus den verwendeten Elektroden stammten. Nicht anders liegt es mit dem Silber, das wir auch in ähnlich geringen Mengen finden konnten. Es bleibt die entfernte Möglichkeit, mit Hilfe größerer Intensitäten im Sinne NAGAOKAS doch noch nachweisbare Mengen zu erhalten. Aber die Aussichten sind zu schlecht, um eine weitere Beschäftigung mit dem Gegenstande ohne neue gedankliche Grundlagen oder glaubhafte experimentelle Anhaltspunkte zu rechtfertigen.

Die Lösung des alchimistischen Problems bleibt vorderhand dort stehen, wohin sie RUTHERFORD geführt hat, nämlich bei Atomverwandlungen in den winzigen Mengen, die weit unter der Schwelle chemischer Nachweisbarkeit gelegen sind. Aber alle Ergebnisse auf diesem Gebiete sind Resultate der wenigen letzten Jahre und niemand wird wegen eines Fehlschlages auf die Hoffnung eines Erfolges verzichten wollen. Die Entwicklung unserer technischen Stromquellen zur Beherrschung hoher Spannungen und die fortschreitende Kunst mikrochemischen Nachweises kleinster Mengen arbeiten sich in die Hand, um den Boden für erfolgreichere Versuche vorzubereiten.

Ich danke zum Schluß meinen Mitarbeitern Dr. JAENICKE und Dr. MATTHIAS, ohne deren Hilfe die mühevollen und schwierigen Versuche nicht durchführbar gewesen wären.

Der gegenwärtige Stand der Zoologie und die Gründung zoologischer Stationen¹⁾.

VON ANTON DOHRN, Neapel.

I.

Als SCHLEIDEN seine erste Ausgabe der „Wissenschaftlichen Botanik“ schrieb, konnte er mit Recht sagen, daß die Zeit vorbei sei, in der man jemanden, der tausend Pflanzen zu benennen wußte, für einen Botaniker, den aber, welcher zehntausend Namen nannte, für einen großen Botaniker hielt. Pflanzenanatomie und -physiologie, Entwicklungsgeschichte und die so wichtigen Fragen über Entstehung und Natur der parasitischen Pflanzen, geographische und paläontologische Verbreitung der Pflanzen sind als Probleme erstanden und haben aus der scheinbar so einfachen Botanik ein überaus reiches anziehendes, wichtiges und zugleich sehr schwieriges Forschungsgebiet gemacht, auf dem eine Reihe von Forschern ersten Ranges, zumal in Deutschland ihre Lorbeeren pflücken.

Die Schwesterwissenschaft, die Zoologie, hat dasselbe Schicksal in vielleicht noch höherem Grade erlitten als die Botanik. Zum großen Teil war es ja auch notwendig, daß die Systematik lange Zeit überwog und so viel Ordnung innerhalb des zu behandelnden Stoffes schuf, als erforderlich war, um die eigentliche wissenschaftliche Tätigkeit, das Aufstellen und Lösen der Probleme, die Erkenntnis des Zusammenhangs und der Gesetzmäßigkeit der Erscheinungen anzubahnen. Auch

heißt es jetzt durchaus nicht: der Mohr hat seine Schuldigkeit getan, der Mohr kann gehen! Keineswegs, denn so hoch auch das Niveau der Zoologie als Wissenschaft gestiegen sein und noch ferner steigen mag — der Ordnung darf sie nimmer entraten, jener Ordnung, welche kraft-, raum- und zeitsparend ist und allein die Möglichkeit raschen, geistig gehobeneren Fortschreitens gewährt. Aber noch weniger darf die bisherige Systematik als der eigentliche wissenschaftliche Körper der Zoologie angesehen werden, für dessen Instandhaltung und Ausbreitung die Tätigkeit und Mittel der Einzelnen wie der Gesellschaften, vor allem der größten Gesellschaft, des Staates, mehr oder weniger ausschließlich aufgewandt werden dürfen! Die gründenden Taten LINNÉs und seiner Zeit sollen wahrlich nicht vergessen werden, aber wenn die Mitte des vorigen Jahrhunderts zwölf Auflagen von LINNÉs „*Systema naturae*“ brachte, so ist es an der Zeit, der gebildeten Jetztwelt ins Gedächtnis und zum Bewußtsein zu führen, daß sie auch CASPAR FRIEDRICH WOLFFS *Theoria generationis* und sein Werk über die Bildung des Darmkanals im bebrüteten Hühnchen erzeugte und damit die eigentliche Basis legte zu dem großen Umsturz, der gerade hundert Jahre später in DARWINs Buch vom Ursprung der Arten das Bewußtsein der ganzen gebildeten Welt in Erschütterung versetzen sollte. Und wenn CUVIERS Name auch bekannt genug geworden ist, so muß doch um so mehr CARL

¹⁾ Neudruck aus: Preußische Jahrbücher, Bd. 30 1872.

ERNST VON BAERS überragende Bedeutung und die Großartigkeit seiner hohen und edlen Forscher-natur anerkannt werden, wenn von den Stützen unseres gegenwärtigen Wissens in der organischen Natur die Rede ist.

Durch die Taten dieser großen Männer ist es gekommen, daß aus der einfachen systematischen Zoologie eine Wissenschaft geworden ist, die in der Erforschung des Wesens, des Ursprungs und der Zielpunkte des Lebens so ungeheure Probleme vor sich sieht, daß ihr ohne Zweifel, je näher sie der Bearbeitung und der Lösung dieser Probleme tritt, ein um so bedeutenderer Einfluß auf die Gestaltung des menschlichen Denkens eingeräumt, ein um so größerer Anteil an der Erweiterung des Gesamt-wissens und an der daraus folgenden Gesamtentwick-lung der Menschheit zugestanden werden muß. Wer hätte nicht schon oft gesehen, wie die mensch-liche Gesellschaft, dies eigentliche Objekt aller praktischen Philosophie, mit einem Organismus verglichen ward, der, aus unzählbaren einzelnen Individuen bestehend, doch wiederum nur ein Gesamtindividuum darstellt und als solches den großen Gesetzen alles organischen Werdens, Seins und Vergehens unterworfen ist? Und wenn sich nun immer mehr die Erkenntnis Bahn bräche, daß dieser Vergleich nicht nur einen Vergleich, sondern die eigentliche richtige Betrachtung des Problems ausmacht, wenn von diesem Standpunkte aus neue und fruchtbare Gesichtspunkte für die Behandlung sozialer Probleme zu gewinnen wären, wenn solche Gesichtspunkte wenigstens einen un-streitig heuristischen Wert hätten? Träte nicht dann das Studium der Biologie noch in ganz anderer Weise in Beziehung zum praktischen Leben, als bloß durch die Verwendung anatomisch-physiolo-gischer Erkenntnisse in der Medizin? Würden nicht gerade die scheinbar ganz außer allem Bezug zum menschlichen Leben stehenden Gebiete der Mor-phologie und Embryologie, würden nicht die ab-strakteren Lehren der Physiologie einen ganz direk-ten Anwendungswert für die Kultur gewinnen, und würden nicht die in diesen Wissenschaften gemachten und fürder zu machenden großen Entdeckungen ebenso viele Schritte in der Ent-wicklung eines größeren und klareren Erfassens der menschlichen Bildung und Gesittung ausmachen?

Und wenn es wahr ist, daß unser größtes moder-nes Forschungsmittel die Anwendung des gene-tischen Prinzips geworden ist — wenn Geschichte, Sprachwissenschaft, Geologie, ja wenn sogar bereits die Astronomie „genetisch“ verfährt — müssen wir dann nicht gerade dahin uns wenden, wo dieser „genetische Gedanke“ geboren wurde, wo er zum ersten Male mit voller Kraft ganze und von großen Autoritäten getragene Lehrweisen zu Boden warf und auf ihren Trümmern Schritt für Schritt ein Ge-bäude nach dem anderen aufrichtete — müssen wir dann nicht unserem großen deutschen Lands-mann CASPAR FRIEDRICH WOLFF auf seinen Wegen folgen und alle die großen Mittel und Wege moder-nen Forschens auf den Ausbau des Wissens-

gebietes hinüberleiten, welches von ihm geschaffen¹⁾ und gegründet wurde? Trägt doch auch gerade dieses Gebiet der Biologie den Namen der *Ent-wicklungsgeschichte* *κατ' ἐξοχήν*, zum Beweise, daß sie der Typus dieser neuen Forschungsweise ist oder wenigstens sein sollte.

Es ist wohl passend, daran zu erinnern, daß es deutsche Denker waren, welche den großen Ge-danken der Entwicklung aufnahmen und in der so viel verschrienen Naturphilosophie, wenn auch oft verdunkelt und phantastisch aufgeputzt, in das allgemeine Denken einführten. War es doch GOETHE, der sein ganzes Leben diesem Gedanken widmete und noch dicht vor seinem Tode die französische Juli-Revolution für gleichgültig er-klärte neben dem durch seine Teilnahme so berühmt gewordenen Streit zwischen CUVIER und GEOFFROY ST. HILAIRE. Und auch in unsern Tagen ist es wiederum Deutschland, welches durch sein ent-schiedenes Eingreifen die große Sache der DARWIN-schen Theorie vor dem tollen Gebaren frommer und unfrommer Philister und hochmütiger Gelehrten-zöpfe sofort in Schutz genommen und durch sein ausschlaggebendes Gewicht in die unmittelbare rast-lose Arbeit der Fachwissenschaften eingeführt hat.

Wenn also in der Tat der Zoologie in allen ihren Zweigen eine neue und große Bedeutung zu-kommt, so kann es nicht erstaunen, daß in zoo-logischen Kreisen plötzlich eine neue Teilnahme erwacht ist und jeder Zoolog mit doppelter Energie sich an seine Arbeit setzt. Wie nach einem großen Siege die Angehörigen der siegreichen Nation mit gehobenem Selbstgeföhle unter fremden Nationen auftreten und von diesen auch in der Tat — wenn auch oft widerwillig genug — höher geachtet werden, so erscheinen jetzt die Zoologen inmitten der andern Gelehrten mit dem Bewußtsein, daß *ihre* Wissenschaft es sei, welche einen der größten Gedanken der modernen Forschung entwickelt und gereift habe, daß sie diesen Gedanken auch fernerhin zu pflegen und auszubauen, und daß die übrigen Wissensgebiete ihn von ihr zu empfangen, mit ihm sich zu befruchten und zu reformieren haben. Töricht wäre es, wenn dieses Selbst-bewußtsein in Hochmut, dieser berechnete Stolz in Eitelkeit ausartete, wenn der erste beste, weil er an dem mit den köstlichen Problemen beladenen, reich gedeckten Tische der Zoologie Platz genom-men, einen Zipfel des Tischtuches gefaßt hat und mit Messer und Gabel klappert, sich nun auch ein-bildete, er habe unmittelbaren Anteil an der Mahl-zeit. Aber mehr als töricht, nachteilig und schädlich würde es sein, wenn das erbgessene Gelehrten-tum älterer und reicherer Wissenschaften dem An-dringen der neuen Schwester Widerstand leisten, ihr nicht bereitwillig über die schwierigen Zwischen-stadien hinüberhelfen wollte, die zwischen ihren An-

¹⁾ Noch heut sind nicht einmal alle von CASPAR FRIEDRICH WOLFF hinterlassenen Manuskripte durch den Druck veröffentlicht worden. Würde die St. Peters-burger Akademie der Wissenschaften nicht geneigt sein, die Herausgabe dieser Schriften vorzubereiten?

sprüchen und ihren Leistungen einstweilen mit Notwendigkeit noch mitten inne liegen. Jene bereits höher entwickelten Wissenschaften zogen begreiflicherweise auch höher veranlagte Geister an sich, sie gaben ihnen ein größeres und bedeutenderes Leistungsgebiet und empfingen in notwendiger Wechselwirkung auch von jenen neue und bedeutendere Gesichtspunkte. Mitunter verlor geradezu die Biologie solche hervorragende Kräfte, denen auf die Länge die verhältnismäßig geringere Tragweite ihrer Arbeit nicht genug tat. Jetzt aber wird sich dies mehr und mehr ausgleichen. Gerade der Charakter der Unfertigkeit, des großen Wollens und Strebens, der Reichtum an plötzlich lösbar gewordenen Problemen wird sicherlich in kurzer Zeit der Zoologie eine Reihe hervorragender Kräfte zu den jetzt schon vorhandenen hinzuführen, und das Gewicht dieser bedeutenden Persönlichkeiten an sich wird dann hoffentlich hinreichen, der von ihnen behandelten Wissenschaft den ihr gebührenden Rang in der Achtung und Teilnahme gebildeter Gesellschaft zu sichern.

Und dessen ist die Zoologie durchaus benötigt, wenn es ihr gelingen soll, die sehr ungünstigen äußeren Bedingungen ihrer Existenz zu verbessern und wohl gar in ihr Gegenteil zu verwandeln. Die Zoologie ist vor allen Dingen eine teure Wissenschaft, deren Studium große Mittel verlangt. Diese Mittel kann aber nur der Staat oder die private Tätigkeit größerer Kreise der Gesellschaft gewähren. Auf den Staat und die Gesellschaft in diesem Sinne zu wirken, ist aber der Zoologie nur möglich durch ihre Organe, die Zoologen, und was der einzelne Zoolog in dieser Richtung tun kann, wird wesentlich bedingt sein von dem Gewicht seiner Persönlichkeit.

So hängt also auch in dieser Beziehung das Schicksal der Zoologie von individuellen Verhältnissen ab und zeigt deutlich die noch bestehende große Unreife der Wissenschaft. Sie ist eben ohne Organisation, sie lebt von der Hand in den Mund, in einem Lande wird sie gründlich, in einem anderen gar nicht oder nur in krüppelhafter Weise angebaut, hier stehen ihr zufällig bedeutende Mittel zu Gebote, dort leidet sie Mangel am Allernotwendigsten, hier strebt sie in die kommenden Jahrhunderte hinein, dort steckt sie noch in mittelalterlichen Traditionen. Sie ist eben mit allen ihren bisherigen Resultaten nur ein Produkt individueller Initiative und günstiger Zufälle. Zur Astronomie, zur Mechanik und der Art ihrer wissenschaftlichen Organisation verhält sie sich ungefähr wie GARIBALDISCHE Freischaren zu einem preußischen Armeekorps. Sowenig man mit den ersteren große strategische Bewegungen ausführen kann, in denen der Individualität und dem Zufall wenig, dem geordneten und berechneten Zusammenwirken vieler aber alles überlassen bleibt, so wenig ist die Zoologie in ihrer gegenwärtigen Verfassung imstande, große Probleme Schritt für Schritt und nach vorüberlegtem Plane zu lösen. Dazu gebricht es ihr an der unentbehrlichen Organisation.

2.

Seit JOHANNES MÜLLER mit mehreren seiner Schüler Unteritalien und Sizilien aufsuchte, um sein Lieblingsstudium, die Morphologie und vergleichende Anatomie zu verfolgen, vergeht kein Jahr, in dem nicht einer oder der andere deutsche Zoolog nach Nizza, Neapel oder Messina geht, um dort zoologische Studien zu betreiben. Die namhaftesten skandinavischen und englischen, besonders aber schweizer und russische Zoologen haben diese Küsten aufgesucht, und überaus bedeutend sind die Resultate, die dort gefördert worden sind.

Aber noch um sehr viel bedeutender hätten sie sein können, stände nicht auch hier wieder der Mangel einer vernünftigen Organisation im Wege.

Wer viel gereist ist, wird wissen, daß gut, billig und erfolgreich Reisen eine Kunst ist, in der man nur durch Schaden klug wird, die man nur allmählich und durch viele Übung erlernt. Und doch gibt es für den Vergnügungsreisenden eine Menge Leitfaden, Ratgeber, Cicerones, und wie all die Hilfsmittel heißen, die ihm in schwierigen Fällen aus der Not helfen. Der wissenschaftliche Reisende dagegen, vor allem der reisende Naturforscher ist darauf angewiesen, sich für seine Bedürfnisse auf eigene Hand Befriedigung zu schaffen, und das verursacht ihm natürlich großen Verlust an Kraft, Zeit und Geld. Und doch setzt sich aus diesen drei Elementen, wenn man die notwendige wissenschaftliche Vorbereitung als selbstverständlich voraussetzt, fast der ganze Erfolg einer wissenschaftlichen Reise zusammen. Selten gebietet ein Universitätsprofessor oder Dozent, über mehr Zeit als etwa 3–6 Monate, oft nur über ebenso viele Wochen, die er den Universitätsferien entnimmt. Und steht ihm nicht ein anderweites Einkommen zu Gebote, so ist männiglich bekannt, daß sein Gehalt oder die mühsamen Ersparnisse von Jahren eben gerade ausreichen, ihn ohne Schulden wieder nach Hause reisen zu lassen, wo er dann von neuem Taler auf Taler zu legen beginnt, um nach jahrelangem Sammeln vielleicht noch ein zweites oder drittes Mal die Extravaganz einer transalpinischen Forschungsreise sich gestatten zu dürfen. Viele aber, und unter ihnen oft die Tüchtigsten, kommen niemals dazu, und all ihr Wissenskapital, das vielleicht in einem halbjährigen Aufenthalt an der Küste des Mittelmeeres seine höchsten Zinsen für die Wissenschaft getragen hätte, bleibt ungenutzt oder müht sich an heimischen, ungleich ungünstigeren Objekten ab, welche der Wissenschaft weniger nützen und der bearbeitenden Kraft größere Anstrengung zumuten als die ihr leider unzugänglichen Untersuchungsobjekte glücklicherer Länder.

Aber noch viel bedeutender als der Verlust an Geld und Zeit ist der Verlust an Kraft, den eine mangelnde Organisation den reisenden Zoologen verursacht. Sollen diese Reisen ihren vollen Erfolg haben, so ist vor allen Dingen nötig, daß sie schon von vornherein im Hinblick auf die Lösung eines bestimmten, wohlbegrenzten Problems angefangen

werden, und daß spezielle Vorbereitung, Fragestellung, das Zusammentragen und die Ausnutzung der das Problem angehenden Literatur vorangehen, ehe die Reise unternommen wird. Dann handelt es sich darum, auszukundschaften, wie und in welcher Weise das Arbeitsmaterial zu finden ist. Wer hätte nicht schon erfahren, welche Schwierigkeiten es bietet, in der eignen Heimat eine hinreichende Menge von gewissen Tieren — falls es sich um Anatomie — oder deren Eiern, falls es sich um Entwicklungsgeschichte handelt, zu erhalten, um daran eine längere Untersuchung ausführen zu können. Und doch kennt man die Lokalitäten, die Fauna und Flora ziemlich gut, man kennt die Menschen und weiß sich an die richtige Quelle zu wenden, und schließlich lebt man in seinen gewohnten Umgebungen, in denen man zur Not Ersatz für fehlgeschlagene Bemühungen findet, ja auch wohl Fachgenossen, die mit Rat und Tat zur Hand gehen. Das alles wird doppelt und dreifach schwierig, sobald man im fremden Lande weilt, in dem alles anders, alles neu und fremdartig ist, in dem Natur und Menschen erst eine Akklimatisation und Umformung der Gewohnheiten fordern, ehe auch nur die alltägliche Arbeitskraft und Objektivität zu gewinnen ist, in dem besonders die eigentlichen Aufgaben des Reisenden nicht eher zu bewältigen sind, als bis Wochen vergangen sind, die ihn propädeutisch vorgebildet haben und nach vielem Suchen und Mühen endlich die gewünschte Gelegenheit bieten, seine Untersuchungen mit Erfolg aufzunehmen. Das Wohnungssuchen, die nötige Bedienung, Essen, Trinken und Schlafen vernünftig einzurichten, alles selbstverständliche Dinge zu Hause, werden im fremden Lande, vor allem in Städten wie Neapel und Messina, wichtige und schwierige Angelegenheiten, die oft zur Unbehaglichkeit, nicht selten zur wesentlichen Beeinträchtigung der gehofften Arbeitsergebnisse führen. Und wer nun nicht das Glück hat, sofort das gewünschte Arbeitsobjekt zu erhalten, wer vielleicht versäumt hat, sich bei Zeiten über sein Vorkommen und die Art, seiner habhaft zu werden, zu unterrichten, der wird fühlen, wie übel es ist, im fremden Lande auf sich selbst angewiesen, mit Unmut und Widerwärtigkeiten zu kämpfen zu haben.

Das ist eine Quelle des Kraftverlustes. Eine zweite, nicht minder wirksame, ist sehr entgegengesetzter Natur. Der nordische, vorzüglich der binnenländische Zoolog wird bei seiner Ankunft am Gestade der Bai von Neapel, der Straße von Messina, des Golfes von Villafranca plötzlich von einer so außerordentlichen Masse neuer, ihm lebend vorher nie vorgekommener tierischer Formen — man kann fast sagen: überfallen, daß er sich anfänglich gar nicht dagegen zu behaupten weiß. Er hält das aber noch dazu für einen außerordentlichen Vorteil. Was für Schätze kannst du sammeln und mit nach Hause führen! denkt er — und der Sammeltrieb bemächtigt sich seiner und zehrt an den Kräften, die der Lösung spezieller Probleme

vorbehalten waren. Oder er ist entzückt über die unaufhörliche Gelegenheit, durch Selbstuntersuchung alte, verblichene Kenntnisse in allen Teilen der Zoologie aufzufrischen, er anatomiert, determiniert und embryologisiert frisch drauf los an allem, was ihm nur in die Hände kommt und die Fischer für scheinbar geringes Geld ihm zutragen. Hier regt ihn die merkwürdige Natur des Endostyls der Salpen, dort die Frage nach dem Hermaphroditismus der Terebratulinen an, ein paar Tage der Untersuchung dieser Verhältnisse zu weihen — aber ein paar Tage sind gar zu wenig, und die Fragen sehr schwer! Dazwischen kommen plötzlich ein halbes Dutzend Alciopen, die schönen pelagischen, völlig durchsichtigen Anneliden! Die Struktur der Augen zieht seine Aufmerksamkeit an: ja wer daran einige Wochen studieren könnte! Aber heute und morgen halten sie sich lebendig — übermorgen sind sie tot — und in Monaten sieht er sie nicht wieder. Er will doch nur ausschließlich die Embryologie der Medusen studieren, und alle Fischer erhalten Auftrag, Material zu schaffen. Aber in dem Wasser, welches die Eier enthält, schwimmen sonderbare kleine Dinge herum, die das Mikroskop erkennen lassen wird: wahrhaftig es sind ganz junge Appendikularien, in denen noch der Nervenstrang durch den ganzen Schwanz zu erkennen ist. Das ist gerade die modernste aller Fragen — also rasch an die Arbeit —, und die Meduseneier werden wieder verlassen.

Und so geht es tage- und wochenlang, und wenn auch gewiß so mancherlei Gutes und Tüchtiges zustande kommt, so ist es doch lange nicht das, was beabsichtigt, was erwartet war, sondern neben einer vielleicht halbvollendeten größeren Arbeit eine Reihe kleiner Notizen und Mitteilungen, die größtenteils unfertig blieben, oft nicht einmal zur Veröffentlichung kommen, keinesfalls aber einen wissenschaftlichen Fortschritt ausmachen, wie ihn etwa eine konsequent durchgeführte Untersuchung eines oder zweier bestimmter Objekte, die Lösung eines vorher festgestellten Problems geboten haben würde.

Welche Hemmnisse dann ferner auch den best vorbereiteten und mit energischer Einseitigkeit arbeitenden Forschern bereitet werden durch den Mangel einer Bibliothek, durch die Ungunst der Arbeitsräume, durch die primitive Ursprünglichkeit aller der hastig konstruierten Hilfsapparate und durch eine Menge zufälliger Umstände und Ereignisse, das weiß nur der wahrhaft zu sagen, der oft am Meere gearbeitet hat und trotz aller und ausgedehntester Erfahrungen doch jedesmal von neuem auf neue Hindernisse stößt, die ihn aufhalten und beengen, und die ihn, den Erfahrenen, nur um so lauter die Klage aussprechen lassen: Warum gibt es denn keine einzige Anstalt an der Küste des Mittelmeeres, in der die Hilfsmittel vorbereitet, in der Laboratorium und Bibliothek zu aller Gebrauche offen ständen, in welcher die so kostbare Arbeitskraft des Gelehrten vor Zersplitterung und nutzloser Verschwendung

gewahrt und auch dem Unbemittelten die Möglichkeit eröffnet würde, seine Arbeit der Bewältigung von Problemen zu weihen, die doch einmal gelöst werden müssen, soll unsere Wissenschaft nicht immer und immer wieder daran erinnert werden, daß sie noch ein Stiefkind ist, der man die von ihren bevorzugteren Geschwistern übriggelassenen Brocken zuwirft und noch obendrein einen untertänigsten Dank dafür von ihr erwartet?!

3.

Im Oktober des Jahres 1868 betrat ich zum ersten Male die Küste Siziliens. Wie ein fahrender Ritter war ich im August aus meiner binnenländischen Existenz in Jena ausgebrochen und zuerst über die Nordsee nach Schottland auf zoologische Abenteuer ausgezogen. Wenn jeder Faust seinen Mephisto im Leibe hat, so geht ebenso sicher kein Don Quijote ohne seinen Sancho Pansa in die Welt, und der zoologische irrende Ritter hat keine Vorrechte vor dem *famoso hidalgo de la Mancha*. Schlechtes Wetter, üble Laune und manche andere Umstände brachten die Hoffnung auf Entdeckungen und rasch gelöste Aufgaben sehr bald zu niedrigem Stande, und ich war zufrieden, als ich in Schottland sowie nachher in Plymouth je eine mir gestellte kleine Aufgabe mit Hilfe erfahrener und unterrichteter Freunde zu lösen imstande war. Der Oktober, wie gesagt, fand mich in Messina.

Sancho Pansa behielt im allgemeinen auch hier Recht. Trotz ziemlich reicher Ausstattung mit Instrumenten und Büchern muß ich doch, will ich der Wahrheit die Ehre geben, bekennen, daß meine Leistungen weit hinter meinen Erwartungen zurückblieben. Nicht viel besser ging es meinem russischen Gefährten, MICLUCHO-MACLAY. Wir waren leibhaftige Beispiele für jene beiden oben erörterten Fälle der nutzlos verschwendeten Arbeitskraft, und wir beide wurden spontan dazu gebracht, über die großen Vorteile nachzudenken, die wir von einem wohleingerichteten Laboratorium hätten haben können.

Eine österreichische Eskader warf im November im Hafen von Messina Anker. Es waren zwei zur Weltumsegelung bestimmte Fregatten, an deren Bord eine Anzahl Naturforscher und Herr v. SCHERZER sich befanden¹⁾. Mit Kanonendonner waren

sie eingefahren, mit Kanonendonner sagten sie uns nach zweitägigem Aufenthalt wieder Lebewohl. Wie sie so geräuschlos dahinglitten, die großen Segel sanft geschwellt von frischem Südwind, stundenlang noch sichtbar in der Meerenge von Messina, da zog unsere Phantasie mit ihnen über das Meer an all die fernen Küsten und Inseln, und träumerisch nahmen wir Besitz von dem Merkwürdigen und Wissenswerten, was für die kommenden Jahrhunderte der Forschung dort aufbewahrt ist.

Ein träumender Naturforscher im neunzehnten Jahrhundert verfällt zwar nicht darauf, Drachen und Lindwürmer zu töten und sein Leben für das Lächeln einer Dulcinea gegen Räuber und Spitzbuben auf das Spiel zu setzen, aber Inseln zu erobern, sei es auch nur zur Ausnutzung ihrer zoologischen Vorteile, und Königreiche zu gründen, wenn auch nur von Wissenschafts Gnaden, das sind Don Quijoterien, die sich heut noch so gut zutragen wie jene ideologischen Raufereien im Mittelalter. Denn in der Tat! Die Träumereien, zu denen die weit am Horizonte verschwindenden Fregatten uns aufgefordert hatten, sie sind nicht wieder geschwunden: mein Freund MICLUCHO-MACLAY hat im Herbst des Jahres 1870 Europa an Bord einer russischen Korvette verlassen und hat sich die Erforschung Neu-Guineas als Reiseziel gesetzt. Sein letzter Brief aus Valdivia traf mich vor Jahresfrist, und seitdem habe ich nichts wieder von ihm gehört¹⁾. Und ich bin seit zwei Jahren damit beschäftigt, in Neapel eine große Zoologische Station zu gründen, als ersten und hoffentlich ermutigenden Anfang zur Herstellung eines Netzes Zoologischer Stationen über die ganze Erde.

Wie aber Organismen nicht durch *Generatio aequivoca* hervorgebracht werden, so lassen sich auch Organisationen nicht ohne weiteres in voller Reife ins Leben rufen. Es bedurfte also auch die Gründung einer Zoologischen Station einer auf-

viel beachtete Reisewerk über die Ergebnisse der 1857—1859 unternommenen 1. Österreichischen Weltumsegelungsexpedition auf der Fregatte „Novara“ verfaßt hatte. SCHERZER war unter dem Einfluß MORITZ WAGNERS zu Forschungsreisen begeistert worden. Er trat 1872 in den österreichischen Konsulardienst über, war zuerst Generalkonsul in Smyrna, dann in London, Leipzig, schließlich in Genua, und starb 1903 im Ruhestand in Görz. R. D.

¹⁾ [Es handelte sich um die Schraubenfregatte „Donau“ und die Schraubenkorvette „Erzherzog Friedrich“, die unter dem Kommando des Kontradmiraals Frh. v. PETZ und unter der wissenschaftlichen Leitung Dr. KARL VON SCHERZERS über Gibraltar eine Reise zur Erforschung der Handels- und Verkehrsverhältnisse in Indien, China, Siam und Japan unternahmen, von wo sie 1871 zurückkehrten. Mit dem zoologischen Sammeln war speziell Herr J. XANTUS vom Budapest Nationalmuseum beauftragt. Den offiziellen Reisebericht, der voller auch heute noch interessanter Angaben über Bienenzucht, Seidenraupenzucht, Fischerei usw. ist, veröffentlichte 1873 Dr. v. SCHERZER, der bereits das

¹⁾ Vor kurzem ist ein Brief an Dr. PETERMANN in Gotha gelangt, der schon von Neu-Guinea aus datiert war. [NIKOLAUS VON MICLUCHO-MACLAY ist von seiner Reise in den Stillen Ozean und einem mehrjährigen, zur Ordnung seiner Sammlungen verwendeten Aufenthalt in Sydney 1886 nach St. Petersburg zurückgekehrt und dort am 16. April 1888, erst 42jährig, gestorben, vor Fertigstellung seines Reisewerkes. Er war 1860 mit HAECKEL, GREEF und FOL auf Madeira und den Kanarischen Inseln gewesen und hatte u. a. die von HAECKEL beschriebene Besteigung des Pik von Teneriffa mitgemacht. Zoologisch hat er u. a. über marine Spongien gearbeitet und in den Druckschriften der Russischen Akademie publiziert. R. D.]

einanderfolgenden Reihe von Entwicklungsstufen. Mein erster Schritt zu diesem Ziele geschah in Messina selbst. Ich stellte alle von mir während des Winters 1868/69 benutzten Apparate, Aquarien, Netze, Taue, Glasgefäße, Chemikalien usw. usw. zusammen, gab sie dem mir befreundeten schwedischen Konsul in Verwahrung, der mir einen kleinen Raum seines Magazines in zuvorkommender Weise zu Gebot stellte, und fügte ein Buch hinzu, welches in verschiedenen Rubriken Nachrichten über allerhand lokale Zustände Messinas gab, die später eintreffenden Zoologen hätten nützlich werden können. Nach meiner Rückkehr begann ich in Deutschland Geld zu sammeln, in der Hoffnung, mittelst einer Summe von 1000—2000 Talern später in Messina ein kleines Haus bauen und darin Aquarien und Arbeitstische aufstellen zu können. Nach einem erneuten Besuche im Hamburger und Berliner Aquarium verband sich dieser Plan mit dem Gedanken, durch Hinzufügung eines kleinen Aquariums für das größere Publikum in Messina eine Einnahmequelle zur Instandhaltung des Laboratoriums und zur Besoldung eines Fischers zu gewinnen. Von da aber bis zu dem Entwurf, in Neapel ein großes Aquarium zu bauen, durch dessen Einkünfte ein ebenso großes Laboratorium erhalten werden könnte, war nunmehr nur noch ein Schritt, und diesen Schritt machte ich im Januar 1870, als ich nachdenkend in der Ecke eines Postwagens saß, der mich von der Eisenbahnstation Apolda nach Jena führte.

Ich besprach den Plan mit zwei Freunden¹⁾, die ihn für verwirklichungsfähig hielten, und begann sofort, mich mit Neapel in Beziehung zu setzen, um zuerst festzustellen, ob es eine den mannigfaltigen Ansprüchen genügende Lokalität gäbe, die mir auch für meine doch immerhin nur beschränkten Privatmittel zugänglich wäre. Im März ging ich selbst nach Süden, um persönlich an Ort und Stelle Ermittlungen anzustellen und nach einer längeren Periode von Entwerfen und Verwerfen verschiedener Projekte gelang es mir endlich, dem Maire von Neapel — damals Graf CAPITELLI — einen Kontraktentwurf vorzulegen, dessen wesentliche Bedingungen ich hier folgen lasse:

1. Die Stadt Neapel gibt ein Territorium von 7000 Quadratfuß unentgeltlich an Dr. DOHRN. Dasselbe befindet sich innerhalb der Villa Reale.

2. Dr. DOHRN errichtet auf seine Kosten das Gebäude der Zoologischen Station innerhalb Jahresfrist nach Unterzeichnung des Kontraktes.

3. Das Eigentumsrecht dieses Institutes bleibt Dr. DOHRN während seines Lebens. Nach seinem Tode geht es an die Stadt Neapel über.

4. Sollte Dr. DOHRN früh sterben, so bleibt das

¹⁾ [Der eine davon war ERNST ABBE, mit dem mein Vater seit der gemeinsamen Jenenser Zeit in enger Freundschaft bis zu ABBES Tode verbunden blieb. Der andere dürfte NIKOLAUS KLEINENBERG gewesen sein, der meinem Vater von Jena nach Neapel folgte und in den ersten Jahren sein Assistent und Mitarbeiter war. R. D.]

Eigentumsrecht, 30 Jahre lang vom Tage der Kontraktunterzeichnung an gerechnet, seinen Erben.

5. Zur Erbschaft werden nur zugelassen eine deutsche Universität oder die Universität Neapel.

Eine Reihe von anderen Bedingungen bestimmte Einzelheiten, deren Mitteilung kein weiteres Interesse für größere Kreise hat.

Nach vollen zweijährigen, vom deutsch-französischen Kriege unterbrochenen Verhandlungen und nach Überwindung beträchtlicher Schwierigkeiten gelang es mir, diesen Kontrakt im Juni des Jahres 1872 mit dem Baron NOLLI, gegenwärtigen Maire von Napoli, zu unterschreiben und so den Grund zu legen zu dem von der Wissenschaft lange begehrten, aber an widrigen Umständen immer wieder gescheiterten Versuch, der Zoologie ähnliche Vorteile zu sichern, wie sie seit vielen Jahren der Astronomie und der Meteorologie zu Gebote stehen und die hohe Vollendung der einen sowie das rasche Wachstum der anderen Wissenschaft gewiß am vornehmlichsten befördert haben.

Wie aber nun die Zoologische Station einzurichten sei, um als ein neues und förderndes Organ der Wissenschaft zu dienen und ihr Gebiet zu erweitern, das muß sich aus richtigem Verständnis des gegenwärtigen Standes der Zoologie und ihrer in der nächsten Zukunft bevorstehenden weiteren Entwicklung allenfalls übersehen lassen.

4.

Zwei Gedanken sind es hauptsächlich, in denen das Programm des nächsten Jahrhunderts zoologischer Forschung ausgesprochen zu sein scheint. Eines ist: der Kampf um das Dasein und die daraus hervorgehende natürliche Züchtung; das andere: die Rekapitulation der Stammesentwicklung durch die Entwicklungsgeschichte der Individuen. Beide Gedanken gehören der DARWINSchen Theorie an.

Durch die Theorie der natürlichen Züchtung wird ein Gebiet der zoologischen Forschung wiederum belebt, welches im vorigen und im Anfang dieses Jahrhunderts verhältnismäßig viel besser und gründlicher studiert wurde als in den letzten fünfzig Jahren.

Es ist ja ohne Zweifel wahr, daß bei dem vielfachen Anwachsen der Museen und Sammlungen vor allem die Systematik ausgebaut werden mußte, sollte so viel Ordnung und Übereinstimmung in diesen Museen herrschen, daß eine Verständigung der Zoologen untereinander möglich wurde. Ebenso ist es unbedenklich wahr, daß zu einer vernünftigen Systematik auch das genaue Eingehen auf den inneren Bau der Tiere gehörte, daß somit auch die Anatomie einen hervorragenden Platz in der Tätigkeit der Zoologen beanspruchen mußte, — nichtsdestoweniger bleibt es aber doch ein Mangel, der gegenwärtig sehr fühlbar ist, daß wir von der Lebensweise der meisten Tiere, die wir nach äußerem und innerem Körperbau heut auswendig kennen, doch herzlich wenig zu berichten haben. Wir bleiben staunend, ja ungläubig davor stehen,

wenn uns die wunderbaren Erzählungen HUBERS über das Leben der Ameisen mitgeteilt werden, — wir zweifeln die Angaben nicht zünftiger Beobachter an, die uns dies oder jenes Faktum aus den Gewohnheiten der Bienen berichten, weil, ja weil diese Beobachter weder das Skalpell führen, noch auch die Tausend Gattungen und Familien kennen, die in unseren Katalogen zu finden sind, und weil uns nur der als Zoolog erscheint, der dies beides betreibt. Wenn es aber geschehen konnte, daß der Generationswechsel zuerst von einem Dichter, die Parthenogenesis von einem Pfarrer entdeckt wurde, so ist es wohl nicht übereilt, wenn man der zünftigen Zoologie in dieser Richtung eine Mangelhaftigkeit vorwirft, die sie abzulegen suchen muß.

Die natürliche Züchtung ist das Resultat des Kampfes um das Dasein, dem alle Geschöpfe unterworfen sind. Gilt es also, dies Resultat festzustellen und sein Zustandekommen zu ergründen, so müssen die Faktoren untersucht werden, aus denen dasselbe hervorgeht. Diese Faktoren aber sind nur durch das Studium der Lebensgewohnheiten der Tiere aufzufinden; darum also gewinnen genaue Feststellungen über Aufenthaltsort, Futter, Lebensdauer, Begattung und Trächtigkeitsdauer, über das Verhältnis der Mutter zu den Eiern und Jungen, kurz alles, was die isolierte Existenz eines Tieres angeht, überaus großen wissenschaftlichen Wert. Noch bedeutender aber werden die Ermittlungen über das Zusammenleben der Tiere sein, denn in diesem Zusammenleben handelt es sich dauernd um Krieg und Frieden, um Auffressen oder Aufgefressenwerden, und der gesamte Bau, alle Kräfte und Fähigkeiten, die ein Tier besitzt, werden aufgeboten, um in diesem buchstäblichen Kampf um das Dasein zu überwinden oder aber dem stärkeren Gegner zu entfliehen.

Wie schwierig derartige Feststellungen sind, das wird wiederum niemand verkennen, der nur je versucht hat, ein einziges Tier in seiner Lebensweise zu beobachten. Da handelt es sich um genaue Feststellung der Beschaffenheit des Mediums, in dem das Tier lebt, um die Luft, ihre Dichtigkeit, Temperatur, Feuchtigkeit usw., um die Erdarten, deren geologische und mineralische Beschaffenheit, den Feuchtigkeitsgrad, die Einflüsse der Vegetation usw., bei Tieren, die im Wasser leben, um die chemische Beschaffenheit desselben, den Salzgehalt des Meerwassers, die Strömungen und ihre Temperaturunterschiede — kurz und gut um die Feststellung eines endlosen Details gleich wichtiger und komplizierter Bedingungen. Da handelt es sich ferner um Ermittlung numerischer Verhältnisse, um den Grad der Mitbewerbung bei Angehörigen derselben Art, um Durchschnitts- und Minimalsumme, da wird es weiterhin zur Aufgabe, festzustellen — wo möglich experimentell —, welchen Grad von Veränderungen dieser oder jener Lebensbedingungen Individuen der gleichen Art noch aushalten können, ohne zugrunde zu gehen, welche Veränderungen ihre Struktur evtl. dadurch erleidet, daß sie auf die

Dauer und Generationen hindurch solchen veränderten Lebensbedingungen ausgesetzt werden. Das sind völlig neue, fast gänzlich unangebaute Gebiete, deren Betreten aber notwendig geworden durch die Theorie der natürlichen Züchtung, durch den großen Entwurf der DARWINschen Lehre.

Handelt es sich nun um Auffindung von intellektuellen Kräften, welche diese neuen Aufgaben zu bewältigen haben, so wird jeder zuerst an die Universitäten denken. Aber diese sind heute völlig in Anspruch genommen von den Leistungen auf dem anderen Felde der Zoologie, das wir schon erwähnt und noch näher zu besprechen haben werden. Systematik, Anatomie und Embryologie, also die eigentlichen morphologischen Fragen beschäftigen fast ausschließlich Professoren und Dozenten, und wäre nicht C. TH. V. SIEBOLD in München, der die Zeugungsverhältnisse der Insekten, LEUCKART in Leipzig, der die Parasitenkunde, und MÖBIUS in Kiel, welcher die Lebensverhältnisse mariner Tiere studierte, so bliebe jenes ausgedehnte Gebiet, auf dem so viele Fragen von grundlegender Bedeutung zu lösen sind, fast völlig ohne akademische Vertretung¹⁾ in Deutschland. In anderen Ländern steht es nicht viel besser — hin und wieder erscheinen wohl einige Mitteilungen besonders über die Lebensweise nützlicher oder schädlicher Tiere — aber im rechten Zusammenhange und im Hinblick auf größere Probleme und Ideen wird fast nirgends gearbeitet.

Der Mangel der Vertretung eines so wichtigen Zweiges der Zoologie auf den Universitäten hat leider auch die bedauernswerte Folge, daß in den Kreisen nichtakademischer Forscher und Laien das Interesse dafür stark abnimmt. War es doch früher sehr allgemein, daß Pfarrer und Schullehrer auf dem Lande in ihren Mußestunden sich mit derlei Studien befaßten, und mannigfaltig sind die Früchte gewesen, welche von dorthier der Wissenschaft gekommen sind. Die Ruhe und Isolation, welche auf dem Lande herrscht, begünstigten überaus solche Tätigkeit, und unter der Führung akademischer Vorgänger — häufig auch ohne dieselbe — ward emsig und dankenswert gearbeitet. Auch das hat leider sehr abgenommen — teils aus Gründen veränderter politischer Verhältnisse, welche auf die Geistesart der jetzigen Generation von Landpfarrern und Schullehrern stark gewirkt haben, teils aber auch ohne Zweifel wegen der Vernachlässigung dieser Studien von seiten der akademischen Kräfte, infolgedessen die weniger genau orientierten Laien ohne bestimmte Aufgaben und Richtungslinien geblieben sind.

Diesem Mangel wäre nun in erster Linie durch Vermehrung der akademischen Kräfte abzuhelpen.

¹⁾ Den obengenannten Forschern hat sich kürzlich Prof. WEISMANN in Freiburg zugesellt. Seine letzte Schrift „Über den Einfluß der Isolierung auf die Artbildung“ enthält sehr wertvolle Erörterungen; die Zoologie muß mit Freuden auf diesen Versuch blicken, ihr Begriffsgebiet kritisch und schöpferisch zugleich zu erweitern.

Es scheint zwar leicht, zu raten, die Universitätsprofessoren sollten vielseitiger sein, nicht nur Systematiker, Anatomen oder Embryologen, sondern auch Biologen werden; aber wer nur einigermaßen in der Zoologie Bescheid weiß, wird begreifen, daß solch guter Rat eben ein guter Rat ist. Die Arbeitslast, die ein durchgebildeter Morpholog heute auf seinen Schultern liegen hat, ist viel, viel zu bedeutend, als daß da noch im geringsten Platz wäre für ein neues Gebiet von der Größe und Unbebautheit des hier Besprochenen. Ist es doch gar nicht in Abrede zu stellen, daß schon in den bisherigen Gebieten eine Arbeitsteilung hat Platz greifen müssen, welche aus dem einen Professor einen Systematiker, aus dem anderen einen Anatomen und Histologen, aus dem dritten einen Embryologen macht. Es ist gar nicht selten, daß ausgezeichnete Zoologen, welche den Fortschritten der mikroskopischen Anatomie die größten Dienste geleistet haben, doch in der Systematik und Artenkenntnis Schnitzer machen — ja daß sie von vornherein zugeben, darin mangelhaft unterrichtet zu sein. Und doch ist, wie gesagt, die Systematik ein unverlässliches Element der zoologischen Wissenschaft, sollen wir nicht einem Chaos verfallen; und die Teilnahme akademisch gebildeter Zoologen an dem Ausbau derselben ebenso unerlässlich, soll diese nicht zu einem ausschließlichen Tummelplatz eines bedenklichen Dilettantismus herabsinken.

Die einzige wirkliche Hilfe ist eine neue Teilung der Arbeit, die Errichtung eines zweiten Lehrstuhles für Zoologie an den großen, womöglich auch an den kleinen Universitäten. Die Arbeitsteilung muß darauf hinauskommen, daß dem einen Lehrstuhl Systematik und Biologie (im engeren Sinne), dem anderen vergleichende Anatomie und Embryologie zufiele. Daß gegenwärtig an manchen Universitäten der Lehrstuhl für menschliche Anatomie auch mit der Pflege der vergleichenden Anatomie betraut ist, hat gewiß sehr wohlthätige Folgen sowohl für die erstere wie für die Ausbildung der Mediziner; dennoch kann darauf nicht gerechnet werden, wenn es sich um die Bedürfnisse der zoologischen Wissenschaft handelt. Es muß sogar im Gegenteil die vergleichende Anatomie die eigentliche Quelle sein, aus der die menschliche Anatomie, soweit sie nicht ausschließlich praktische Zwecke verfolgt, ihre leitenden Gesichtspunkte empfängt.

Überdies ist es mit der erneuerten Aufnahme des Studiums der Biologie im engeren Sinne noch lange nicht genug, sollen die Bedürfnisse der modernen Zoologie, wie sie durch den Einfluß der DARWINSchen Theorie sich neuzugestalten beginnt, einigermaßen befriedigt werden. Ich wies schon zu Anfang dieses Abschnittes darauf hin, wie zwei große Gedanken auf die Entwicklung der Zoologie in den nächsten hundert Jahren einen entscheidenden Einfluß haben werden. Der erste ist eben die natürliche Züchtung mit allen Voraussetzungen und Konsequenzen, der andere aber die Rekapitulation der Stammesentwicklung durch die Entwicklung des Individuums.

Es kann hier nicht der Ort sein, die Wahrheit dieses Satzes mit Beweisen zu belegen, um diejenigen zu bekehren, welche noch nicht geneigt sind, ihm ohne weiteres zuzustimmen. Auch kann nicht weiter erörtert werden, in welcher Art und Weise der Satz einzuschränken oder auszubauen sei. Hier kann es sich nur darum handeln, zu untersuchen, welche Folgen seine Anerkennung für die weitere Entwicklung der Zoologie als Wissenschaft haben wird.

Und da ist es unverkennbar, daß, wie vorhin bei der Feststellung der Bedingungen des Kampfes ums Dasein der Biologie, so jetzt der Embryologie die Hauptlast der fortschreitenden Wissenschaft aufgebürdet wird. Das Ziel, welches erreicht werden soll, ist kein geringeres als die Feststellung der Geschichte der Tierwelt von ihrem ersten Beginn an bis zur Erscheinung eines Organismus, dem wir füglich schon den Namen Mensch beilegen können. Diese Geschichte beginnt also mehrere Hundert Millionen Jahre vor uns. Es erscheint wohl den meisten völlig unmöglich, darüber das geringste feststellen zu wollen. Dennoch aber gewährt uns das Gesetz der Erblichkeit die Mittel, über unsere und aller übrigen Organismen Vorfahren mehr oder weniger genaue Nachrichten zu gewinnen. Jeder beginnende Organismus durchläuft in seiner sich bis zur Geschlechtsreife fortdauernd entwickelnden und ausbildenden Gestalt mit ungeheurer Schnelligkeit und mit überaus bedeutenden Abkürzungen die Gestaltenreihe, welche seine Vorfahren vom ersten Organismus an durchgemacht haben; diese Wiederholung würde sogar eine vollständige sein, wirkten nicht dem Walten der Erblichkeit alle die Umstände beschränkend entgegen, welche den Kampf ums Dasein ausmachen und die natürliche Züchtung zur Tätigkeit rufen. Kraft dieser beiden Elemente wird die Urkundensammlung, welche jeder sich entwickelnde Organismus darstellt, durchlöchert, verkürzt, gefälscht. Da auch Eier und Embryonen miteinander in Wettbewerb stehen, und da auch sie den verändernden Einflüssen äußerer und innerer Agenzien unterworfen sind, so verwischen sich die Charaktere, die nicht mehr brauchbar sind, es verändern sich andere, die Reihenfolge wieder anderer verschiebt sich, ja es fügen sich wohl Charaktere hinzu, welche den Vorfahren überhaupt nicht angehört hatten. Hierdurch gerade wird es aber möglich, die verschiedensten Nachrichten über die Vorfahren der in Untersuchung genommenen Tiere zu sammeln, denn durch kritische Benutzung der Entwicklungszustände verschiedener naher verwandter Gattungen kann man die von jedem einzelnen nur überaus lückenhaft wiedergegebene Stammesgeschichte annähernd zusammensetzen und ergänzen. Wie die Linguisten aus den verschiedenen Sprachformen allmählich die Ursprache richtig herauslesen, oder wie ein Mosaikkünstler ein zerbrochenes Mosaikbild, wenn nur einige Andeutungen über die Gesamtkomposition erhalten sind, doch nach vielen ungenügenden Versuchen

in annähernder Genauigkeit wiederherstellen kann, so muß der Zoolog aus zahllosen embryologischen Daten heraus das Gesamtbild der Entwicklungsgeschichte eines Tierstammes entwerfen.

Die gewaltige Größe einer solchen Arbeit leuchtet jedem ein, der das Tierreich in seiner Ausdehnung kennt und bedenkt, welche ungeheure Zeiträume zu berücksichtigen sind. Schon die kurze Spanne der tierischen Stammesgeschichte, die uns von der Paläontologie enthüllt wird — Enthüllungen, die auch schwierig genug festzustellen sind — erfordert ein mächtiges Anspannen wissenschaftlicher Arbeit, soll ein einigermaßen wertvolles Resultat herauskommen — und doch wie geringfügig, wie kurz ist die Spanne Zeit vom silurischen System bis heute im Vergleich zu den Äonen, die vom Beginn individualisierter Materie bis zum Silur verflossen sind! Da heißt es wahrlich „tausend Jahre sind wie der Tag, der gestern vergangen ist“.

Und mit der Embryologie allein ist es wiederum nicht geschehen. Wie der Mosaikkünstler nicht allein aus den vor ihm liegenden Resten und Trümmern sein Werk wiederherzustellen suchen wird, sondern sich nach Kunstwerken ähnlicher Art, nach denselben künstlerischen Vorwürfen in Malerei und Bildhauerei umsieht, um dadurch auf den richtigen Weg gebracht zu werden, wie der Linguist bei der Aufsuchung der Ursprache und ihrer Veränderungen sich auch auf seine historischen Kenntnisse stützen wird, — so muß auch der zoologische Genealog noch ein Gebiet zu Hilfe nehmen, will er nicht hinter seiner Aufgabe zurückbleiben. Auf dies Gebiet gerät er, wenn er versucht, aus den Daten, welche die vergleichende Embryologie ihm an die Hand gibt, auf einen weit zurückliegenden Organismus zu schließen, welcher als Stammvater für die von ihm untersuchten Tiergruppen anzusehen ist. Dieser Organismus muß lebensfähig konstruiert werden, er darf keine Widersprüche der Organisation aufweisen, die seine Existenz unmöglich machen würden, ja noch mehr, er muß so konstruiert werden, daß sich alle die Linien, die von ihm aus aufwärts in seine Nachkommenschaft führen, in derselben physiologisch möglichen und wahrscheinlichen Weise anknüpfen lassen müssen. Das weist uns aber auf eine Aufgabe hin, die auch aus anderen Gründen mehr und mehr in den Vordergrund der gesamten biologischen Wissenschaften treten muß, auf die Schöpfung einer vergleichenden Physiologie oder vielmehr einer Physiologie, welche nicht nur das Bestehen der Funktionen, sondern ihr Entstehen ins Auge faßt und erklärt.

Daß es sich auch hier wiederum nicht um eine Art *Generatio aequivoca* handeln kann, wenn wir von der „Schöpfung“ dieser Wissenschaft reden, sondern daß es wesentlich darauf ankommen wird, die Anfänge, die bereits von mehreren Seiten gemacht sind — wir erinnern nur an das vortreffliche Buch von BERGMANN und LEUCKART sowie an das große Werk MILNE-EDWARDS —, mit neuem Impulse aufzunehmen und in immer größere Einzel-

heiten auszudehnen, weiß jeder, der mit dem Stande unserer Wissenschaft vertraut ist. Die Physiologie an den Universitäten hat diesen Gesichtspunkt seit Jahrzehnten aus den Augen gesetzt; sie vertieft und isoliert sich immer mehr in der Ergründung der sog. Nervenphysiologie auf der einen, der Verdauungsphysiologie auf der andern Seite und überläßt es der Morphologie, die Gebiete der Zeugungs- und Wachstumsphysiologie, ferner der Bewegungserscheinungen und der von den Bewegungen abhängigen Organisation, ja eigentlich das gesamte Gebiet der Korrelationserscheinungen innerhalb des tierischen Organismus auf ihre schon so überbürdeten Schultern zu nehmen.

Und gerade dies letztere Gebiet wird eine hervorragende Bedeutung gewinnen, wenn der Zoologie ein Ausbau zuteil werden soll, wie er ihr durch die Descendenztheorie ermöglicht worden ist. In ihm stecken die Lösungen für die zahlreichen Probleme, welche auch dem gemeinen Verstande so oft sich darbieten, jene scheinbar so wunderbaren Fügungen, welche dem Strauß große Beine zum Laufen, aber keine Flügel zum Fliegen, dem Adler mächtige Flügel, aber kurze Beine gegeben, welche dem schwerfälligen Rhinoceros seine fast undurchdringliche Haut, der flüchtigen Antilope die zarten, aber wie Stahl kräftigen Gliedmaßen verschaffen. Warum atmet der Fisch durch Kiemen? Warum der Vogel durch Lungen? Wie kam es, daß den Insekten Tracheen zuteil wurden, den Krebsen aber nicht? Der Gläubige antwortet mit ehrfurchtsvollem Hinweise auf den allmächtigen Schöpfer, — aber die Wissenschaft kann sich mit solchem Hinweise nicht zufrieden geben, sie will die unmittelbaren, wirkenden Ursachen feststellen. Und das wird vorzüglich die Aufgabe der vergleichenden Physiologie sein, die alle ihre Methoden, alle ihre Hilfswissenschaften — in diesem Falle Chemie und Physik — anzuwenden hat, um die Funktionen aller Tiere, selbst der niedrigsten aufzusuchen und ihr Zustandekommen mit Hilfe der Embryologie und vergleichenden Anatomie festzustellen.

5.

So liegen also vor den Zoologen Aufgaben von solcher Ausdehnung, daß sie fast verzagen müßten, jemals zu einer hinreichenden Lösung derselben zu gelangen, wäre es nicht möglich, die Arbeitskräfte und die technischen Hilfsmittel des Studiums schon jetzt sehr wesentlich zu vergrößern.

Wir haben einen Weg dazu vorgeschlagen: die Vermehrung der Lehrstühle an den Universitäten. Deutschland und Deutschösterreich zählen zusammen 23 Universitäten und verschiedene Akademien, an denen der Zoologie gleichfalls ein wichtiger Anteil gebührt. Wenn vorläufig auch nur bei einem halben Dutzend dieser Universitäten die Lehrstühle für Zoologie verdoppelt würden, so zöge das schon eine bedeutende Vermehrung der wissenschaftlichen Arbeitskräfte nach sich. Denn nicht nur diese sechs bezahlten Posten würden zu be-

setzen sein: um jeden einzelnen derselben würde sich wahrscheinlich eine Konkurrenz entwickeln, welche unter Umständen die doppelte Zahl von Bewerbern repräsentieren dürfte. Ein neuer Lehrstuhl läßt auch sehr bald eine Privatdozentur entstehen, und wäre es einmal festgestellt, daß bei Besetzung der ersteren der Biologie im engeren Sinne eine wesentliche Berücksichtigung geschenkt werden sollte, so würde auch von seiten der Privatdozenten dies Gebiet wieder aufgenommen und jener große Mangel, den wir oben zuerst hervorgehoben hatten, einigermaßen ausgeglichen werden.

Aber mit einer Vermehrung der Arbeits- und Lehrkräfte müßte notwendigerweise auch eine bedeutende Vergrößerung der technischen Hilfsmittel erfolgen. Und da ist es nicht mehr mit einfacher Anschaffung von Mikroskopen und Vermehrung der großen Sammlungen getan. So hilfreich und unentbehrlich auch anatomische Studien an Spiritusexemplaren aller möglichen Tiere sind, so können sie doch niemals das Studium lebender oder ganz frisch getöteter Exemplare ersetzen. Zur Beschaffung dieser bietet aber vorläufig kein einziges Laboratorium irgendwelche Hilfe; jedem Studenten bleibt es überlassen, sich selbst solche Tiere zu suchen. Und ebensowenig wie den Studenten gewähren die Universitäten den Professoren und Dozenten Mittel und Wege zur Bewältigung derartiger wissenschaftlicher Aufgaben. Wer sich jahrelang in solchen Verhältnissen befunden hat, weiß, welche Schwierigkeiten es hat, lebendes Material für Untersuchungen immer in Bereitschaft zu halten; er weiß, welche Zeit und welche Kraft er durch die Beschaffung desselben verloren hat.

Man sagt wohl: ihr habt ja soundso viel zoologische Gärten, geht doch hin und arbeitet dort! Aber man stellt sich diese Gärten ganz anders vor, als sie wirklich sind. Bis jetzt sind sie mit wenig Ausnahmen nichts anderes als Anstalten des Zeitvertreibs auf der einen Seite und des Geldgewinnes auf der anderen. Wenn man, wie der Schreiber dieser Zeilen oft genug in den verschiedensten Zoologischen Gärten gebeten hat: werfen Sie dies Tier nicht weg, wenn es stirbt, geben Sie die Eier, die dieser Vogel legt, an den und den Professor, schicken Sie die Eingeweide dieses Tieres unverletzt an die pp. anatomische Anstalt — wenn man dann zusieht, wie Känguruhembryonen weggeworfen, die Kadaver gestorbener Tiere zerschnitten werden, um das Fell zu konservieren und in Museen aufzustellen, wenn man weder Eier noch Embryonen bekommt, weil die auskriechenden jungen Vögel mit einigen Talern im Handel bezahlt werden —, dann weiß man, daß es mit der Wissenschaftlichkeit der zoologischen Gärten noch gute Wege hat. Vergnügen und Geld — Geld und Vergnügen — damit ist vorläufig die Sache getan, und ehe man nicht dazu schreitet, den Direktoren, deren wissenschaftliche Tätigkeit durch die Verwaltungssorgen und Pflichten überaus beschränkt ist und immer beschränkt sein wird, einen vollständig für die akademische

Laufbahn ausgebildeten Zoologen an die Seite zu stellen, der selbst gründlich zu arbeiten und das zahlreiche Material, das solch Garten bietet, in die rechten wissenschaftlichen Hände zu bringen weiß, ehe wird sich aus den zoologischen Gärten auch kein bedeutsames wissenschaftliches Resultat gewinnen lassen. England, in der akademischen Pflege der Zoologie Deutschland außerordentlich nachstehend, ist in der Ausnutzung der zoologischen Gärten uns entschieden überlegen. Die Organisation und Verwaltung des Londoner zoologischen Gartens ist wissenschaftlicher als die irgendeines der vielen deutschen zoologischen Gärten; nicht nur, daß von der zoologischen Gesellschaft, welcher der Garten gehört, jährlich sehr bedeutende Publikationen gemacht werden — auch einen eignen Prosektor hat der Garten angestellt, welcher für ein jährliches Gehalt von 16—1700 Talern täglich Sektionen vorzunehmen und für die wissenschaftliche Ausnutzung des Materials Sorge zu tragen hat. In Hamburg bestand vor einigen Jahren die Absicht, dem aus dem Direktorat scheidenden Dr. BREHM einen akademisch gebildeten Nachfolger zu geben; man hatte zu dem Behufe Verhandlungen mit verschiedenen akademischen Lehrern angeknüpft; auch der Verfasser dieses Aufsatzes befand sich unter den in Aussicht genommenen Zoologen. Aber Schwierigkeiten persönlicher Art haben es bisher unmöglich gemacht, dieses Vorhaben zu verwirklichen. Gegenüber der in dem Hamburger Garten eingebürgerten Routine, besonders gegenüber dem fast nur aus Kaufleuten und größtenteils zoologisch nicht sachverständigen Mitgliedern bestehenden Verwaltungsrate wird es einer sehr bedeutenden Persönlichkeit von unbezweifelnder wissenschaftlicher Autorität und begabt mit Welt- und Menschenkenntnis bedürfen, um die sich entgegenstehenden Wünsche und Absichten in harmonischer Weise und zum Besten der Wissenschaft auszugleichen.

Die zoologischen Gärten können vorläufig also die Universitäten nicht der Pflicht überheben, selbständig für Vermehrung des Untersuchungsmaterials des zoologischen Studiums zu sorgen, und so wird es hoffentlich nicht mehr allzulange dauern, bis man mit der Gründung zoologischer Versuchsstationen vorgehen wird. Solche Versuchsstationen würden sich zuerst am besten da einrichten lassen, wo landwirtschaftliche Akademien mit Universitäten verbunden sind. Wir haben in Deutschland den Vorzug, einen der geist- und kenntnisreichsten Landwirte zu besitzen, Herrn v. NATHUSIUS: dieser Name allein könnte schon hinreichen, ein ganzes Programm für die Errichtung zoologischer Versuchsstationen abzugeben. Wer aber DARWINS Werken aufmerksam gefolgt ist, wer jedes der von ihm abgehandelten Kapitel mit dem Vorsatz gelesen hat, über den Ausbau der darin aufgehäuften Tatsachen und Schlüsse weiter nachzudenken, wer den Anteil erwägt, den gerade die Beobachtung von Haustieren und Kulturpflanzen an der Vollendung der großen Theorie

des englischen Forschers gehabt hat, der wird voll Freuden seine Zustimmung zu dem Plane der Errichtung für solche Studien bestimmter Versuchsstationen aussprechen. Und man glaube ja nicht, daß man in solchen Stationen nur mit Pferden oder Rindvieh experimentieren dürfte, weil unsere bisherigen Erfahrungen über Züchtungen usw. gerade diese Linien innegehalten haben: es lassen sich höchst wertvolle Experimente an sehr viel billigerem Materiale anstellen, und an einer methodisch angestellten Züchtung von Vögeln, Insekten, Spinnen oder Schnecken ließen sich Prinzipien erörtern, deren Kenntnis ohne Zweifel einstmals zu dem alltäglichen Besitz eines halbwegs gebildeten Menschen gehören wird, und die gegenwärtig bereits in der DARWINschen Theorie den Naturforschern vollkommen geläufig sind. Erst kürzlich hat die zoologische Literatur in dem neuen Werke CARL THEODOR VON SIEBOLDS ein wahres Muster zoologischer Experimentaluntersuchungen erhalten¹⁾, die nur auf das lebhafteste wünschen lassen, daß es einem Forscher wie v. SIEBOLD noch vergönnt sein möge, mit reicheren Mitteln an die Gründung einer Schule die Lebensweise der Tiere beobachtender Zoologen zu gehen. Würde doch dadurch vor allem auch erreicht werden, daß diese so vielen Privatleuten, vor allem Gutsbesitzern, Landpfarrern und Landschullehrern zugängliche und erfreuliche wissenschaftliche Tätigkeit neu belebt würde. Solche Teilnahme der Privatleute ist aber unter allen Gesichtspunkten eines der erstrebenswertesten Ziele unserer zu reformierenden Wissenschaft, nicht nur weil diesen Männern selbst dadurch eine neue Sphäre ihres Berufes eröffnet würde, sondern weil auch der Wissenschaft eine größere und ausgedehntere Teilnahme aus Laienkreisen erwüchse, ohne die wir nun einmal nicht vorwärtskommen werden. Wer freilich von den zunftgemäßen Gelehrten sich gegen eine solche mehr oder weniger dilettantische Einmischung des größeren Publikums in die Außenwerke der Wissenschaft zu verwehren wünscht, der möge nur auch seinen Klagen über die Karglichkeit der uns zugemessenen Mittel Halt gebieten und sich, wie MÜNCHHAUSEN, an seinem eigenen gelehrten Zopfe aus dem Sumpfe ziehen. Solcher Standpunkt führt schließlich dazu, auch DARWIN für einen „Amateur“ zu erklären, was vor nicht langer Zeit Herr ELIE DE BEAUMONT in Paris in anerkennenswerter Offenheit zum Nutzen und Frommen aller ähnlich Denkenden auf sich genommen hat.

Zoologische Versuchsstationen an Universitäten würden aber ohne Zweifel auch für die anatomisch-embryologischen Studien von größtem Nutzen sein. Richtet man sie in zweckmäßiger Weise ein, so können sie einen unerschöpflichen Vorrat von lebendem Untersuchungsmaterial diesen Studien zur Verfügung stellen. Durch Herstellung eines kleinen Teiches würden Bedingungen für die

¹⁾ [Gemeint sind hier jedenfalls die 1871 erschienenen „Beiträge zur Parthenogenese der Arthropoden“. R. D.]

Existenz einer großen Zahl von Wassertieren geschaffen, die wie Frösche, Salamander, allerhand Fische, Krebse, Würmer und Schnecken, Süßwasserpolypen und Schwämme, Infusorien usw. täglich zur Verwendung in den Laboratorien kommen, und deren Eier und Larven, in besonderen, kleineren Abteilungen gezüchtet, den Embryologen ein vorzügliches Hilfsmittel immer wieder zu erneuernden Studien böten. Ein kleiner Bach, über künstliche Fels- und Steingrotten herabfließend, etwas Sumpfboden und Wiese, dann wieder reiner Sand, dem Sonnenschein ausgesetzt, allerhand Bäume und Sträucher, kurz die größtmögliche Mannigfaltigkeit, auf ein enges Gebiet zusammengedrängt und unterstützt, durch sorgfältige Hilfe und Pflege eines erfinderisch-praktischen Menschen, würden eine vortreffliche Grundlage zoologischer Versuchsstationen bilden, denen bei fortdauernder Teilnahme und schöpferischer Fortbildung gewiß ein großer Einfluß zur Fortentwicklung der Wissenschaft zufallen müßte. Es würde äußerst dankenswert sein, entschloße sich eine unserer großen Universitäten, mit der Gründung solcher Versuchsstation den Anfang zu machen und mit der Kreierung einer neuen Professur zugleich auch dieser Professur ein solches Institut zur selbständigen Ausbildung zur Verfügung zu stellen. Einem solchen guten Willen würden von allen Seiten praktische Winke und Ratschläge nicht fehlen, und es würde ein bedeutender Schritt nach vorwärts in unserer Wissenschaft dadurch getan werden.

Uns Zoologen gebietet aber der Selbsterhaltungstrieb, die Einsicht der entscheidenden Behörden und ihre tatsächlichen Folgen nicht abzuwarten, sondern selbständig vorzugehen und soviel als möglich von diesen neuen Aufgaben aus eigener Kraft zur Lösung zu bringen. Und dazu soll, so hoffe ich, mein Entwurf zur Gründung zoologischer Stationen die Hand bieten.

6.

Schon oben hob ich hervor, daß die Zoologie eine teure Wissenschaft sei, und daß sie auf die Teilnahme großer und wohlhabender Kreise angewiesen bleibe, wenn sie ihren Aufgaben gerecht werden soll. Diese Teilnahme können ihr nur die Stationen gewinnen, indem sie wie die zoologischen Gärten und die bisher eingerichteten Aquarien durch Ausstellung von lebenden Tieren das große Publikum an sich ziehen und aus dem Eintrittsgelde solche Summen zu gewinnen suchen, welche nicht nur den technischen Betrieb vollständig decken, sondern auch Überschüsse ergeben, die zur Besoldung wissenschaftlicher Kräfte, zur Anschaffung notwendiger Instrumente und schließlich zur Vermehrung der Stationen verwendet werden sollen. Diese Summen kann die zoologische Station von Neapel vielleicht erwerben, wenn von den dorthin reisenden Touristen niemand an ihrer Tür vorbeigeht, ohne das Aquarium zu sehen und die kleine Summe des Eintrittsgeldes als Beisteuer zum Gedeihen unserer Wissenschaft zu zahlen.

Es würde das noch dazu so wenig ein Opfer sein, als von allen heute bestehenden Aquarien das von Neapel unstreitig das reichste und merkwürdigste sein wird. Das Mittelmeer liegt vor seiner Türe und die reichste Meeresfauna bietet täglich so wunderbare Gestalten dar, wie sie ein binnenländisches oder ein nördlich gelegenes Aquarium seinen Beschauern niemals wird vorzeigen können. Es trifft sich ferner so glücklich, daß die Zeit des größten Fremdenverkehrs — Januar bis April — zugleich die Periode ist, in welcher die Bai von Napoli von Seetieren aller Art am zahlreichsten besucht wird, sodaß selbst denjenigen, welche zwei- oder mehreremal das Aquarium besuchen, sicherlich immer eine Anzahl von neuen Formen vor Augen treten wird, die sie bei dem vorhergehenden Besuch nicht gesehen haben.

Neben dieser weitaus wichtigsten und bedeutendsten Einnahmequelle werden sich noch einige weniger bedeutende finden lassen, die aber immerhin zu einem günstigen Gesamtergebnis in pekuniärer Beziehung beitragen und die großen Aufgaben durchführen helfen sollen.

Durch die Einrichtung der zoologischen Station wird nun unmittelbar den vorher betonten Bedürfnissen, was technische Hilfsmittel anbelangt, sofort und energisch abgeholfen. Das Aquarium selber bietet ausgiebige Gelegenheit zum Studium der Lebensweise der Seetiere, wie sie bisher nicht zu finden war; Mittel und Wege, die Elemente des Kampfes um das Dasein festzustellen, werden dadurch den Zoologen reichlich geboten. Durch die Ausstattung der Laboratorien mit Versuchs- und Zuchtaquarien wird fernerhin den Embryologen und vergleichenden Anatomen ihr Studium außerordentlich erleichtert, ja für viele Untersuchungen überhaupt erst die Möglichkeit geschaffen. Ein physiologisches Laboratorium soll die Gelegenheit bieten, das Studium der Funktionen auch an den Seetieren herbeizuführen, und so die vergleichende Anatomie aus der Einseitigkeit zu befreien, in die sie genau so wie bisher die Physiologie zu geraten droht. Das Ineinandergreifen dieser drei Untersuchungsweisen allein kann die großen Aufgaben lösen, die unserer Wissenschaft gestellt sind, und ihre Vereinigung in einem großen Laboratorium mag als günstige Vorbedeutung dafür angesehen werden, daß es auch in den akademischen Kreisen bald zu solcher bewußten Kooperation kommen wird.

Das wäre der eine, an sich schon unschätzbare Vorteil der Station. Es leuchtet aber ein, daß noch ein anderer, ebenso bedeutender, damit Hand in Hand geht.

Die wissenschaftliche Laufbahn eines Zoologen ist nicht danach angetan, ihm pekuniäre Vorteile zu bieten — im Gegenteil, einem Unbemittelten ist sie überhaupt nur in den seltensten Fällen möglich. Die schwierigste Periode dieser Laufbahn ist aber gewiß die, in welcher die eigentliche grundlegende Arbeit des jungen Forschers geschieht — zwischen den beendeten Studienjahren und einer

festen Anstellung, sei es als Lehrer an höheren Schulen oder als Professor an der Universität. Gerade diese Jahre, welche der Ausbreitung und Vertiefung der gesamten Bildung eines Forschers vor allem geweiht bleiben sollten, werden häufig durch hastiges Arbeiten und einseitiges Erfassen irgendeiner speziellen Aufgabe um ihre eigentliche Wirksamkeit gebracht, und die Folge davon ist, daß statt eines weit um sich blickenden, nach großen Aufgaben verlangenden Geistes ein wenn auch immerhin tüchtiger, doch oft mit viel zu engen Gesichtspunkten arbeitender Forscher entsteht, welcher nicht so, wie es bei ruhigerer Ausbildung hätte geschehen können, die Wissenschaft fördert. Viele aber kommen auch nicht einmal zu dieser engeren Fachbildung; die Mittel zum Leben gehen ihnen aus, sie werden gezwungen, praktische Laufbahnen zu ergreifen, und wenn sie auch anfänglich noch die frühere Neigung zu theoretischer Arbeit behalten, so wird sie doch bald aus Not oder durch die bequemerem Erfolg gewährende praktische Tätigkeit verdrängt und vernichtet. So gehen der Zoologie oft bedeutende und höchst wertvolle Kräfte gänzlich verloren, andere erreichen nicht die volle Höhe ihrer Leistungsfähigkeit.

Da treten die zoologischen Stationen ins Mittel. Gerade diesen jungen Forschern, welche ihre Kräfte ausbilden, ihre Kenntnisse erweitern und ihre allgemeinen Gesichtspunkte vertiefen wollen, denen bieten sie die Hand. Einem jungen Manne ist ja eigentlich alles getan, wenn ihm die Möglichkeit zu allseitiger Ausbildung zugleich mit der Freiheit von drängendsten Nahrungssorgen auf 4—5 Jahre geboten wird. Er kann in dieser Zeit mehr als hinreichend beweisen, ob er wirklich den Beruf zum Forscher besitzt; mag ihn nun seine Individualität zu der mühsamen Arbeit des Herausschälens kleiner und kleinster Fakta treiben oder ihm ein weites Problem vor Augen stellen, das mit Aufbietung von Scharfsinn und Geist durch alle Irrwege der Kombination zu verfolgen, mit allen Mitteln der Phantasie und der Kritik anzufassen und zur Lösung zu bringen ist. Die zoologischen Stationen werden beiden Typen von Forschern zur vollen Ausbildung behilflich sein und so den Universitäten eine Pflanzschule von jungen Gelehrten bieten, aus denen diese sich ihre Professoren und Dozenten nach bestem Ermessen wählen können.

Freilich werden die zu vergebenden Stellungen an der zoologischen Station von Neapel über eine gewisse Zahl nicht hinausgehen können — aber es ist eben auch meine feste Absicht, welche von Anfang an mein Handeln bestimmt hat, die Station von Neapel als Zentralstation einzurichten und soviel Tochterstationen als irgend möglich ins Leben zu rufen, deren jede wiederum wenigstens einen besoldeten, zur Leitung berufenen Zoologen gebraucht. Die Gründung solcher weiteren Stationen wird natürlich nach zwei Gesichtspunkten erfolgen: nach dem wissenschaftlichen und dem pekuniären. Es gibt aber noch hinreichend viel Lokalitäten, wo diese beiden Elemente gleichmäßig

berücksichtigt werden können — und es gibt zugleich auch noch Mittel und Wege, Geld für diese Gründungen zu gewinnen, die bisher noch nicht betreten worden sind. Liegt es doch zu sehr im Interesse aller, daß die Wissenschaften auch außerhalb Europas mit bestimmten Organisationen festen Fuß fassen und das halb abenteuernde Reisen einzelner, oft nur sehr ungenügend vorbereiteter Forscher ersetzen, das soviel Geld und Energie kostet und verhältnismäßig so wenig erkleckliche Resultate bietet. Die wissenschaftliche Forschung darf nicht darauf verzichten, von der mächtigen Verkehrsentwicklung der neueren Zeit Vorteil zu ziehen. Wenn es nötig geworden ist, aus Deutschland nach Neapel und Sizilien zu gehen, wenn eine zoologische Station am Mittelmeere unentbehrlich ist, so wird es ebenso nötig werden und ebenso vorteilhaft sein, über Europa hinaus und in die anderen Weltteile vorzudringen. Die Möglichkeit, wissenschaftliche Stationen dort mit Erfolg einzurichten, mag man in Zweifel ziehen, ebenso wie man von den verschiedensten Seiten die Möglichkeit der neapolitanischen Station in Zweifel zog. Wer aber neben wissenschaftlichen Gesichtspunkten seine Aufmerksamkeit und seinen Anteil dem modernen Weltleben nicht vorenthält, wer im Gegenteil überzeugt ist, daß zwischen dem wissenschaftlichen und dem Weltleben intimste Beziehungen bestehen, die beide einander unentbehrlich machen, der wird mit mir die Durchführbarkeit des Planes, zoologische Stationen in den verschiedenen Erdteilen zu errichten, für möglich und darum für erstrebenswert halten. Wie weit meine Bemühungen in dieser Richtung schon gegangen sind, und welche Erfolge sie erzielt haben, mag einstweilen noch unausgesprochen bleiben; es genüge zu bemerken, daß an einflußreichen Stellen die unentbehrliche Teilnahme dem Plane schon gewonnen und das *Δός μου πον σιῶ* kein frommer Wunsch mehr ist.

Und so sei denn dies ganze Unternehmen der Teilnahme gebildeter Menschen, die es schon in so reichem Maße zu erfahren Gelegenheit hatte, auch weiterhin empfohlen!

Neapel, Juni 1872.

* * *

Diesem von dem Herausgeber der *Naturwissenschaften* angeregten Neudruck einen kurzen Epilog beizufügen, erscheint fast überflüssig: so aktuell wirkt der vor über fünfzig Jahren geschriebene Aufsatz meines Vaters auch heute noch. Und zwar gilt das nicht nur für Detailpunkte wie z. B. für die Tatsache, daß auch heute noch der wissenschaftliche Nachlaß CASPAR FRIEDRICH WOLFFs in den Archiven der Russischen Akademie der Wissenschaften seiner Veröffentlichung harrt. Auch

Dinge mehr prinzipieller Art sind heute der Verwirklichung noch nicht nähergekommen, wie die als „erstrebenswertes Ziel unserer zu reformierenden Wissenschaft“ bezeichnete Teilnahme der Privatleute und Laienkreise an den Aufgaben der Wissenschaft. Ähnliches gilt von der in bezug auf die Organisation der zoologischen Wissenschaft aufgestellten Forderung der wissenschaftlichen Auswertung des in den Zoologischen Gärten und Aquarien befindlichen Materiales, das mit wenigen Ausnahmen für die Wissenschaft verlorengeht.

Ganz besondere Bedeutung gewinnt aber — rückschauend — die in dem Aufsatz aufgestellte Forderung des engen Zusammengehens von Embryologie, vergleichender Anatomie und vergleichender Physiologie; und dies bietet mir doch noch Anlaß, ganz kurz einiges Prinzipielles hier beizufügen. Heute besteht kaum mehr die Gefahr, daß, wie es in dem Aufsatz meines Vaters heißt, die Physiologie in der Ergründung der sog. Nervenphysiologie und Verdauungsphysiologie aufgehe, oder daß sie Probleme wie etwa die Korrelationserscheinungen innerhalb der tierischen Organismen der Morphologie überlassen möchte. Eher das Gegenteil ist zu befürchten: daß nämlich über der seit jener Zeit mächtig entwickelten experimentellen Methodik und kausalen Fragestellung die Grundlagen der beschreibenden morphologischen und entwicklungsgeschichtlichen Richtung gelockert werden. Dieser der Biologie drohenden Gefahr, in entgegengesetzter Richtung aus dem Gleichgewicht gebracht zu werden, kann nun heute gerade wieder die Neapeler Zoologische Station in aussichtsreicher Weise entgegenwirken dank dem in ihr verwirklichten und durch sie in immer neuer Form möglichen engen Kontakt beider Forschungsrichtungen; der morphologisch-embryologischen und der physiologischen. Dies dürfte auch besonders der Fall sein durch Pflege der physikalischen Chemie, der neben den Problemstellungen, die ihr von der theoretischen Physik kommen, Anforderungen und Anwendungen auf biologischem Gebiet zum Ausbau ihrer experimentellen Basis nur erwünscht sein können.

In solcher Weise und wenn man — wie der Aufsatz meines Vaters schließt — „neben wissenschaftlichen Gesichtspunkten seine Aufmerksamkeit und seinen Anteil dem modernen Weltleben nicht vorenthält, im Gegenteil überzeugt ist, daß zwischen dem wissenschaftlichen und dem Weltleben intimste Beziehungen bestehen“, dann wird man die zuversichtliche Hoffnung hegen dürfen, daß der ursprüngliche und ureigenste Geist der Neapeler Zoologischen Station, mit neuen Symbolen und neuen Kontaktflächen ausgerüstet, sich auch weiterhin lebendig und fruchtbar erweisen wird. Q. b. f. s.!

Neapel, März 1926.

REINHARD DOHRN.

Erste Erfahrungen mit dem rotierenden Laboratorium.

Von L. PRANDTL, Göttingen.

In dem Festvortrag zur Einweihung des Kaiser Wilhelm-Institutes für Strömungslehre, der im Heft 16 dieses Jahres abgedruckt ist, wird unter den geplanten Versuchseinrichtungen ein „rotierendes Zimmer“ aufgezählt. Dieses ist in den letzten Monaten fertig geworden und hat dabei zunächst zu Beobachtungen über das Verhalten des Menschen in einem völlig geschlossenen, in Drehung befindlichen Raum Anlaß gegeben. Dabei stellten sich zu unserer Bestürzung Erscheinungen heraus, die den Zweck des rotierenden Zimmers, nämlich darin Versuche über Wasserströmung und andere mechanisch interessierende Vorgänge zu machen, in Frage zu stellen schienen. Um es kurz zu sagen, nicht nur das Gefühl für die Erhaltung des Körpergleichgewichts war so arg gestört, daß die Ausführung von Ortsveränderungen äußerst mühsam war, sondern wir wurden regelrecht seekrank! So schwer rächte sich die Nichtübereinstimmung des Sehraumes mit dem durch das Gleichgewichtsorgan empfundenen Trägheitsraum. Es ist sehr bemerkenswert, daß wir bei Vorversuchen, als die Wände des rotierenden Zimmers noch nicht geschlossen waren, von all diesen Erscheinungen nichts bemerkt hatten. Hier sah man, wie beim gewöhnlichen Karussell, die nicht mitdrehende Umgebung, und die Empfindungen des Gleichgewichtsorgans waren in Einklang mit dem, was man sah¹⁾. Außer dem gewöhnlichen Schwindel, wie er auch sonst bei länger fortgesetztem Drehen auftritt, stellten sich hier weitere Störungen nicht ein. — Im übrigen zeigte die systematische Fortsetzung der Versuche und die Analyse der Empfindungen, die den einzelnen Arten von Bewegung entsprechen, doch sehr bald, daß eine „Hygiene des rotierenden Zimmers“ sehr wohl möglich ist. Sie besteht ganz wesentlich darin, daß man alles Wenden und Neigen des Kopfes gänzlich vermeiden muß oder, wenn es nötig wird, es nur sehr langsam ausführt. In der Tat haben wir später bei Einhaltung dieser Regel die dreifache Drehzahl von der, bei der früher Seekrankheit auftrat, glatt vertragen. Es handelte sich dabei um 40 Umdrehungen pro Minute, bei einem Innendurchmesser des kreisrunden Zimmers von rd. 3 m. Man wird dabei von einer Zentrifugalkraft gleich 2,4 mal Erdschwere an die Wand gedrückt und hat Mühe, auch nur einen Arm vor-

zustrecken; bei ruhiger Kopfhaltung sind aber keine weiteren Nachteile dabei aufgetreten.

Die bei Kopfbewegungen auftretenden Gefühle lassen sich etwa so beschreiben: Es sei angenommen, daß sich das Zimmer so dreht wie der Zeiger einer auf dem Boden liegenden Uhr. Dann hat man bei Neigen des Kopfes nach links den Eindruck, daß der Boden in der Blickrichtung sich abwärts neigt, bei Neigen nach rechts, daß der Boden in der Blickrichtung hochkommt. Bei Neigung des Kopfes nach vorn scheint der Boden sich nach links zu bewegen, beim Aufrichten des Kopfes nach rechts¹⁾. Führt man derartige Kopfdrehungen langsam hin und her schwingend aus, so hat man den Eindruck, als wenn man in einer großen Schaukel stünde, die bei Seitenneigung des Kopfes vor- und zurückschwingt, bei Vornüberneigung dagegen links und rechts ausschwingt.

Sehr auffällig ist auch das Gefühl für Änderungen der Drehgeschwindigkeit des Zimmers. Beim Anlauf z. B. hat man, obwohl man nichts sieht, wonach man die Drehung beurteilen könnte, den deutlichen Eindruck, daß das Zimmer sich dreht. Später verschwindet dieser Eindruck; und man hat das Gefühl, in Ruhe zu sein, so lange man sich nicht bewegt. Beim Abstellen (Bremsen) hat man den Eindruck, daß das Zimmer in entgegengesetztem Sinne wie früher rotierte. Verläßt man nach rascher Bremsung den Raum, so empfindet man denselben Schwindel, wie er sich nach länger fortgesetztem Drehen einzustellen pflegt („Dreh-schwindel“).

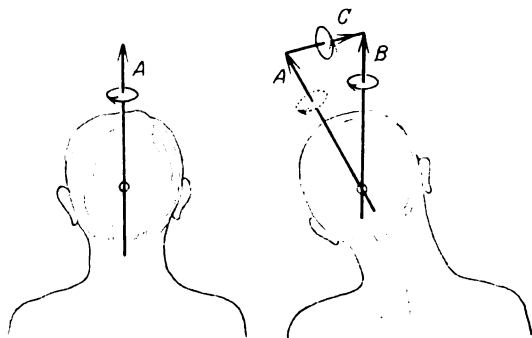
Die hier beschriebenen Empfindungen haben alle eine gemeinsame Wurzel. Es ist bekannt, daß wir, wenn wir Drehungen mit dem Kopf oder auch mit dem ganzen Körper ausführen, den umgebenden Raum durchaus als ruhend empfinden. Dies kommt dadurch zustande, daß durch eine Einwirkung vom Gleichgewichtsorgan (den „Bogen-gängen“) aus bei Drehungen nach rechts das Auge sich mit der gleichen Winkelgeschwindigkeit nach links dreht (und umgekehrt). Bei größeren Drehungen springt es nach einem gewissen Winkelweg immer wieder nach rechts zurück, um dann die Drehung nach links fortzusetzen. Das Auge fixiert also der Reihe nach gewisse ruhende Raumstellen und erweckt dadurch gerade den Eindruck, daß die Umgebung ruhe. Diese Augenbewegung wird auch im Dunkeln, ja selbst bei geschlossenem Auge, ausgeführt. Im drehenden Zimmer gleitet das Auge beim Anlauf im Uhrzeigersinn durch seine vom Gleichgewichtsorgan eingeleitete Bewegung nach links an der Wand entlang und erweckt dadurch die Empfindung einer nach rechts bewegten Wand. Bei jedem Zurück-

¹⁾ Wie mir Herr Dr. Brtz, hier, mitteilte, hat er bei gelegentlichen Fahrten auf einem U-Boot festgestellt, daß starke Schlingerbewegungen des Bootes bei ihm Übelkeit verursachten, wenn er im Innern des Bootes war, daß alles aber sehr bald wieder gut wurde, sobald er auf Deck kam und den Horizont sah. Die Nichtübereinstimmung zwischen Sehraum und Trägheitsraum scheint also, wenn auch nicht die einzige, so doch eine wesentliche Ursache der Seekrankheit zu sein. Die Berichte über Seekrankheit im Flugzeug stimmen damit gut überein.

¹⁾ Bei Drehung des Zimmers entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn ist in vorstehenden Angaben rechts und links zu vertauschen.

springen erblickt es aber dieselbe Wandstelle in derselben Blickrichtung, so daß sich die Empfindung des Drehens mit der der Ruhe vermengt, ganz wie bei dem gewöhnlichen Drehschwindel. Die Augenbewegung kommt allmählich zum Stillstand, und es verbleibt der Eindruck der Ruhe. Beim Bremsen gibt die Änderung der Drehgeschwindigkeit dem Gleichgewichtsorgan einen neuen Impuls, jetzt in der umgekehrten Richtung, der wieder eine Augenbewegung verursacht und den Anschein der Rückwärtsdrehung hervorbringt.

Die Wirkung einer Neigung des Kopfes läßt sich auf derselben Grundlage erklären, und zwar erweisen sich die eigenartigen Erscheinungen, die oben beschrieben wurden, als von genau derselben Art, wie die Rückwärtsdrehung beim Bremsen. Das Gleichgewichtsorgan, das ja nicht auf die Drehgeschwindigkeit, sondern nur auf ihre zeitliche Änderung reagiert, hat bei lange andauernder Drehung allmählich „vergessen“, daß eine Drehung besteht, und empfindet daher in der Folge Unterschiede gegen diese Drehung als selbständige Drehungen. Bekanntlich kann man bei der Zusammensetzung von Drehgeschwindigkeiten wie bei der von Kräften operieren, wenn man die Drehgeschwindigkeiten durch Strecken parallel der Drehachse darstellt. Beim Neigen des Kopfes nach links z. B. wirkt die „vergessene“ Drehung A , vgl. die Figur, so weiter, daß sie relativ zum Gleichgewichtsorgan, also relativ zum Kopf fixiert erscheint.



Die wirkliche Drehung hat die Lage B . Empfundene wird die Drehungsdifferenz C zwischen B und A , daneben während der Ausführung des Kopfschwenkens natürlich noch die Neigebewegung selbst. Durch die Reaktion des Gleichgewichtsorgans auf die letztere werden aber nur die normalen Empfindungen geweckt. Die Drehung C dagegen, die auch nach Anhalten des geneigten Kopfes weiter wirkt, wird als sehr störend empfunden und dauert so lange an, bis sie unter den Eindrücken, die das Auge weiter liefert, und die der Drehung C nicht entsprechen, wieder „vergessen“ wird. Im einzelnen ereignet sich folgendes: Die Drehung C , die vorne abwärts führt, bewirkt eine Aufwärtsbewegung des Auges, und damit den Eindruck des Versinkens des Bodens. Die gleiche Überlegung führt bei Vorwärtsneigen des Kopfes usw. auf die anderen beschriebenen Erscheinungen.

Blickt man beim Vorwärtsneigen des Kopfes genau wagerecht nach vorn, so bemerkt man außer einer unangenehmen Störung des Gleichgewichtsempfindens sehr wenig, während bei gesenktem Blick die Wirkung sehr stark ist. Das ist durch Analyse der Augenbewegung gut verständlich. Einem Rade, das sich um die Blickrichtung als Achse langsam dreht, können die Augen nicht so folgen, daß der Eindruck eines stillstehenden Rades entsteht. Zu einer Drehung des Kopfes um die Blickrichtung als Achse gibt es also keine kompensierende Augenbewegung, und deshalb kommt beim Vorwärtsneigen im drehenden Zimmer, wobei die Drehachse C nach vorn gerichtet ist, keine Sehtäuschung zustande. Sie ist aber sehr wohl da, wenn die Blickrichtung mit der Achse C einen Winkel einschließt¹⁾.

Zum Schluß sei noch bemerkt, daß die Änderung der resultierenden Schwerkraftichtung (Resultierende aus Schwere und Zentrifugalkraft) nicht so stark empfunden wird, als man erwarten möchte. Man beobachtet, wenn man exzentrisch steht, deutlich eine Neigung des ganzen Raumes in dem erwarteten Sinn, aber die Neigung ist, offenbar unter der Gegenwirkung der Gesichtseindrücke, viel kleiner als die Neigung der resultierenden Kraft. Die Empfindungen durch die mechanischen Einwirkungen auf die Gliedmaßen, besonders die der ablenkenden Kraft im drehenden Raum (Corioliskraft) sind genau die nach den Gesetzen der Mechanik erwarteten, wenn sie auch immer am eigenen Leibe beobachtet, überraschend wirken, wie z. B. die, daß man mit dem Bein links herum kreisende Bewegungen mit Leichtigkeit (leichter als gewöhnlich) ausführen kann, rechts herum dagegen nur mit großen Schwierigkeiten (dies für Drehung im Uhrzeigersinn).

Es steht sehr zu hoffen, daß das rotierende Laboratorium, nachdem der Mensch sich in ihm zurechtzufinden gelernt hat, auch seinem eigentlichen Zweck, Strömungsgesetze zu erforschen, eine reiche Ausbeute von Ergebnissen liefern wird. Anfänge sind auch hier schon gemacht. Hierüber hoffe ich später im Zusammenhang berichten zu können.

Nachtrag.

Gelegentlich eines Vortrages über obiges Thema vor dem Niedersächsischen Gauverband der Deut-

¹⁾ *Zusatz bei der Korrektur:* Inzwischen ist noch eine recht interessante Feststellung an zwei Personen gemacht worden, die infolge früherer Krankheit nur noch ein funktionsfähiges Bogengangssystem besitzen, nämlich daß solche Personen im rotierenden Zimmer weder die oben beschriebenen störenden Empfindungen haben, noch auch Schädigungen des Wohlbefindens erfahren. Es geht daraus hervor, daß es sich beim Zustandekommen der beschriebenen Erscheinungen anscheinend um eine Wechselwirkung der beiden Bogengangssysteme handelt (wofern man nicht annehmen will, daß auch das verbliebene Gleichgewichtsorgan der beiden Personen nicht mehr vollwertig ist, was nicht näher untersucht werden können).

schen Physikalischen Gesellschaft bin ich darauf aufmerksam gemacht worden, daß die Beobachtungen über das Verhalten des Menschen im rotierenden Zimmer bereits vor etwa fünfzig Jahren von ERNST MACH beschrieben worden sind. In der Tat fand ich in seinen „Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen“, Leipzig 1875, S. 23 bis 31, ungefähr alle Beobachtungen beschrieben, über die ich in dem vorstehenden Aufsatz berichtet habe. MACH verwandte einen in einem vertikalen

Rahmen drehbaren und neigbaren Stuhl, den er, um die Wirkung des Außenraumes auf die Gesichtsempfindung auszuschalten, mit einem papiernen Kasten umgeben hat. MACH erwähnt dabei, daß ähnliche Versuche bereits von PURKINJE, 1826, beschrieben worden seien („Physiologische Beobachtungen über den Schwindel“, 10. Bulletin der Naturwissenschaftlichen Sektion der Schlesischen Gesellschaft, S. 35, Breslau 1825; s. a. 12. Bulletin 1826, S. 1).

Über die chemische Reaktion von Gasionen.

VON HARTMUT KALLMANN, Berlin-Dahlem.

Die außerordentlich mannigfaltige neue Erkenntnis, die die physikalische Forschung der letzten Jahrzehnte gebracht hat, hat auch ein tieferes Eindringen in das Wesen der chemischen Reaktion ermöglicht. Wir wollen hier nur anführen, daß man heute weiß, auf welche Weise z. B. chemische Reaktionen unter gewissen Bedingungen Licht aussenden können; und zwar auch dann aussenden können, wenn die Temperatur des Reaktionsgemisches so niedrig ist, daß allein infolge der Temperaturbewegung der reagierenden Teilchen sicher kein Leuchten auftreten kann. HABER und ZISCH (1), die ein solches Leuchten — nämlich das Auftreten der D-Linie des Na — bei der Reaktion Natrium-Chlorgas fanden, gaben folgende Erklärung hierfür. Die bei der Reaktion freierwende Energie kann entweder bei dem Reaktionsprozeß selbst oder unmittelbar darauf, solange sie noch völlig in einem Gebilde konzentriert ist, direkt auf ein anderes Atom übertragen werden, und vermag so zu dessen Anregung zu führen. Die Auffassung von HABER und ZISCH konnte dann durch weitere Versuche bestätigt werden (2), wobei gezeigt wurde, daß nicht nur an der Reaktion teilnehmende Atome, sondern auch andere an der Reaktion überhaupt nicht beteiligte Atome zum Leuchten angeregt werden konnten.

Ist die bei der Reaktion freierwende Energie groß genug, um ein im Reaktionsgemisch vorhandenes Gebilde zu ionisieren, so werden Ionen gebildet werden und die chemische Reaktion führt auf diese Weise zu einer Emission elektrisch geladener Teile. HABER und JUST (3) haben in der Tat bei der Reaktion Chlor mit festem Natrium eine Elektronenemission nachweisen können.

Die bisher betrachteten Prozesse waren dadurch ausgezeichnet, daß die Reaktionsenergie zur Schaffung angeregter oder ionisierter Gebilde verwendet wurde. Es sind aber auch die umgekehrten Prozesse möglich, bei denen erst durch Schaffung angeregter oder ionisierter Gebilde chemische Reaktionen infolge der hohen Energie dieser Gebilde hervorgerufen werden. Solche energiereichen Gebilde können z. B. durch Einstrahlung von Licht erzeugt werden. Die dadurch hervorgerufenen photochemischen Reaktionen werden durch das sog. photochemische Äquivalentgesetz geregelt,

welches bekanntlich besagt, daß für jedes absorbierte Quant eine chemische Umsetzung stattfindet.

Da diese photochemischen Prozesse eine gewisse Ähnlichkeit mit den später zu besprechenden Ionenreaktionen besitzen, sei auf dieselben etwas näher eingegangen. Es hat sich gezeigt, daß in dieser soeben erwähnten strengen Form das Äquivalentgesetz nicht allgemeine Gültigkeit hat. Es ist vielmehr so, daß für jedes absorbierte Quant ein angeregtes Gebilde geschaffen wird und daß dann durch sekundäre Reaktionen desselben entweder eine oder auch mehrere chemische Umsetzungen bewirkt werden können. So weiß man z. B., daß bei der Bestrahlung von Jodwasserstoff jedes absorbierte Lichtquant zur Dissoziation von 2 HI-Molekülen führt. Dies geht vielleicht so vor sich, daß durch Absorption eines Lichtquants zunächst ein angeregtes HI-Molekül geschaffen wird und dieses dann beim nächsten Zusammenstoß in die Atome dissoziiert. Das dabei entstandene H-Atom reagiert dann weiter mit einem anderen HI-Molekül zu $H_2 + I$. Die bei diesen Prozessen entstehenden I-Atome bleiben so lange bestehen, bis sie sich miteinander zu I_2 assoziieren. Auf diese Weise führt also ein Absorptionsprozeß zur Dissoziation von 2 HI-Molekülen. Man kann diese Ausbeute von zwei Dissoziationsprozessen für jedes absorbierte Quant auch noch auf andere Weise erklären, auf die wir aber hier nicht eingehen wollen.

Bei der Chlorknallgasreaktion hingegen bewirkt bekanntlich ein vom Chlormolekül absorbiertes Lichtquant eine viel weitergehende Reaktion. Man kann dies durch die Annahme erklären, daß durch die Absorption ein Chlormolekül (in analoger Weise wie bei HI) dissoziiert wird, jedes der beiden so entstandenen Chloratome reagiert dann wieder mit einem H_2 -Molekül zu $HCl + H$ und das entstandene H-Atom reagiert nun seinerseits wieder weiter mit einem Cl_2 -Molekül zu $HCl + Cl$. Das neu entstandene Cl-Atom reagiert dann ebenfalls wieder wie die früheren Cl-Atome und so geht die Reaktion in Form einer NERNSTschen Kettenreaktion immer weiter fort, bis schließlich die Cl- und H-Atome durch eine Reaktion mit einem andren Cl- oder H-Atom am weiteren Reagieren behindert werden.

Die soeben betrachteten Reaktionen sind, wie

schon hervorgehoben wurde, durch angeregte Atome und Moleküle bedingt. Ganz analog finden wir, daß durch ionisierte Gebilde ähnliche Reaktionen hervorgerufen werden und auch die Gesetze, die dieselben beherrschen, ähneln den oben geschilderten.

Bei der Betrachtung der Wirkungsweise der Ionen beschränken wir uns auf Reaktionen, die im Gasraume verlaufen. Wir wollen hier 3 verschiedene Arten von Reaktionen unterscheiden:

1. Stoßreaktionen: a) durch Elektronenstoß, b) durch Ionenstoß;
2. Chemische Reaktionen geladener Teilchen mit neutralen Atomen und Molekülen: a) der Elektronen, b) der Ionen;
3. Reaktionen geladener Teilchen miteinander.

Zu der ersten Art von Reaktionen wollen wir alle jene Reaktionen zählen, die darauf beruhen, daß die reagierenden Elektronen und Ionen eine wesentlich größere Geschwindigkeit haben als ihnen durch die Temperaturbewegung zu Teil wird. Zur Gruppe 1a gehören also die Prozesse, die den bekannten Elektronenstoßversuchen von FRANCK und HERTZ (4) zugrunde liegen. Bei diesen besteht die Einwirkung der Elektronen auf Gasatome und -moleküle bekanntlich darin, daß die Elektronen ihre kinetische Energie an diese abgeben und dabei die getroffenen Gebilde in je ein positives Ion und ein Elektron zerlegen können, falls deren Ionisierungsenergie kleiner ist als die kinetische Energie der stoßenden Elektronen. Ganz analog ist die Wechselwirkung beim Ionenstoß (5). Nur liegt hier infolge der größeren Masse der Ionen (wegen Gültigkeit des Impulssatzes) die kinetische Energie, bei der zum ersten Male Ionisierung eintreten kann, oberhalb der Ionisierungsspannung der getroffenen Gebilde. Ferner sind hier noch jene in Kanalstrahlen auftretenden im allgemeinen als Umladungen bezeichneten Prozesse zu erwähnen (6).

Zu der zweiten Art von Ionen-Reaktionen möchten wir alle jene Prozesse zählen, bei denen die Ursache einer Wechselwirkung zwischen Ionen und neutralen Atomen oder Molekülen *nicht* in der besonders großen kinetischen Energie der Ionen liegt. Diese Art von Ionenreaktionen, mit denen wir uns sogleich näher befassen werden, ist wohl der gewöhnlichen chemischen Reaktion neutraler Gebilde weitgehend analog.

Die oben unter 3 genannten Ionenreaktionen spielen im allgemeinen nur eine untergeordnete Rolle, weil die Konzentration der Ionen so gering ist, daß ein Zusammentreffen zweier gleichnamiger Ionen nur sehr selten stattfindet. Nur der Fall, bei dem ein positives und ein negatives Ion oder Elektron zusammentrifft, gewinnt Bedeutung, weil hierbei ein neutrales Gebilde entstehen kann und dadurch dem Prozeß der Ionenreaktion ein Ende bereitet wird.

Die Wechselwirkung, die zwischen langsam bewegten Ionen und Gasmolekülen besteht, ist nun

in letzter Zeit vor allem nach 2 Methoden genauer untersucht worden. Die eine Methode ist eine chemische. Sie untersucht den chemischen Umsatz, der in einem ionisierten Gase stattfindet und bestimmt vor allen Dingen die Ausbeute desselben, d. h. sie bestimmt die Zahl der chemischen Umsätze, die auf jedes im reagierenden Gase erzeugte Ionenpaar kommt. Diese Methode bestimmt also die aus den einzelnen Ionenreaktionen resultierende gesamte chemische Veränderung des untersuchten Gases. Die andere Methode, die Methode der sog. Ionenstrahlanalyse — eine modifizierte Kanalstrahlmethode — gestattet hingegen mehr den Elementarprozeß der Ionenreaktion im einzelnen zu untersuchen.

Die erste Methode ist in letzter Zeit von S. C. LIND (7) sorgsam ausgearbeitet worden. LIND bestimmt den zeitlichen Verlauf der Reaktion, die in einem mit Radiumemanation versetzten Gasgemisch vor sich geht. Durch Druckmessungen stellt er die jeweilige chemische Zusammensetzung des Gasgemisches fest. Da ferner die durch die Radiumemanation hervorgerufene Ionisation bestimmbar ist¹⁾, so kann man aus dem jeweiligen chemischen Umsatz die Ausbeute berechnen. LIND untersuchte nun die Einwirkungen der Emanation auf folgende Gase und Gasgemische:

In einem Wasserstoff-Sauerstoffgemisch wird Wasser gebildet.

Jedes erzeugte Ionenpaar führt zur Bildung von rund 4 Wassermolekülen.

Kohlenoxyd reagiert zu Kohlensäure. Jedes Ionenpaar bewirkt den Zerfall von rund 2 Kohlenoxydmolekülen.

Kohlendioxyd erleidet überhaupt keine Veränderung, während in einem Gemische von Kohlenoxyd und Sauerstoff jedes Ionenpaar die Reaktion von 4 CO₂-Molekülen mit 2 O₂-Molekülen zu 4 Kohlendioxydmolekülen hervorruft²⁾.

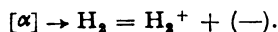
Die Versuche zeigen, daß auch bei diesen Ionenreaktionen ein ähnliches Äquivalengesetz gilt, wie bei den photochemischen Prozessen. Die Ausbeute hat sich bisher stets größer als 1 ergeben, und dieses ist wohl dahin zu deuten, daß die ionisierende Wirkung der Teilchen nicht etwa darin besteht, daß ein Ion gebildet wird und das ionisierte Molekül sogleich zerfällt. Würde nämlich ein solcher Prozeß vor sich gehen, so würde man die gefundene Ausbeute nicht zu erklären vermögen. Die Tatsache nun, daß die Ausbeute wesentlich größer als 1 ist, deutet LIND vielmehr durch die Annahme, daß bei dem

¹⁾ Es ist nämlich die von der Radiumemanation ausgesandte Zahl der α -Teilchen bekannt und ferner auch die Zahl der von jedem α -Teilchen im Gas erzeugten Ionen.

²⁾ Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die Versuche natürlich nicht eine Ausbeute von genau 4 oder 6 ergeben haben. Es zeigen vielmehr die gefundenen Ausbeuten Abweichungen, die wohl auf der geringfügigen Mitwirkung verschiedener anderer Reaktionen beruhen.

Ionisationsprozeß ein positives Molekülion (d. h. ein Gasmolekül, dem ein Elektron fehlt) und ein Elektron gebildet werden, und daß dann die positiven Molekülionen sich an ein oder an mehrere Gasmoleküle anlagern und so Ionenkomplexe bilden, die sich schließlich durch Vereinigung mit einem Elektron oder einem negativen Ion neutralisieren und dabei zu neuen Molekülen zerfallen. Die Wirkung der bei dem Ionisationsprozeß gebildeten Elektronen besteht darin, daß sie einen positiven Ionenkomplex neutralisieren oder daß sie, wenn im Gasgemisch ein Gas mit starker Elektronenaffinität¹⁾ vorhanden ist, sich mit diesen Gasmolekülen zu einem negativen Molekülion vereinigen. Diese negativen Ionen reagieren dann in ähnlicher Weise weiter wie die positiven.

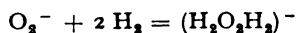
Diesen vermuteten Mechanismus der Ionenreaktion kann man sich am besten an Hand eines Reaktionsschemas darstellen. Wir nehmen dazu gleich das zur Erklärung der Wasserstoff-Sauerstoffreaktion angegebene Reaktionsschema. Bezeichnet man die Ionisation eines Moleküls H_2 durch ein α -Teilchen mit $[\alpha] \rightarrow H_2^+$ und führt man für das Elektron das Zeichen $(-)$ ein, so führt die Ionisation des Wasserstoffs danach zu folgenden Reaktionsschemata:



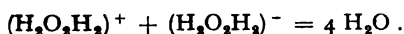
Das H_2^+ -Ion reagiert dann mit Sauerstoff und Wasserstoff nach folgendem Schema:



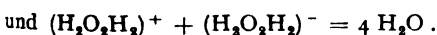
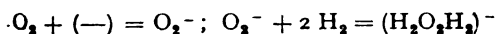
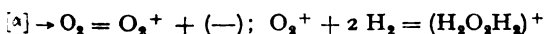
Das Elektron wird von einem Molekül O_2 gebunden $O_2 + (-) = O_2^-$ und das entstandene O_2^- -Ion reagiert mit 2 H_2 -Molekülen in folgender Weise:



und schließlich vereinigen sich die beiden Komplexe zu einem neutralen Gebilde, das in 4 Wassermoleküle zerfällt.



Ganz entsprechend geht die Reaktion bei einer Ionisation des Sauerstoffs vor sich



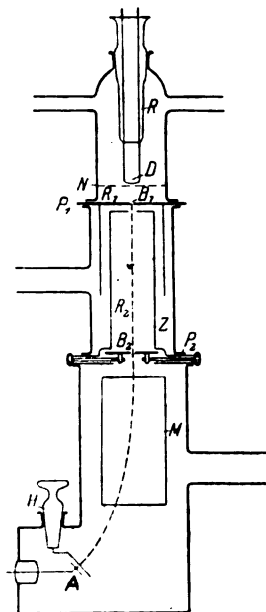
Es ist durchaus möglich, daß dieses soeben angegebene Reaktionsschema der Wasserbildung nicht in allen Punkten der Wirklichkeit entspricht. Zunächst ist es aber die beste Weise, die bei dieser Reaktion gefundene Ausbeute von 4 Wassermolekülen für jedes erzeugte Ionenpaar zu deuten.

Die übrigen untersuchten Reaktionen verlaufen nach einem ganz ähnlichen Schema. Die Tatsache, daß die Ionen im Kohlendioxyd keine Reak-

tion hervorrufen, beruhen vermutlich darauf, daß der sich bildende Ionenkomplex bei seiner Neutralisation wieder in CO_2 -Moleküle zerfällt.

Ob allerdings die von LIND vermuteten Schemata in allen Einzelheiten wirklich zutreffend sind, können wohl erst weitere Untersuchungen zeigen. Hier bietet sich vielleicht für die Methode der Ionenstrahlanalyse, die ja den Einzelprozeß zu kontrollieren erlaubt, ein weites Feld der Untersuchung. Auf alle Fälle scheint aber die LINDsche Untersuchung zu zeigen, daß das Wesen der chemischen Wirksamkeit der Ionen darauf beruht, daß die Ionen infolge ihrer Ladung zu Molekülkomplexen zusammenzutreten imstande sind, die sich unter gewöhnlichen Bedingungen aus neutralen Molekülen nicht zu bilden vermögen.

Mit diesen Resultaten wollen wir nun die Ergebnisse, die die Ionenstrahlanalyse bisher geliefert hat, vergleichen. Nach dieser Methode sind von verschiedenen Forschern (8) die einfachen Gase H_2 , N_2 und O_2 untersucht worden. Das Prinzip der Methode sei an Hand beistehender Figur (die aus der Arbeit KALLMANN-BREDIG entnommen ist) kurz erläutert. In dem mit dem untersuchten Gase erfüllten Raume R_1 (der Gasdruck beträgt etwa 1/1000 mm Quecksilber) werden durch beschleunigte Elektronen, die von einem glühenden Wolfram-



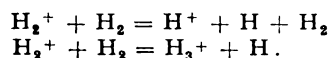
drahte herrühren, Ionen erzeugt. Die Ionen werden durch ein möglichst schwaches elektrisches Feld auf die Platte P_1 gedrückt und können durch den kleinen Schlitz B_1 in den Raum R_2 treten, in dem durch dauerndes Pumpen ein wesentlich kleinerer Druck aufrecht erhalten wird als in dem Raum R_1 . Hier werden sie durch ein zwischen P_1 und Z liegendes starkes elektrisches Feld beschleunigt und treten dann durch ein Blendensystem in den Raum M ein, in dem sie durch ein senkrecht zur Zeichnungsebene gerichtetes magnetisches Feld in der in der Figur gezeichneten Weise abgelenkt werden. Treffen die Ionen auf dem Auffänger A eines Elektrometers auf, so werden sie dort elektrisch registriert. Aus der Größe des elektrischen und magnetischen Feldes und aus der Ablenkung läßt sich dann in bekannter Weise der $\frac{e}{m}$ Wert der Ionen bestimmen (e Ladung der Ionen, m Masse der Ionen).

Sobald nun die Elektronen im Raum R_1 eine genügende kinetische Energie besitzen, bilden sie

¹⁾ Als Gas mit genügend großer Elektronenaffinität kommt bei den LINDschen Versuchen nur Sauerstoff in Frage. Alle anderen verwendeten Gase haben gegenüber O_2 eine geringere Elektronenaffinität.

in dem oberen Raum Ionen, und man stellt dann auf die oben geschilderte Weise fest, daß im allgemeinen verschiedene Ionensorten gebildet werden. Es ist nun von Wichtigkeit, daß man unterscheiden kann, welche Ionen primär durch Elektronenstoß und welche sekundär durch Reaktion der primär gebildeten Ionen mit den neutralen Gasmolekülen entstehen. Variiert man nämlich in dem Raume R_1 den Druck, so ist es augenscheinlich, daß die Anzahl der sekundären Ionen im Verhältnis zu der Anzahl der primären Ionen mit abnehmendem Druck abnehmen muß. Diejenigen Ionen, deren relative Intensität also mit verschwindendem Druck immer größer wird, sind primär gebildete Ionen. Auf diese Weise hat man festgestellt, daß in H_2 , N_2 und O_2 durch Elektronenstoß primär fast ausschließlich Molekülionen wie H_2^+ , N_2^+ und O_2^+ gebildet werden. Diese Versuche zeigen also, daß beim Elektronenstoß offenbar dieselben primären Ionenarten gebildet werden, die LIND bei der Ionisation durch α -Teilchen annimmt.

Außer diesen primären Ionenarten hat man nun noch Atomionen und beim Wasserstoff auch H_3^+ -Ionen gefunden, die sicherlich im wesentlichen durch eine sekundäre Ionenreaktion gebildet werden. Die Reaktionen, die beim Wasserstoff zur Bildung von H^+ und H_3^+ führen können, sind die folgenden



Nach diesem Reaktionsschema entstehen also die H^+ -Ionen durch Zerfall des H_2^+ -Ions beim Zusammenstoß mit einem H_2 -Molekül. Sie können natürlich auch durch Zerfall des Molekülions beim Zusammenstoß mit irgendeinem anderen fremden Gasmolekül entstehen. Die H_3^+ -Ionen entstehen nach dieser Annahme durch Reaktion des Wasserstoffmolekülions mit einem neutralen Wasserstoffmolekül. Es ist aber auch möglich, daß die sekundär gebildeten H^+ -Ionen selbst erst durch tertiäre Reaktion mit einem H_2 -Molekül zur Bildung von H_3^+ nach folgendem zweiten Schema führen: $H^+ + H_2 = H_3^+$.

Man kann nun auch noch unterscheiden, welche von diesen beiden Annahmen wohl die richtige ist. Geht nämlich die Bildung des H_3^+ -Ions auf die zuerst beschriebene Art und Weise vor sich, so hat man zu erwarten, daß dann das Intensitätsverhältnis¹⁾ H_3^+ zu H^+ unabhängig vom Gasdruck wird, solange keine fremden Gase anwesend sind. Erfolgt die Reaktion jedoch nach dem 2. Schema, so hat man zu erwarten, daß das Intensitätsverhältnis H_3^+ zu H^+ mit wachsendem Drucke zunimmt, und zwar, wie die nähere Betrachtungsweise zeigt, wenigstens bei genügend hohen Drucken ungefähr proportional mit dem Drucke. Wir haben in letzter Zeit diese Frage besonders studiert und gefunden, daß bei hohen Drucken, bei denen eine Störung durch Fremdgase am leichtesten zu

1) Dabei ist die Intensität des Ionenstromes ein Maß für die Zahl der gebildeten Ionen.

vermeiden ist, das Intensitätsverhältnis H_3^+ zu H^+ keineswegs konstant ist, sondern mit dem Drucke anwächst. So stieg z. B., als wir von einem H_2 -Druck von $8 \cdot 10^{-3}$ auf einen Druck von $80 \cdot 10^{-3}$ gingen, das Intensitätsverhältnis H_3^+ zu H^+ auf ungefähr den 10fachen Wert. Wie man sieht, hat also eine starke Änderung mit dem Drucke stattgefunden und man möchte daraus schließen, daß die Reaktion wohl nach dem 2. Schema vor sich geht.

Man kann aus den soeben beschriebenen Versuchen auch noch über die Wahrscheinlichkeit einer Reaktion bei einem Zusammenstoß eines Ions mit einem Gasmolekül, wenigstens größenordnungsmäßig, etwas aussagen. Aus unseren Versuchen ergibt sich nämlich, daß der Zerfall des H_2^+ -Molekülions nicht bei jedem Zusammenstoß eines solchen Ions mit einem Gasmolekül stattfindet, sondern, daß allerhöchstens jeder 50. Zusammenstoß zu einer Dissoziation des H_2^+ -Ions führt.

Macht man für die Bildung von H_3^+ die Reaktion $H^+ + H_2$ verantwortlich, so muß man aus dem gemessenen Intensitätsverhältnis für diese Anlagerungsreaktion hingegen schließen, daß fast jeder Zusammenstoß zu einer Bildung von H_3^+ führt.

Ferner sei noch bemerkt, daß eine Anlagerung von Elektronen am Wasserstoff auch bei ganz kleinen Elektronengeschwindigkeiten nicht gefunden wurde. Es ist also die Affinität des H_2 -Moleküls für positive Ionen sehr viel größer als für Elektronen.

Die Untersuchungen in Stickstoff und Sauerstoff (9) haben nur eine Bildung von Stickstoff- und Sauerstoffatomionen gezeigt; aber keine Anlagerung der Atomionen an die neutralen Gasmoleküle. Dabei wurde gefunden, daß eine Dissoziation des Stickstoffmolekülions und des Sauerstoffmolekülions erst dann eintritt, wenn den gebildeten Molekülionen bei ihrer Bildung durch Elektronenstoß gleichzeitig durch das stoßende Elektron noch mehr Energie, als bloß zu ihrer Ionisierung benötigt wird, hinzugefügt wird. So dissoziieren die N_2^+ -Ionen erst dann, wenn sie durch Elektronen von 24 Volt Geschwindigkeit gebildet werden, während die Bildung von N_2^+ -Ionen schon bei Elektronengeschwindigkeiten von 17 Volt einsetzt. Diese Erscheinung erklärt sich offenbar daraus, daß die Dissoziationsarbeit des N_2 -Moleküls relativ groß ist und daher auch das N_2^+ -Ion erst nach Aufnahme von weiterer Energie zu dissoziieren vermag (10). Beim Wasserstoff wurde ein solcher Effekt nicht gefunden, weil offenbar das H_2^+ -Ion schon bei sehr geringer Energiezuführung zu zerfallen vermag.

Vergleicht man nun die Resultate, die man nach der Methode der Ionenstrahlanalyse erhalten hat, mit den LINDSchen Ergebnissen, so zeigt sich, daß im Gegensatz zu der LINDSchen Auffassung sehr wohl Dissoziation der gebildeten Molekülionen eintreten kann, ja daß dieses sogar unter geeigneten Bedingungen der weitaus überwiegende Prozeß

ist. Bei der Ionisation von H_2^+ ist nach diesem Versuch sicherlich die Bildung von Atomionen und H_2^+ -Ionen der maßgebende Prozeß. Bei den anderen Ionenarten könnte vielleicht die Tatsache, daß die Molekülionen erst nach der Aufnahme von einigen Volt Energie dissoziieren können, die Bildung von Komplexionen erleichtern.

Wir glauben aber trotzdem nicht, daß diese Ergebnisse im direkten Widerspruch zu den LINDschen Resultaten stehen. Da nämlich, wie wir gesehen haben, der Zerfall des Moleküls nicht durch jeden Zusammenstoß herbeigeführt wird, sondern, da das Molekülion eine ganze Reihe von Zusammenstößen überdauern kann, so wäre es gut denkbar, daß bei Zusatz eines Gases, das z. B. sehr leicht mit H_2^+ Komplexionen bildet, doch eine solche Komplexbildung, die praktisch allein vor sich gehende Reaktion ist, weil sie schneller vor sich geht als der Zerfall.

Wir wollen daher zum Schluß noch zwei Versuche erwähnen, die für eine solche Möglichkeit zu sprechen scheinen. In Kanalstrahlen ist ein Ionenkomplex H_2^+ , wenn auch von geringer Intensität, gefunden worden. Und ferner ergab sich bei unseren Versuchen, daß bei Zusatz von etwas Wasserdampf zum Wasserstoff die Intensität der Wasserstoffionen sehr stark zurückging und sich offenbar

dabei Komplexionen zwischen Wasser und Wasserstoff bildeten. Eindeutig würden sich diese Fragen aber erst durch eine weitere Ausdehnung der Versuche mit der Ionenstrahlanalysenmethode entscheiden lassen.

Literatur:

- 1) HABER und ZISCH, Zeitschr. f. Phys. 9, 302. 1922.
- 2) KAUTSKY und ZOCHER, Zeitschr. f. Phys. 9, 267. 1922; POLANYI und BEUTLER, Naturwissenschaften 13, 711. 1925; 14, 164. 1926; FRÄNZ und KALLMANN, Zeitschr. f. Phys. 34, 924. 1925; H. F. BONHOEFFER, Zeitschrift f. physik. Chemie 116, 391.
- 3) HABER und JUST, Physikal. Zeitschr. 12, 1035. 1911; Ann. d. Phys. 36, 308. 1911.
- 4) FRANCK, Physikal. Zeitschr. 1921, S. 388. Zusammenfassender Bericht, in dem Literaturangaben zu finden sind.
- 5) Zeitschr. f. Phys. 25, 312. 1924.
- 6) WIEN, Kanalstrahlen. Handbuch der Radiologie.
- 7) S. C. LIND, Journ. of the Americ. Chem. Soc. 41, 531; 45, 2585; 46, 2003; 47, 2675.
- 8) SMYTH, Physical Rev. 25, 452. 1925; HOGNESS und LUNN, Physical Rev. 26, 44 u. 786. 1925; KALLMANN und BREDIG, Zeitschr. f. Phys. 34, 736. 1925.
- 9) HOGNESS und LUNN, Physical Rev. 26, 234, 786. 1925.
- 10) SFONER, Naturwissenschaften 14, 275. 1926.

Merkmal und Erbanlage. (*Ipomoea imperialis* reduplicata.)

Von C. CORRENS, Berlin-Dahlem.

Beim Beginn meiner Untersuchungen über die Buntblättrigkeit der *Ipomoea imperialis* der Gärtner (wohl zu *Pharbitis Nil* L. gehörig) fiel

mir vor mehr als einem Jahrzehnt eine Pflanze mit ganz eigenartigen Blüten in die Hände. Gewöhnlich ist die Blumenkrone trichterförmig mit langer, schlanker Röhre und breitem Saume (Fig. 1). Bei dem erwähnten Individuum aber war die Kronröhre fast immer zweimal ringförmig gefaltet.

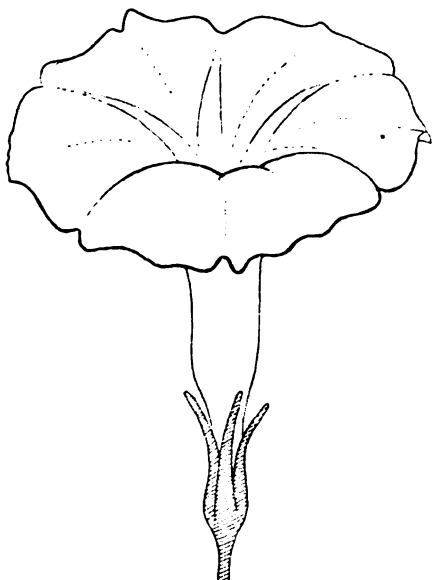


Fig. 1. Blüte der normalen *Ipomoea imperialis*, etwas verkleinert.

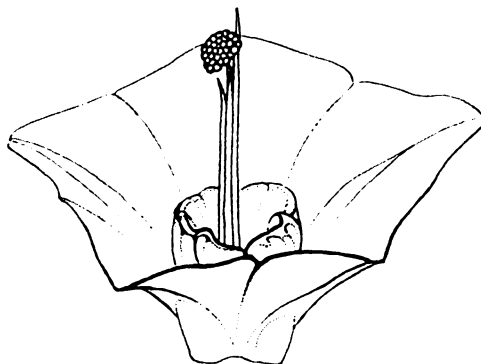


Fig. 2. Aufsicht auf eine Blumenkrone der *forma reduplicata*. Die Staubbeutel sind von den Staubfäden entfernt; in ihrer Mitte der Griffel mit der kopfigen Narbe. Sehr wenig vergrößert.

Fig. 2 zeigt das Verhalten rascher und besser als eine längere Beschreibung; als Ergänzung mag Fig. 3 dienen, die einen Längsschnitt durch den

unteren Teil einer entfaltungsreifen Blütenknospe schwach vergrößert darstellt.

Die Form stellte sich als eine erbliche Sippe heraus. Sie kommt nach Selbstbefruchtung konstant wieder, ist gegenüber der normalen Sippe recessiv und spaltet bei Selbstbefruchtung des Bastardes wieder heraus. Um eine kurze Bezeichnung zu haben, habe ich sie in meinen Notizen *forma reduplicata* getauft. Diesen Namen soll sie auch weiterhin führen. Auf die Vererbungserscheinungen gehe ich an dieser Stelle nicht weiter ein. Es ist das *Verhältnis von Merkmal und Erbanlage*, auf das ich hier die Aufmerksamkeit lenken möchte.

Es war mir von vornherein schwer vorstellbar, wie eine Anlage direkt das sichtbare Merkmal, die ringförmige, doppelte Einfaltung der Kronröhre, bewirken sollte. Dazu konnte ich gelegentlich allerlei unvollkommene reduplizierte Zustände

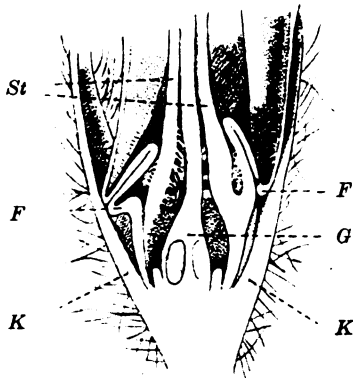


Fig. 3. Längsschnitt durch den unteren Teil einer entfaltungsreifen Knospe der *forma reduplicata*. K, K Kelchblätter, FF die Falte der Krone, St die Staubfäden, G der Fruchtknoten mit dem Griffel. Etwa 4mal vergrößert.

beobachten. Besonders fanden sich Blüten, bei denen die Kronröhre nur auf der einen Seite eingefaltet war, so daß sie dann wie geknickt, fast rechtwinklig gebogen, erschienen.

In der Knospe stellt die Blumenkrone bei der normalen Pflanze und bei der *forma reduplicata* einen schlanken, spitzen Kegel dar. Er wird von den 5 Kelchblättern umschlossen und schiebt sich allmählich aus denselben hervor. Bei genügend kleinen Knospen der *f. reduplicata* — etwa bis zu 8 mm Länge — sieht die Krone noch genau so aus wie bei gleich großen der *f. typica*; die Einfaltung bildet sich erst später aus.

Es machte mir nun ganz den Eindruck, als ob bei der normalen Sippe die Kelchblätter dem Hervorschieben der Krone keinen wesentlichen Widerstand entgegensetzten, die Kronröhre sich

also frei strecken könnte. Bei der *f. reduplicata* schlossen sie dagegen fester zusammen, so fest, daß die Streckung der eingeschlossenen Kronröhre gehemmt würde. Da sie trotzdem weiter wächst, schiebt sie sich ringförmig zusammen, bis schließlich der Widerstand der Kelchblätter doch überwunden wird.

Ob diese Vorstellung über das Zustandekommen der Reduplikation richtig sei, ließ sich auf zwei verschiedenen Wegen prüfen. Man konnte einerseits bei Blütenknospen der normalen Sippe durch Druck von außen, etwa durch festes Umwickeln mit Bast, den Schluß der Kelchblätter stärker machen, als er gewöhnlich ist, und hatte dann an *Typica*-Pflanzen *Reduplicata*-Blüten zu erwarten. Diese Versuche führten nicht zum Ziel; sie wurden auch sehr bald aufgegeben, weil der zweite Weg einen vollen Erfolg brachte. Er bestand darin, daß bei der *f. reduplicata* an genügend jungen Knospen (die noch keine Einfaltung der Kronröhre zeigten) mit großer Sorgfalt die Kelchblätter abpräpariert wurden bis zum Grunde. Dann entwickelte sich die Krone weiter, aber ihre Röhre blieb glatt und schlank wie bei der *f. typica*; die *f. reduplicata* trägt jetzt *Typica*-Blüten. Die Kelchblätter sind demnach für die Ausbildung der Blumenkronröhre verantwortlich.

Daß die Faltung immer im unteren Teil der Blumenkrone, in der Röhre, eintritt (dort aber nicht immer an genau der gleichen Stelle) und nicht weiter oben, etwa gar im Saum, hängt damit zusammen, daß der obere Teil der kegelförmigen Knospe aus den eingeschlagenen und umeinander gewickelten Kronzipfeln besteht, so daß die Spitze des Kegels viel fester, fast solid ist. — Schließen die Kelchblätter nicht rundherum gleich lang und gleich fest zusammen, so kommen Blüten mit nur einseitig eingeknickten Kronröhren zustande.

Das Merkmal, das die Krone der *f. reduplicata* charakterisiert, kommt demnach durch eine Erbanlage zustande, die ein bestimmtes Verhalten anderer Organe, der Kelchblätter, bedingt.

Man kann natürlich auch das Verhalten der Kelchblätter das primäre Merkmal nennen und das der Krone erst das sekundäre; es bleibt aber dabei, daß man dann das primäre Merkmal direkt gar nicht sehen kann, sondern nur das sekundäre.

Wahrscheinlich kommt auch bei der Garten-Petunie eine ganz entsprechende *f. reduplicata* vor. Wenigstens hat Miß E. R. SAUNDERS (Journ. of genetics 1, 69. 1910) schwach gefüllte Blüten einer *Petunia* abgebildet, die die gleiche doppelte Faltung der Krone zeigen. Über das erbliche Verhalten und das Zustandekommen ist aber nichts angegeben, und meines Wissens ist die Verfasserin auch nicht mehr darauf zurückgekommen.

Über experimentelle Unsterblichkeit von Protozoen-Individuen.

Von M. HARTMANN, Berlin-Dahlem.

Das Problem der sog. potentiellen Unsterblichkeit der Einzelligen, das AUGUST WEISMANN durch seinen berühmten Aufsatz vom Jahre 1882 aufgeworfen und das seitdem eine reiche experimentelle Bearbeitung erfahren hatte, war durch Versuche an der Volvocinee *Eudorina elegans* rein sachlich im Sinne WEISMANNs entschieden worden. Dieses Flagellat wurde im Laufe von 10 Jahren rein agram über 3500 Generationen bei gleicher Teilungsrate gezüchtet, ohne daß aus inneren Gründen in den späteren Generationen sog. physiologische Degenerationen und Depressionen auftraten (HARTMANN 1921). Mit WEISMANN kann man daher annehmen, daß bei den Protozoen Assimilation, Wachstum und Teilung ungehindert ad infinitum weiter gehen können.

Dagegen ist es nicht angängig, mit WEISMANN diese Fähigkeit der Einzelligen als „Unsterblichkeit“ zu bezeichnen und den Protozoen ein Altern und einen physiologischen Tod abzusprechen. Diese Begriffe, die ursprünglich für die Verhältnisse der höheren Tiere geprägt und die hier eng mit dem Begriff der „Individualität“ verknüpft sind, wurden nämlich bei den Protozoen von WEISMANN und seinen Nachfolgern unbedenklich auf Generationsreihen, also ganze Folgen von Individuen, von einer Geschlechtsgeneration zur anderen übertragen. Einen Tod kann es aber nach dem Sinne, der diesem Begriff innewohnt, nur bei Individuen geben; nur hier hat die Frage nach Tod und Unsterblichkeit eine Berechtigung.

Ich hatte nun schon früher mehrmals im Anschluß an GOETTE zunächst durch vergleichend entwicklungsgeschichtliche Betrachtungen den Nachweis zu führen versucht, daß es einen natürlichen physiologischen Tod, einen *Individualtod*, auch bei Protozoen gibt, wobei Tod und Fortpflanzung zusammenfallen. Ja, viele Formen, speziell solche mit multipler Vermehrung, weisen sogar bei der Fortpflanzung, ihrem Tode, eine mehr oder minder große *Leiche* auf, auf deren Vorkommen bekanntlich WEISMANN bei der Definition des Todes den Hauptwert gelegt hat. Diese Formen sind aber durch alle Übergänge mit solchen verbunden, bei denen der ganze Zelleib bei der Fortpflanzung wieder Verwendung findet. Allen diesen Formen ist aber, selbst beim Fehlen einer Leiche, gemeinsam der scharfe *Abschluß einer individuellen Entwicklung*, der mit der Fortpflanzung zusammenfällt, und der Beginn einer neuen Entwicklung, der mit diesem Prozeß einsetzt. In dieser Form läßt sich ein „Individualtod“ auf alle Protisten, auch die mit einfacher Zweiteilung, ausdehnen.

Da aber nicht der formale Nachweis eines physiologischen Todes das wesentliche physiologische Problem ist, sondern die Frage nach einem *individuellen Altern*, so habe ich es für richtig ge-

halten, um nicht in bloßen Wortstreitigkeiten und Begriffsspaltereien stecken zu bleiben, das hier vorliegende Problem in eine scharf formulierte physiologische Fragestellung zu bringen, die experimentell geprüft werden kann. Dieselbe lautet: „*Ist es möglich, geschlossene biologische Systeme dauernd in Assimilation und Wachstum zu halten ohne Alters- und Degenerationserscheinungen und ohne Reduktion des Systems durch Teilung und sonstige Regulierung?* Oder anders ausgedrückt: *Sind mit der Assimilation und dem Wachstum auch bei Protisten, die sich nur durch Zweiteilung vermehren, fortschreitende Entwicklungsvorgänge, also ein Altern, verbunden, und bedeutet die Fortpflanzung bzw. die Zellteilung bereits eine Verjüngung dieser Systeme?* Daran hätte sich noch die andere Frage anzuschließen: *Ist es möglich, die verjüngende Wirkung der Fortpflanzung durch eine andere Regulation des Systems zu ersetzen?*“

Ich habe nun bereits in früheren Mitteilungen über eine Methode und Versuche berichtet, durch die eine Beantwortung der letzten Fragestellung möglich ist. Diese setzt zwar bis zu einem gewissen Grade die Beantwortung der ersten, und zwar im Sinne einer verjüngenden Wirkung der Fortpflanzung, voraus; immerhin werden Versuche, die sich nur mit der experimentellen Prüfung der letzten Frage befassen, unter Umständen auch eine Beantwortung der ersten bereits in sich schließen. Es war nun zwar möglich, wie Versuche an Volvocineen (spez. *Gonium sociale*) gezeigt haben, die Fortpflanzung zu unterdrücken und die Zellen dauernd in Assimilation und Wachstum zu erhalten, wobei Riesenzellen von vierfach größerem Durchmesser entstehen, die wochenlang am Leben bleiben. (Normalerweise teilt sich *Gonium* nach 24—48 Stunden.) Die Kulturen von Riesenzellen sterben aber immer nach längerer oder kürzerer Zeit völlig aus, wenn ihnen nicht rechtzeitig die Möglichkeit zur Fortpflanzung gegeben wird. Da aber nicht festzustellen ist, ob das Aussterben durch das gesteigerte Wachstum oder durch die Unterdrückung der Fortpflanzung herbeigeführt wird, so konnten derartige Versuche die Frage nicht zur Entscheidung bringen. Es mußte daher eine Regulation ausfindig gemacht werden, durch welche die Fortpflanzung unterdrückt, zugleich aber die angenommene verjüngende Wirkung derselben ersetzt wird, so daß die Individuen (Zellen) dauernd am Leben, dauernd in Assimilation und Wachstum erhalten werden können. Eine solche Möglichkeit ergab sich durch fortgesetzte Amputationen mit nachfolgender Regeneration.

Man hatte angenommen (und Versuche von POPOFF und WOODRUFF sprechen sehr dafür), daß die Anhäufung von Exkretstoffen der Tiere selbst Depressionen, also Alterserscheinungen, hervorrufen. Bei gesteigertem Wachstum müßten

sich daher mehr Exkretstoffe in den Organismen ansammeln, da die Oberfläche im Verhältnis zur Masse immer mehr verringert würde und die vermehrten Exkretstoffe aus den Organismen selbst nicht genügend entfernt werden könnten. Wenn diese Auffassung richtig war, dann mußte sich durch eine künstliche Verkleinerung der biologischen Systeme vor Eintritt der natürlichen Teilung eine verjüngende Wirkung erzielen und die Fortpflanzung bei dauerndem Wachstum ausschalten lassen.

Derartige Versuche wurden mit dem erwarteten Resultat an Strudelwürmern (*Stenostomum leucops*), Infusorien (*Stentor coeruleus*) und verschiedenen Amöbenarten durchgeführt. Die an den Amöben ausgeführten Versuche sind insofern für unser Problem wichtiger, als es sich hier um einkernige Zellen handelt, die Frage daher eindeutig zu beantworten ist, während bei den vielzelligen Würmern und dem vielkernigen Infusor *Stentor* regulierende Zell- und Kernteilungen nicht ausgeschlossen werden können. Nachdem schon früher mit *Amoeba polyopodia* ein solcher Versuch über einen Monat durchgeführt wurde, der aber durch eine Hitzewelle frühzeitig ein Ende fand, konnten im letzten Jahre mit einer anderen Amöbenart die Versuche in viel sicherer Weise mehrere Monate hindurch ausgeführt werden.

Die Amöbe, die zu den neuen Versuchen diente, ist die bekannte *Amoeba proteus* oder eine ihr jedenfalls sehr nahestehende Form. Sie wurde in Knopflösung von 0,01 % im Thermostat bei 21° kultiviert. Als Futter dienten *Gonium sociale*, sowie *Stentor Röseli*. Die Amöbe gedeiht zwar auch allein bei *Gonium*futter, auf die Dauer aber nicht so gut und gleichmäßig. Bei gleichzeitiger Beigabe von *Stentor*, wobei sich derselbe von *Gonium* nährt, läßt sich dagegen die Amöbe vorzüglich züchten. In dieser dreigliedrigen Zucht teilt sie sich ziemlich regelmäßig jeden zweiten Tag. Die Operationen wurden in der Regel nicht jeden zweiten Tag, sondern der größeren Sicherheit wegen, um ja nicht den richtigen Zeitpunkt der Operation vor Beginn der ersten Anzeigen der Teilung zu versäumen, täglich vorgenommen, und nur kleinere Stücke des Plasmaleibes unter der Binokularlupe mit einem feinen Augenoperationsmesser abgeschnitten. Die Amöben wurden zuvor entweder in frische Nährlösung überführt oder aber vom Boden der Kulturschale, auf dem sie fest angeheftet sitzen, losgelöst. In beiden Fällen bilden sie nach kurzer Zeit eine größere Anzahl von Lobopodien in der für die *Amoeba proteus* charakteristischen Weise. Nur die Pseudopodien wurden dann abgeschnitten. Man war dadurch ziemlich sicher, bei der Operation nicht den Kern, der im Entoplasma liegt, zu beschädigen. Auf diese Weise gelang es, mehrere Serien von Amöben durch tägliche Amputation mit nachfolgender Regeneration monatelang hindurch ohne Teilung von Kern und Plasma dauernd am Leben, dauernd in Assimilation und Wachstum zu erhalten. So

wurden z. B. in der Serie IX vom 14. Oktober 1925 bis zum 21. Februar 1926 die Amöben durch 130 Operationen ohne Teilungen am Leben erhalten. Da die Schwesterzellen während dieser Zeit 65 Teilungen durchgemacht haben, ist also das Leben dieser Amöbenindividuen gegenüber dem ihrer Schwesterzellen um das 65fache durch den Versuch verlängert worden. Nach der 130. Operation wurden sie sich selbst überlassen und teilten sich dann in ganz normaler Weise in gleichmäßigem Rhythmus. Assimilation, Wachstum und Teilungsrhythmus sind also am Ende des Versuches die gleichen wie am Anfang. Andere Serien wurden durch 120 oder 123 Operationen ungeteilt erhalten und zeigten dann auch noch den gleichen Teilungsrhythmus. In einer weiteren Serie erfolgten nach der 52. Operation infolge Überfütterung nach vorausgegangenem Hungern unbeabsichtigte Teilungen; nach denselben wurden die Amöben wieder durch 100 Operationen ungeteilt erhalten und teilten sich danach wieder in normaler Weise.

Man darf wohl nach dem Ausfall und der langen Zeit der Durchführung dieser Versuche ohne weiteres annehmen, daß bei längerer Durchführung die Amöbenindividuen in derselben Weise potentiell ad infinitum ohne Teilung ungestört in Assimilation und Wachstum erhalten werden können. Im Gegensatz zu WEISMANN'S potentieller Unsterblichkeit der Protozoengenerationen ist hiermit eine experimentelle *Unsterblichkeit von Protozoenindividuen* aufgezeigt. Zugleich scheint mir durch diese Versuche bewiesen, daß mit der Assimilation und dem Wachstum fortschreitende Entwicklungsvorgänge, Alterserscheinungen, verbunden sind, die normalerweise durch die Fortpflanzung aufgehoben werden. Durch die Fortpflanzung (Zellteilung) geschieht nämlich normalerweise das gleiche wie in den Versuchen: Die mit dem Wachstum verbundene, auf die Dauer schädigende Übergröße der Zelle wird reduziert, so daß Assimilation und Wachstum ungehindert weitergehen können. Andererseits zeigen die Amputationsversuche, daß die Fortpflanzung selbst ohne Störung ausgeschaltet werden kann und daher in den oben erwähnten *Gonium*versuchen das Riesenwachstum und nicht die Hemmung der Fortpflanzung für das Absterben verantwortlich gemacht werden kann.

Eine derartige Verlängerung des individuellen Lebens, eine individuelle potentielle Unsterblichkeit ist natürlich nur im Experiment möglich und kommt in der Natur nicht vor. Unter natürlichen Lebensbedingungen wachsen eben die Organismen, entwickeln sich und pflanzen sich fort, oder aber, wenn die Assimilation zu gering ist, hungern sie, degenerieren und sterben schließlich.

Ob wir die mit der Fortpflanzung zum Abschluß kommende individuelle Entwicklung eines Protozoenindividuums „Tod“ nennen, ist völlig gleichgültig (in der Praxis werden wir es natürlich meist nicht tun). Wir können sogar ruhig den Begriff des Todes auf Vorgänge beschränken, bei

denen eine Leiche auftritt, aber nicht beschränken dürfen wir darauf die Anwendung des Altersbegriffes, da wir dadurch zugleich eine Grenze zwischen biologischen Vorgängen aufrichten, zwischen denen keine Grenze vorhanden ist, und den Blick vom Wesentlichen auf das Unwesentliche

lenken. Dadurch weist man Probleme ab, die nun einmal in den lebenden Systemen vorhanden sind und die trotz allen Abweizens immer wieder auftreten werden, und verbaut sich zugleich den tieferen Einblick in die eigentlichen physiologischen Ursachen des Alterns.

Neue Ergebnisse der Celluloseforschung im Lichte der NÄGELischen Micellartheorie.

Von KURT HESS, Berlin-Dahlem.

C. v. NÄGELI (1) hat eine Theorie über den Aufbau organisierter Gebilde, wie Stärkekörner, Cellulosemembrane und solcher, die aus „eiweißartigen, leimgebenden, elastischen, hornartigen oder anderen Substanzen“ bestehen, entwickelt. Ausgehend von Quellungserscheinungen und mikroskopischen Beobachtungen an Stärkekörnern (2), kam v. NÄGELI zu der Auffassung, daß derartige Gebilde nicht unmittelbar aus den Molekülen bestehen, sondern daß diese zunächst zu *Molekülgruppen* zusammengeschlossen seien, die ihrerseits das organisierte Gebilde nicht kontinuierlich erfüllen, sondern Raum lassen, um sich in wassergequollenem Zustand mit Wasserhüllen zu umgeben. Die Molekülgruppe nannte v. NÄGELI *Micelle*.

So finden wir schon bei C. v. NÄGELI eine Unterscheidung zwischen Molekül und Molekülverband, mit der er das offenbar gleichartige Sonderverhalten all dieser wichtigen Naturstoffe zu umfassen versuchte.

Die Gegenüberstellung von Molekül und Molekülverband (*Micelle*) wird bei NÄGELI deutlich durch den Vergleich der fraglichen Stoffe mit dem wasserlöslichen Rohrzucker: im Gegensatz zu Rohrzucker, der durch Wasser bis zu den Einzelmolekülen aufgelöst werde, können die organisierten Körper in einer geeigneten Lösungsflüssigkeit nur in die *Micellen* zerfallen. „Die Ursachen für den letzteren Vorgang sind die nämlichen wie für den ersteren. Da aber die *Micellen* . . . untereinander einen weniger festen Zusammenhang haben als die Moleküle . . . , so ist es begreiflich, daß die Lösungsursachen sich schon mächtig genug erweisen, um *Micellen* von einem Körper loszutrennen und eine *Micellarbildung* zu lösen, während sie noch viel zu schwach sind, um die *Micelle* in die Moleküle zu zerlegen und eine Molekularlösung herzustellen“.

Der Vergleich mit dem Rohrzucker lehrt, daß C. v. NÄGELI für den Zusammenschluß der Moleküle in der *Micelle* grundsätzlich die gleichen Kräfte annahm, die auch im Rohrzuckerkrystall zwischen den Molekülen wirksam sind. Diese Annahme entsprach der Auffassung einer krystallinen Struktur der *Micelle*, die NÄGELI aus den anisotropen Eigenschaften der natürlichen Gebilde gefolgert hatte. NÄGELI machte sich auch Gedanken über die Ursache der verschiedenartigen Löslichkeit von Rohrzucker und den nur micellarlöslichen Stoffen, wie beispielsweise Stärke und Cellulose: für eine nur micellare Auflösung könnte die Ursache die

geringe Verwandtschaft der Stoffe zum Lösungsmittel sein, die größere Kohäsion der Moleküle zueinander oder schließlich schwächere Bewegungszustände infolge hohen Gewichtes des Einzelmoleküles.

Die Chemiker haben sich nur wenig um die NÄGELischen Vorstellungen gekümmert. Man neigte hier von organisch-chemischer Seite von jeher nicht dazu, sich in die von NÄGELI entworfene Aufbaumöglichkeit der in Frage stehenden Substanzen durch Molekülgruppen zu vertiefen, sondern hielt mit einer verschwindenden Ausnahme (3) die NÄGELischen Molekülgruppen für Einzelmoleküle im Sinne der klassischen Strukturchemie, also im Falle der Stärke und Cellulose für chemisch komplizierte Gebilde zahlreicher, durch Kondensation verknüpfter (Glucosidbindung) Glucosemoleküle, die nur durch *Hydrolyse* wieder voneinander getrennt werden können. Von H. PRINGSHEIM (4) war diese Vorstellung für die Stärke durch eine andere ersetzt worden. Hiernach sollte der Aufbau dieser Großmoleküle nicht ausschließlich im Sinne glucosidischer Verknüpfung, sondern zu einem wesentlichen Teil durch Wirkung von Restaffinitäten im Sinne ALFRED WERNERS zu denken sein, die von gewissen *Ringgebilden* glucosidisch verknüpfter Zucker ausgehen sollten. Danach würden die Stärkemicellen als Verbindungen höherer Ordnung aufzufassen sein.

Auf Grund einer eingehenden Untersuchung über die Vorgänge bei der Auflösung der Cellulose in Kupferamminlösung wurde diese Anschauung für die Cellulose unwahrscheinlich (5). Wir fanden, daß sich die Cellulose Kupferamminlösung gegenüber wie ein niedermolekulares Kohlenhydrat verhält. Es ließ sich für die Lösungen sehr wahrscheinlich machen, daß die mit Kupfer reagierenden strukturellen Moleküle von der Größe eines Glucoseanhydrides ($C_6H_{10}O_5$) sind. Die Versuche ließen keinen Raum für die Ansicht, daß höhermolekulare Struktureinheiten, wie etwa $C_{12}H_{22}O_{11}$ oder wie man auch geglaubt hat, $(C_6H_{10}O_5)_4$ am Celluloseaufbau beteiligt sind. So entfiel auch die von PRINGSHEIM für die Stärke geäußerte Ansicht einer Molekülverbindung im Sinne WERNERS, die ja nur bei Molekülgrößen in Frage kommen konnte, die ein Mehrfaches von $C_6H_{10}O_5$ sind. So folgerten wir, daß Cellulose aus $C_6H_{10}O_5$ -Molekülen besteht, deren für einen mehrwertigen Alkohol auffallende Unlöslichkeit oder Schwerlöslichkeit auf besondere Gitterkräfte zurückzuführen sei.

Betrachten wir diese Folgerung vom Standpunkt der NÄGEL'schen Theorie, so besagt sie, daß die Cellulosemicellen aus $C_6H_{10}O_5$ -Molekülen bestehen, für deren molekularen Zerfall die üblichen Lösungsmittel nicht ausreichen. Kupferamminlösung indessen vermag infolge der entstehenden hydrophilen Cellulose-Kupferkomplexverbindung den Molekülverband so weit zu lockern, daß sich die Existenz von Einzelmolekülen nachweisen läßt.

In letzter Zeit wurden nun Beobachtungen gemacht, die ebenfalls, und zwar besonders übersichtlich, zu erkennen geben, daß die Cellulose in *chemischer Beziehung* ein Glucoseanhydrid mit unlöslichen oder schwerlöslichen Eigenschaften ist.

Es ist lange bekannt, daß Nitrocellulose und Acetylcellulose in vielen organischen Lösungsmitteln micellar zerfallen. Ungenügend bekannt ist die Frage, ob solche löslichen Cellulosederivate sich auch molekular in organischen Lösungsmitteln auflösen können. Nachdem es gelungen war, Di- und Tri-Acetylcellulose in gut kristallisierten Formen zu gewinnen (6), und nachdem hierdurch eine gewisse Gewähr für die chemische Einheitlichkeit der Cellulose beigebracht werden konnte (7), haben wir alte Versuche wieder aufgenommen, um auf kryoskopischem Wege das Lösungsvermögen zu prüfen, und hierfür zunächst Acetylcellulosen in Eisessiglösung untersucht. Dabei hat sich gezeigt, daß der Eisessig, und zwar im Bereiche *niedriger* Konzentrationen, ein ausgezeichnetes Lösungsmittel für Acetylcellulosen ist. Nach anfänglichen Schwierigkeiten, die schließlich auf eine Störung der beobachteten Gefrierpunktsdepressionen durch die Anwesenheit der atmosphärischen Luft zurückgeführt werden konnten, ließen sich einwandfreie Beobachtungen in einer besonderen Apparatur, bei der Luft ausgeschlossen wurde, erzielen. Es wurde festgestellt, daß sich sowohl Di- wie Tri-Acetylcellulose in Konzentrationen von 0,05 bis 0,6% monomolekular bis zu Molekülgrößen auflösen, die genau einem Glucoseanhydrid entsprechen (8). Die Tendenz zum Übergang in hochmolekulare Micellargebilde ist auch in Eisessig groß. Meist verschwindet die dem Glucoseanhydrid entsprechende Depression, nachdem sie im Verlaufe mehrerer Tage konstant geblieben war, vollständig, scheinbar regellos und oft ganz spontan, so daß man in diesem Verhalten einen grundsätzlichen Unterschied gegenüber bekannten Kohlenhydratacetaten, wie Glucosepentacetat und Cellobioseoctacetat u. a., zu bemerken hat.

Besondere Beachtung verdiente die Frage, ob die Präparate, die in Eisessig den monomolekularen Zustand nachweislich durchlaufen haben, noch echter Cellulose entsprechen. Dies ist nun in der Tat der Fall. Die aus den Eisessiglösungen abgetrennten Präparate von Cellulosediacetat kristallisieren in denselben Nadelformen wie das zur Auflösung verwendete Präparat, das Verseifungsprodukt des aus Eisessiglösung zurückgewonnenen Acetates stimmt in seinem polarimetrischen Verhalten (9) mit dem von Fasercellulose vollkommen überein.

Berücksichtigen wir, daß Celluloseacetate mit einer Ausbeute von über 95% d. Th. aus gewachsener Fasercellulose gewonnen werden können, und berücksichtigen wir ferner, daß diese Acetate mit nur geringen Verlusten in vollständig durchkristallisierte Formen übergeführt werden können, so gewinnt folgender jetzt sichergestellter Kreislauf für die Auffassung der Cellulose ausschlaggebende Bedeutung:

Fasercellulose $\rightarrow$ kristallisiertes Celluloseacetat $\rightarrow$ molekular zu $C_6H_7O_5(COCH_3)_3$ bzw. $C_6H_8O_5(COCH_3)_2$ gelöst $\rightarrow$ kristallisiertes Celluloseacetat $\rightarrow$ Cellulose.

Wir halten das Ergebnis für grundsätzlich wichtig. Es lehrt, daß es mit Hilfe bekannter Methoden, deren physiko-chemische Grundlagen unbestritten sind, möglich ist, einen entscheidenden Einblick in den Aufbau eines natürlichen Polysaccharides zu nehmen: wir erkennen, daß im Eisessig ein Lösungsmittel vorliegt, das die im Sinne C. v. NÄGELIS in den Micellen zusammengeschlossenen Moleküle ohne weiteres zu trennen vermag.

Bei der Trennung und bei der Wiedervereinigung der Moleküle beobachtet man nicht, daß irgendeine chemische stöchiometrische Beziehung von $C_6H_{10}O_5$ -Molekülen untereinander besteht, etwa in dem Sinne, daß eine besondere Neigung zum Zusammenschluß von 2 Molekülen zu einem Zwillingsverband vorhanden wäre, so daß auch hier jeder Anhalt für das Spiel WERNERScher Koordinationsvalenzen fehlt. Man gewinnt vielmehr den Eindruck, daß es keine Kräfte sind, die wir als chemische Valenzkräfte zu bezeichnen gewohnt sind, und wie sie auch in den Verbindungen höherer Ordnung zum Ausdruck kommen, die für den Zusammenschluß unseres Glucoseanhydrids in Eisessig maßgebend sind, sondern daß es sich vielmehr um eine Art von scheinbar *regellos* wirkenden Kohäsionskräften handelt.

Das Ergebnis stützt die Folgerungen, zu denen das Verhalten der Cellulose in Kupferamminlösung Anlaß gab, und ermutigt zu der Auffassung, daß auch der Aufbau der Micellen der anderen organischen Gebilde, die C. v. NÄGELI mit seiner Theorie umfaßt, in einer grundsätzlich ähnlichen Weise erfolgt.

Literatur.

1. C. v. NÄGELI, Theorie der Gärung, S. 98 ff. München 1879.
2. C. v. NÄGELI, Stärkekörner 1858.
3. A. G. GREEN und A. G. PERKIN, Journ. of the chem. soc. (London) **89**, 811. 1906; s. besonders S. 813.
4. H. PRINGSHEIM, Ber. d. dtsh. chem. Ges. **46**, 2539. 1912; **46**, 2962, 2965. 1913 und spätere Mitteilungen.
5. K. HESS, Liebigs Ann. d. Chem. **435**, 111. 1923.
6. K. HESS und G. SCHULTZE, Naturwissenschaften **13**, 1003. 1925.
7. K. HESS und G. SCHULTZE, Liebigs Ann. d. Chem. **444**, 272, 274. 1925.
8. Die Untersuchung wurde mit Herrn Dr. G. SCHULTZE durchgeführt und erscheint ausführlich in Liebigs Ann. d. Chem.
9. Vgl. K. HESS, E. MESSMER und N. LJUBITSCH, Liebigs Ann. d. Chem. **444**, 287. 1925.

Über den Unterschied von links- und rechts-Milchsäure im Organismus¹⁾.

Von O. MEYERHOF und K. LOHMANN, Berlin-Dahlem.

Wie früher an dieser Stelle mitgeteilt²⁾, kann von außen dem intakten ruhenden Muskel dargebotene Milchsäure ebenso unter Atmungssteigerung in Glykogen synthetisiert werden, wie es bei der oxydativen Erholung nach der Arbeitsleistung mit der im Muskelinnern gebildeten Milchsäure geschieht. Ein solcher Umsatz zugesetzten milchsauren Salzes findet sich nicht nur bei der Muskulatur, sondern in allen darauf untersuchten Organen, wie Hirn, Leber, Niere des Säugers, ferner auch bei der Hefezelle. Im Fall des Lebergewebes und der Hefezelle ist ebenso wie im Muskel der oxydative Verbrauch der Milchsäure mit einer bilanzmäßig nachweisbaren Zunahme des Kohlenhydrats — also einer Synthese — verknüpft.

Dieser Umstand, daß den Zellen von außen dargebotene Milchsäure ebenso umgesetzt wird wie die im Stoffwechsel gebildete, gestattet nun auch zu entscheiden, ob zwischen der bei den höheren Tieren allein vorkommenden d-Milchsäure und ihrem optischen Antipoden Unterschiede bestehen. Ein einzelner Versuch in dieser Richtung ist schon von DAKIN und DUDLEY³⁾ ausgeführt und ergab, daß beim phlorrhizin-diabetischen Hund Zufuhr von l-Lactat eine erhebliche Ausscheidung von Extrazucker bewirkt. Indessen zeigte sich bei unseren Versuchen, daß zwischen d- und l-Milchsäure beträchtliche quantitative Unterschiede bestehen. Während allerdings bei der Hefe die Atmungssteigerung durch die beiden Antipoden nur um 10—20% differiert und entsprechend auch die Kohlenstoffassimilation keine bedeutenden Verschiedenheiten aufweist, ist sowohl beim Kaltblüter-

muskel wie bei den verschiedenen Milchsäure verbrauchenden Säugetiergeweben der Unterschied beträchtlich. Die *Geschwindigkeit* des *Lactatverbrauches* und der *Zuckersynthese* im intakten Froschmuskel ist mit l-Lactat etwa 4mal langsamer als mit d-Lactat bzw. mit racemischem Lactat (zwischen letzteren beiden ist bei etwas höherer Konzentration natürlich kein Unterschied mehr zu beobachten). Ähnlich verhält sich die *Atmungssteigerung*, die mit -Lactat oft schon in die Schwingungsbreite der Kontrollversuche fällt. Noch ausgesprochener ist der Unterschied zwischen beiden Säuren bei verschiedenen Säugetiergeweben. Im Lebergewebe bleibt die durch d-Milchsäure bewirkte beträchtliche Atmungssteigerung um nahezu 100% mit l-Milchsäure vollständig aus und eine wirkliche Kohlenhydratzunahme ist nicht mehr festzustellen, sondern höchstens ein gegenüber der Kontrolle verlangsamter Kohlenhydratschwund; auch ist der Verbrauch des Lactats nicht mehr meßbar, höchstens $\frac{1}{10}$ so groß wie der von d-Lactat. Ähnliches gilt für die graue Substanz des Gehirns, wo l-Lactat nicht meßbar verbraucht wird und nicht imstande ist, die normale Atmungsgröße aufrechtzuerhalten, wie es Glucose und ebenso das racemische Lactat vermag. Nur beim Nierengewebe fand sich eine allerdings geringfügige Steigerung der Atmung mit l-Milchsäure und ein geringer Verbrauch derselben. Die (soweit geprüft) allen Organen des Warmblüters, nicht etwa nur dem Muskel und der Leber, zukommende Fähigkeit, Milchsäure oxydativ umzusetzen, ist demnach mindestens in ihrer Geschwindigkeit von der optischen Konfiguration abhängig. Die Regel, daß im Tierkörper von zwei optischen Antipoden der eine weitgehend bevorzugt wird, ist also auch hier nicht durchbrochen.

¹⁾ Erscheint ausführlich in der Biochem. Zeitschr.

²⁾ Naturwissenschaften 12, 1137. 1924.

³⁾ Journ. of biol. chem. 15, 143. 1913.

Über die Bildung von Milchsäure durch die Zellen grüner Pflanzen.

Von CARL NEUBERG und GÜNTHER GORR, Berlin-Dahlem.

In großen Zügen zeigt der Stoffwechseltypus der Atmung, soweit diese an eine Spaltung von Zucker geknüpft ist, bei den heterotrophen Gewächsen ein anaerobes Gepräge. Die alkoholische Gärung sowie die ihr biologisch verwandte Milchsäuregärung, die Haupterscheinungsformen der intramolekularen Atmung, dominieren bei Pilzen und Bakterien in offenkundiger Weise. Weniger durchsichtig sind die Atmungsvorgänge bei den autotrophen Pflanzen; hier überwiegt bilanzmäßig der oxybiontische Stoffumsatz, so daß wir nur auf Umwegen zu Kenntnissen vom Ablauf anaerober Geschehnisse gelangen können.

Nun weiß man seit langem, daß im Stoffwechsel tierischer Zellen und vieler Mikroorganismen die *Milchsäure* eine außerordentlich wichtige Rolle

spielt. Die Forschungen des letzten Jahrzehnts haben gelehrt, daß die Fähigkeit zur Produktion von Milchsäure eine der verbreitetsten Eigenschaften der lebenden Zelle überhaupt darstellt. Über die *Bedeutung der Milchsäure im Haushalt der höher organisierten Vegetabilien* liegen kaum Erfahrungen vor, selbst für das bloße *Vorkommen* von Milchsäure bei grünen Pflanzen sind nur dürftige und unsichere Unterlagen vorhanden.

J. STOKLASA hat vor 20 Jahren über eine Bildung von Milchsäure durch Samenpflanzen berichtet; von ihm rührt die bemerkenswerte Angabe her, daß bei der anaeroben Atmung von Zuckerrüben, Gurken, Bohnen und Kartoffeln neben Äthylalkohol und Kohlendioxyd auch Milchsäure auftritt; in komplexer Reaktion sollen bei Luftzufuhr

weiterhin Essigsäure, Ameisensäure sowie Wasserstoff, die beiden letzteren über das Methan, entstehen.

Über die Menge solcher im Atmungsprozeß erzeugten Milchsäure geben STOKLASA und seine Mitarbeiter folgende Auskunft:

0,82% Milchsäure ist der höchste gefundene Wert; er wurde bei 1 kg Gurkenmasse (als Trockensubstanz) während 100stündiger anaerober Atmung bei 20° erreicht. Aus 5—6 kg frischem Pflanzenmaterial wurden durch Auspressung unter 400 Atmosphären Druck 500 ccm zellfreier Saft erhalten, aus dem mit Alkohol-Äther 6—10 g Rohenzym niedergeschlagen wurden. 25 g dieses Fermentpräparates erzeugten innerhalb 52 Stunden aus 250 ccm 15proz. Traubenzuckerlösung bei antiseptisch geführter Gärung 0,53 g d,l-Milchsäure. Diese im Wasserstoffstrom erzielte Ausbaute sank beachtenswerterweise bei Zuleitung von Sauerstoff auf 0,13 g herab.

Etwas niedrigere Werte hat J. BODNÁR für die Milchsäure ermittelt, die bei anaerober Glykolyse durch das als trockenes Pulver abgeschiedene Enzym der Zuckerrübenwurzeln und Kartoffelknollen produziert wird.

Gleich den genannten Autoren scheint es ein Jahrzehnt später auch G. MUENK gelungen zu sein, das glykolytische Ferment von der intakten Pflanzenzelle abzutrennen. Er verfuhr gemäß der Vorschrift, die von NEUBERG sowie DAKIN und DUDLEY zur Gewinnung des aus Methylglyoxal Milchsäure bildenden tierischen Fermentes ausgearbeitet worden war (s. unten), und teilte mit, durch Extraktion von zerkleinerten Lupinensamen mit physiologischer Kochsalzlösung ein Enzym isoliert zu haben, das mit großer Leichtigkeit aus Stärke, Glykogen, Insulin, Traubenzucker, Galaktose, Maltose, Saccharose, namentlich aber aus Milchzucker Milchsäure bildet und gegen Antiseptica, wie Toluol oder Fluornatrium, wenig empfindlich ist.

In *Körnern und Pflanzensäften*, z. B. bei Gerste, Mais, in Kartoffeln, bei Tausendgüldenkraut und in der Agave ist ein Vorkommen von Milchsäure (zumeist von d,l-Form) beobachtet (WINDISCH, HABERMANN, Mc GEORGE). In den Blättern der Himbeere, Brombeere sowie in Kirschsafte sind nach H. FRANZEN und seinen Mitarbeitern wechselnde Mengen Milchsäure, oft allerdings nur Spuren, zugegen; doch ist es nach FRANZEN und KEYSSNER unentschieden, ob sie präformiert oder durch bakterielle Gärung nachträglich entstanden ist. Überhaupt werden alle die erwähnten Angaben über die Bildung von Milchsäure im Eigenstoffwechsel der grünen Gewächse von FR. CZAPEK sowie C. OPPENHEIMER in ihren bekannten Lehrbüchern skeptisch beurteilt. Eine Vorstufe der Milchsäure, die dem Lactacidogen der tierischen Zelle entsprechen würde, hat R. FLURY (1924) in Kartoffeln, Lupinen und Spinat nicht aufzufinden vermocht, obgleich J. BODNÁR (1925) den wichtigen Nachweis erbracht hat, daß zum mindesten den Erbsen ein Phosphorylierungsvermögen eigen ist. Es läßt

sich bisher nichts darüber aussagen, ob das nach dem gegenwärtigen Stand der Erkenntnis jedenfalls seltene und geringfügige Vorkommen von Lactat in Vegetabilien etwa mit einem schnellen Verbrauch zusammenhängt. G. CIAMICIAN und C. RAVENNA haben vor einigen Jahren gezeigt, daß bestimmte Vegetabilien (Spinat, Bohnen) zugefügtes Lactat angreifen; es wird dabei teils oxydativ unter Abspaltung von Acetaldehyd, teils durch Umwandlung in ätherunlösliche Stoffe (Resynthese?) verändert.

Bei den besonders gearteten energetischen Verhältnissen der höheren Pflanzen erscheint das „Fehlen“ von Milchsäure unter gewöhnlichen Verhältnissen ebenso erklärlich wie für den normal funktionierenden Organismus der höheren Tiere. Sofern mit Gewißheit bei den vorerwähnten positiven Befunden die Mitwirkung von Bakterien keine Rolle spielt, kann angenommen werden, daß es bei den vegetabilischen Zellen unter anaeroben Bedingungen zu einer Anhäufung von Lactat kommen kann.

Wenn nun die Fähigkeit zur Milchsäurebildung tatsächlich ein Attribut auch der höheren Pflanzenzelle ist, so dürften wir erwarten, daß sie diese Säure aus derselben Vorstufe bildet, die wir heute mit guten Gründen für die tierischen Gewebe und die Bakterienzellen als Milchsäurequelle annehmen.

Durch die Untersuchungen von C. NEUBERG, H. D. DAKIN und H. W. DUDLEY sowie P. A. LEVENE und G. M. MEYER ist schon 1913 für animalische Organe der Beweis geliefert worden, daß sie sehr glatt Methylglyoxal in Milchsäure überzuführen vermögen. Für die entartete Zelle der Tumoren gilt nach O. WARBURG, K. POSENER und E. NEGELEIN ein gleiches. Mit der seit mehr als einem Jahrzehnt von uns vertretenen Ansicht, daß die Milchsäure als Stabilisierungsprodukt des Methylglyoxals anzusprechen ist, steht das Verhalten der in den Zellen vorhandenen, das Methylglyoxal umwandelnden Ketonaldehydmutase auch nach neueren Untersuchungen O. MEYERHOFs in bestem Einklange, indem dieses Enzym den Charakter eines typischen Stoffwechselermentes aufweist.

Vor einiger Zeit haben C. NEUBERG und G. GORR dargetan, daß in *niedrig organisierten pflanzlichen Gebilden*, bei verschiedenen Bakterien, Methylglyoxal ebenfalls als Vorstufe der Milchsäure gelten kann. Für drei verschiedenen Gruppen angehörende Vertreter, für den *Lactobacillus*, das *Bacterium coli* sowie für den *Bacillus propionicus*, ist eine solche Beziehung außer allen Zweifel gesetzt. (Der erstgenannte Mikroorganismus ist ein regelrechter Milchsäurebildner; wir haben mit ihm die reine Vergärung von Glucose zu Milchsäure im Umfange von 91,2% bewirkt.)

Im Hinblick auf das Problem, ob in der ganzen belebten Natur eine einheitliche Bedeutung der Milchsäure zur Geltung kommt und ob ihr hauptsächlichster Bildungsmechanismus als ähnlich vorausgesetzt werden darf, haben wir eine Prüfung der Frage für wichtig gehalten, ob Zellen höherer

Pflanzen Methylglyoxal in typischer Weise zu Milchsäure dismutieren. Als geeignete Objekte ermittelten wir die *Erbsensamen*, die zugleich den Vorzug leichter Zugänglichkeit besitzen. Wie wir gefunden haben, enthalten diese das Methylglyoxal angreifende Ferment in so reichem Maße, daß man die ruhenden Samen verwenden und nicht durch vorangehende Keimung ihren verlangsamten Stoffwechsel anzufachen braucht. Da man mit starken antiseptischen Mitteln arbeiten kann, so kommt eine Beteiligung von Mikroben nicht in Betracht. Man kann die vorher mit 0,1proz. Sublimatlösung keimarm gemachten Erbsen, sodann die nicht vorbehandelten Erbsen in Gegenwart von viel Toluol, weiterhin Aceton-Trocken-Erbsen, ferner wässrige Auszüge gemahlener Erbsen, sowie die durch Fällung mit Alkohol-Äther aus solchen Wasserextrakten von Erbsen erzeugten Niederschläge (nach ihrer Wiederauflösung) unter Beigabe von Toluol benutzen. Überall ist das Ferment vorhanden, das unter Luftabschluß längstens in einem Tage 1—2proz. Lösungen des Methylglyoxalhydrates quantitativ umwandelt. Dabei sind 70—80% der theoretisch möglichen Menge Milchsäure nachgewiesen worden. An der als *Zinklactat* abgeschiedenen Substanz wurde konstatiert, daß die racemische Säure vorlag. Dieser Befund deckt sich mit den Erfahrungen von J. GADAMER, J. N. CURRIE sowie A. W. DOX und R. E. NEIDIG, daß die Bildung von inaktiver Säure auch bei Bakterien vielfach bevorzugt ist; FRANZEN hat in den Blättern und Früchten grüner Pflanzen jedenfalls nur d,l-Lactat beobachtet.

Wir haben den ruhenden Erbsensamen stets frei von präformierter Milchsäure befunden, so daß dieses in so vielfachen Zubereitungen taugliche Erzeugnis ein günstiges Material für das Studium

der Ketonaldehydmutase bei höheren Pflanzen abgibt.

Es hat sich bereits herausgestellt, daß solche Fermentpräparate auch auf analoge Glyoxale einwirken. Nach Versuchen, die Herr BINDER-KOTRBA ausgeführt hat, erzeugt das Erbsenenzym z. B. aus Phenylglyoxal in praktisch quantitativer Ausbeute rechtsdrehende Mandelsäure.

Am gleichen Objekte, am Erbsensamen, haben unlängst C. NEUBERG und A. GOTTSCHALK gezeigt, daß die von ihm ausgelöste alkoholische Gärung der Zuckerspaltung durch Hefe analog verläuft, indem sie hier ebenfalls über die Zwischenstufe des Acetaldehyds fortschreitet. In der reichlichen und leichten Bildung von Milchsäure erblicken wir einen Anhalt dafür, daß die im Effekt der alkoholischen Gärung sich schon verratende Fähigkeit der grünen Pflanzen zur Glykolyse unter bestimmten Bedingungen auch mit einer Ansammlung von Milchsäure zutage tritt, d. h. mit der Stabilisierung des Intermediärproduktes Methylglyoxalhydrat, das sich in der Norm — im Sinne der von C. NEUBERG und M. KOBEL gemachten Ausführungen — nicht anhäuft oder umlagert, sondern der Restitution unterliegt.

Jedenfalls verfügen Phanerogamen über ein vom lebenden Gewebe abtrennbares Stoffwechselferment, das die bedeutsame Verschiebung in der 3-Kohlenstoffreihe besorgt. Damit ergibt sich eine wesentliche Übereinstimmung im Grundtypus der Kohlenhydratumwandlung für die Zellen der grünen Pflanzen, der Tiere sowie der Mikroorganismen. Im Sonderfalle der Erbsensamen wird als Eigentümlichkeit die Tatsache offenkundig, daß die beiden glykolytischen Fermentsysteme, das der alkoholischen Zuckerspaltung und das der Milchsäurebildung, wohl ausgebildet nebeneinander bestehen.

Über Abtötung von Tumorzellen im Körper.

Von OTTO WARBURG und ERWIN NEGELEIN, Berlin-Dahlem.

Eine Tumorzelle gewinnt die zum Leben notwendige Energie auf zweierlei Art: durch Atmung und durch Gärung. Unterbrechen wir eine der beiden energieliefernden Reaktionen, so bleibt die Tumorzelle am Leben, unterbrechen wir beide, so stirbt sie bei Körpertemperatur im Laufe einiger Stunden ab.

Obwohl nicht nur Tumorzellen sondern alle Körperzellen bei Unterbrechung der energieliefernden Reaktionen zugrunde gehen, ist es, wie wir gefunden haben, möglich, Tumorzellen im lebenden Tier durch Mangel an Energie zu töten. Nach Versuchen von F. WIND und den Verfassern beruht dies darauf, daß die Versorgung des Tumors mit Sauerstoff und Glucose durch den Blutstrom schlechter ist als die Versorgung der normalen Organe. Senken wir beispielsweise den Sauerstoffgehalt des arteriellen

Blutes, so entsteht zunächst nur in dem Tumor und erst bei stärkeren Senkungen in den normalen Organen Mangel an Sauerstoff.

Um die beiden energieliefernden Reaktionen des Tumors gleichzeitig zu hemmen, müßte gleichzeitig die Glucose- und Sauerstoffkonzentration im arteriellen Blut gesenkt werden, was aus technischen Gründen nicht gut möglich ist. Hier kommt uns die Natur zu Hilfe. Denken wir uns den Tumor in eine „arterielle“ und eine „venöse“ Hälfte zerlegt, so gärt im Körper nur die arterielle Hälfte beträchtlich. Die venöse Hälfte gärt kaum, weil die Glucosekonzentration auf dem Wege durch die arterielle Hälfte zu tief sinkt. Andererseits reicht die Versorgung des Tumors mit Sauerstoff gerade aus, um die Atmung in dem Tumor zu erhalten. Gehen wir also mit dem Sauerstoffgehalt des arteriellen Blutes auf die Hälfte herunter, so ge-

rät der venöse Teil des Tumors unter Sauerstoffmangel und muß, da in ihm auch die Gärung klein ist, aus Mangel an Energie sterben.

Um die Versuche auszuführen, brachten wir Ratten, die im Abdomen kirschgroße JENSEN-sarkome trugen, 40 Stunden in Gasgemische, die 5 Vol.% Sauerstoff enthielten (statt 21 Vol.%, wie die Luft). Eine kleine Menge Ammoniak, zur Verminderung der Acidosis, war den Gasgemischen zugefügt. Die Tiere wurden dann getötet, die Tumoren herausgenommen und ihr Stoffwechsel gemessen. Es zeigte sich, daß der Hauptteil der Tumoren abgestorben war, nur ein dünner äußerer Rand hatte die Behandlung überlebt. Der Stoffwechsel der Randzellen war normal, der Stoffwechsel der übrigen Zellen, sowohl ihre Atmung als auch ihre Gärung, war Null.

Die erwartete Wirkung war also vorhanden, aber viel größer, als wir vorausberechnet hatten. Offenbar bewirkte die Erstickung der venösen

Tumorthälfte, daß auch der größte Teil der arteriellen Hälfte abstarb.

Wir erklären dies durch die Annahme, daß der Sauerstoffmangel in dem venösen Teil des Tumors nicht nur die Tumorzellen, sondern auch die Zellen der Tumorcapiillaren tötet. Die Folge muß sein, daß die Tumorcapiillaren unwegsam werden, wodurch auch die arterielle Tumorthälfte geschädigt wird.

Zunächst erscheint es paradox, daß Tumorzellen, bei deren Entstehung nach unserer Auffassung Mangel an Sauerstoff mitwirkt, durch Mangel an der gleichen Substanz getötet werden können. In Wirklichkeit liegt hier ein Widerspruch nicht vor. Auch bei der Entstehung der Kulturhefe aus wilder Hefe spielt wahrscheinlich der Sauerstoffmangel in den Gärgefäßen eine Rolle, und doch kann man Kulturhefe, wie Tumorzellen, durch Sauerstoffmangel abtöten: in beiden Fällen, wenn der zur Gärung notwendige Zucker fehlt.



Heike Kamerlingh Onnes.

1853—1926.

Von G. L. DE HAAS-LORENTZ, Leiden.

Der Name von HEIKE KAMERLINGH ONNES ist unzertrennlich mit dem Leidener physikalischen Institut verbunden. Das kryogene Laboratorium verdankt ihm sein Entstehen, seine Entwicklung und seinen Ruhm.

Sehr jung als Professor in der Experimentalphysik und der Meteorologie nach Leiden berufen, hat KAMERLINGH ONNES sofort für das damals nur kleine physikalische Institut Großes geplant.

In Deutschland hatte schon viel früher der Königsberger Physiker-Geologe FRANZ NEUMANN auf das Notwendige von gut ausgestatteten physikalischen und chemischen Laboratorien hingewiesen, leider mit wenig Erfolg. Die Zeiten waren offenbar noch nicht reif, um die Naturwissenschaften ihrem Wert nach anzuerkennen, und der so energische und zu gleicher Zeit idealistisch gesinnte NEUMANN stattete aus eigenen, nicht großen, Mitteln selbst sein Haus als Laboratorium aus und begnügte sich mit einem Dachzimmerchen als Wohnung.

KAMERLINGH ONNES hatte zwar in seinem Leben mit viel besseren Umständen zu tun als die oben geschilderten, aber doch hatte er noch ein richtiges Überbleibsel der „guten alten Zeit“ erlebt, als er genötigt war, die Versuche für seine Doktorarbeit „Neue Beweise für die Rotation der Erde“ in einem feuchten Kellerraum zu machen. Diese Dissertation enthält Theorie und Resultate einer verbesserten FOUCAULTSchen Pendelmethode¹⁾ und zeichnet sich sowohl in mathematischer als in experimenteller Hinsicht aus.

Auch schon während seiner Schul- und Studienzeit in Groningen (1870—1878) hatte KAMERLINGH ONNES sich als sehr begabt nicht nur in den Naturwissenschaften, sondern auch in der Mathematik herausgestellt. Als Student erhielt er die goldene Medaille der naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Utrecht und die silberne der nämlichen Fakultät der Universität Groningen. Nach den ersten Groninger Studienjahren verbrachte KAMERLINGH ONNES das Wintersemester 1871 in Heidelberg bei BUNSEN, das Sommersemester bei BUNSEN und KIRCHHOFF und das Wintersemester 1872 bei KIRCHHOFF. Bei dem letzteren erwarb er den Seminarpreis.

Nach seiner Promotion war er einige Jahre Assistent an der damaligen Polytechnischen Schule (jetzt Technischen Hochschule) Delft, um 1882 seine Professur an der ältesten niederländischen Universität Leiden anzutreten.

Seit 5 Jahren bekleidete H. A. LORENTZ hier

¹⁾ Siehe H. A. LORENTZ; Physica, März 1926.

den für ihn neu gegründeten ersten holländischen Lehrstuhl für theoretische Physik. Die Professur von KAMERLINGH ONNES war also die erste in der reinen Experimentalphysik.

Jetzt, nach fast einem halben Jahrhundert, über die seitdem vergangenen Jahre zurückblickend fühlt man, von wie großem historischen Wert diese beiden Ernennungen sind. Wieviel verdankt die Physik diesen beiden Männern, die mit einer seltenen idealistischen Lebensanschauung, großer Energie und — außerordentlicher, wenn auch sehr verschiedener, Begabung sich der Wissenschaft hingaben!

In seiner Inauguralrede muß man die festen Linien, mit denen der junge KAMERLINGH ONNES seinen für die Zukunft gewählten Lebensgang skizziert, bewundern. Aber auch das artistische Temperament des jungen Gelehrten fühlt man deutlich aus der außerordentlich gut stilisierten Rede. Aus diesen beiden Gründen erlaube ich mir, zwei Stellen aus dieser Rede, wenn auch von der Übersetzung ins Deutsche etwas geschädigt, folgen zu lassen:

„Nach meiner Meinung muß bei der Ausübung der Experimentalphysik das Streben nach quantitativen Untersuchungen, d. h. das Auffinden von Maßbeziehungen in den Erscheinungen im Vordergrund stehen.

Durch Messen zum Wissen möchte ich als Sinnspruch über jedes physikalische Laboratorium schreiben.“

„Verborgen sind oft die Wege, welche die größten Geister zur Wahrheit geführt haben. Mit der Beseelung des Künstlers sehen sie ihr Licht, erschaffen sie die Probleme, an deren Lösung ganze Geschlechter von Beobachtern und Mathematikern arbeiten können, und ziehen sie die Grundlinien, auf denen das Gebäude der Wissenschaft sich erhebt. Es ist nicht jedem gegeben, zu den oberen Baumeistern zu gehören. Aber viele sind nötig, deren Arbeit die Sorge für die Haltbarkeit des Ganzen anvertraut wird. Und für ihn, dessen Urteil geschärft, dessen Hand geübt und dessen Charakter geformt ist, bleibt die Genugtuung hingelegt, mitarbeiten zu dürfen an der großartigen Schöpfung eines NEWTON und eines HUYGENS, eines VOLTA und eines FRESNEL, eines FARADAY und eines KIRCHHOFF. Ihrem Geist kann die Form, die man jedem Baustein gibt, entsprechen.

Aber dazu muß man, mit neuer Erfahrung ausgerüstet, stets zu dem Studium ihres Gedankengangs in dem Experiment zurückkehren. Und

fühlt man in ihrem Streben nach quantitativer Kenntnis zwar nicht die einzige Richtschnur zu selbständiger Arbeit, gewiß doch diejenige, welche am ersten zur Klarheit führt und welche den Weg zeigt, wo Arbeit sicherlich nicht verloren ist und wo Irrlichter weit entfernt bleiben.“

„Durch Messen zum Wissen.“ Ein schöner Spruch, aber einer, dessen Ausführung eine zähe Geduld, eine eiserne Ausdauer erfordert.

Die Richtung, in der das Messen des Leidener Laboratoriums stattfinden würde, wurde durch den Enthusiasmus, mit dem KAMERLINGH ONNES der damals neuen, VAN DER WAALSSchen Theorie begegnete, bestimmt. Die Anschauungsweise von VAN DER WAALS von der Kontinuität des gasförmigen und flüssigen Zustandes, worauf er seine berühmte Zustandsgleichung gründete, war wohl imstande, einen Mann wie KAMERLINGH ONNES zu fesseln. Dieser plante denn auch sofort eine ganze Serie Untersuchungen an Gasen, womit er die VAN DER WAALSSche Gleichung prüfen und die Koeffizienten a und b bestimmen wollte, und wenn dies letztere sich durch Unvollkommenheit der Formel als unmöglich erweisen sollte, die Formel zu verbessern.

Die Untersuchungen sollten sich natürlich über einen so großmöglichen Temperaturbereich erstrecken und sich sowohl auf den gasförmigen wie auf den flüssigen Zustand beziehen. So wurde KAMERLINGH ONNES zu seinem Streben nach niedrigen Temperaturen geführt.

Eine kurze Übersicht über die wichtigsten Untersuchungen, im Institut von KAMERLINGH ONNES ausgeführt, möge hier am Platze sein.

Wie KAMERLINGH ONNES seine niedrigen Temperaturen erreichte? Nicht anders als andere. Die Methodik der Verflüssigung von Gasen wurde von CAILLETET, PICTET, LINDE, HAMPTON u. a. entwickelt und ist schon Gemeingut geworden. Nur Eingeweihte wissen, wieviel Mühe, Zeit, Entwerfers- und Organisationsbegabung nötig waren, um, wie KAMERLINGH ONNES, sicher und ununterbrochen fortzuschreiten, Gase verdichtend, von welchen dies bis dahin noch nicht gelungen war, und so die Möglichkeit zu Untersuchungen bei stets niedrigeren Temperaturen eröffnend.

Dazu müssen die Gase in so großer Menge verflüssigt werden, daß man einen Beobachtungsapparat in sie untertauchen kann. Man fühlt, wie der Schritt von der ersten Kondensationserscheinung des Sauerstoffs z. B. zu der Möglichkeit, flüssigen Sauerstoff aus dem einen Vakuumglas in das andere zu gießen, ein schwerer sein mußte. Dies letztere gelang KAMERLINGH ONNES erst 1892.

1894 verfügte er über ein Bad von flüssigem Sauerstoff von -182° und niedriger. Seit 1906 stehen im Leidener Laboratorium zur Verfügung Bäder von flüssigem Wasserstoff von -252° bis -259° , während bekanntlich 1908 der letztmögliche Schritt gemacht und das Helium verflüssigt wurde.

Diese so außerordentlich wichtige Tatsache ist seitdem so oft in Zeitungen und Zeitschriften besprochen worden, daß wir sie hier bloß vermelden. Nur sei bemerkt, daß die Möglichkeit, dies zu erreichen, nicht ohne weiteres vorausgesehen werden konnte. Nur jahrelange, genaue und systematische Untersuchungen über die Eigenschaften des gasförmigen Heliums und Anwendung des Gesetzes der übereinstimmenden Zustände hatten KAMERLINGH ONNES zu diesem Entschluß geführt.

Erst vor einigen Jahren gelang die Verflüssigung des Heliums auch MACLENNAN in Toronto, nachdem ihm die Zeichnungen des Leidener Laboratoriums zugeschickt worden waren. Und vor kurzem hat auch in Berlin MEISSNER flüssiges Helium gemacht.

Seitdem ist die Apparatur noch so viel weiter vervollkommen worden, daß man jetzt das flüssige Helium von dem einen Teil des Instituts nach dem anderen transportieren kann in genügend großen Mengen, so daß man nicht länger nur in der unmittelbaren Nähe der Maschinen mit diesen Bädern arbeiten kann.

Wie gesagt, schließt sich ein großer Teil der Untersuchungen von KAMERLINGH ONNES an die VAN DER WAALSSche Zustandsgleichung an, und viele Isothermen wurden im kryogenen Laboratorium bestimmt zu ihrer Prüfung. Aber nicht nur wurden die Abweichungen der Gleichung festgestellt, auch versuchte KAMERLINGH ONNES eine verbesserte Zustandsgleichung anzugeben. Schon viele Versuche waren gemacht worden, die VAN DER WAALSSche Gleichung durch einige Änderungen besser mit den experimentellen Tatsachen übereinstimmen zu lassen. Da aber kein befriedigendes Resultat gefunden war und da die verschiedenen an der Formel vorgeschlagenen Änderungen oft ganz empirischer Natur sind, geht der ursprüngliche, rein physikalische Charakter der Gleichung verloren. Deshalb, meinte KAMERLINGH ONNES, gäbe es keinen Grund, die ursprüngliche Gestalt nicht aufzugeben und für den Zweck einer empirischen Darstellung der Isothermen, mit inbegriff des Kondensationsgebietes, eine ganz neue Form der Gleichung, und zwar eine Reihenentwicklung, zu versuchen. Verschiedene Formen einer Reihenentwicklung stellte er auf die Probe, und schließlich fand er als die geeignetste die Form:

$$pv = A + \frac{B}{v} + \frac{C}{v^2} + \frac{D}{v^3} + \frac{E}{v^4} + \frac{F}{v^5}.$$

Die hierin auftretenden Koeffizienten nennt KAMERLINGH ONNES die Virialkoeffizienten. Durch Einführung der reduzierten Größen kommt man zu der entsprechenden reduzierten Gleichung mit den „reduzierten Virialkoeffizienten“.

Zunächst wurde diese Gleichung bei den vier von AMAGAT genau untersuchten Substanzen, Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff und Kohlensäure, geprüft und sie sich am besten mit den Beobachtungen vertragenden Werte der genannten Koeffizienten bestimmt. Da diese Koeffizienten

sich als temperaturabhängig und am besten durch eine Formel von der Gestalt

$$B = b_1 \theta + b_2 + b_3 \cdot \frac{1}{\theta} + b_4 - \frac{1}{\theta^3} + b_5 - \frac{1}{\theta^4}$$

darstellbar ergaben, hatte man 25 Koeffizienten zu bestimmen, eine äußerst langwierige und komplizierte Rechenarbeit.

Da das Gesetz der übereinstimmenden Zustände jedoch nur annähernd gilt, findet man bessere Übereinstimmung mit den Beobachtungen und einen regelmäßigeren Verlauf der Kurve, wenn man die reduzierten Koeffizienten für die Stoffe gesondert bestimmt. Deshalb war es wichtig, diese Größen für solche Stoffe zu bestimmen, mit welchen man über einen so groß möglichen reduzierten Temperaturbereich messen konnte. So wurde das B für Wasserstoff bestimmt aus Messungen von $\tau = 17$ bis $\tau = 0,5$ und das für Helium aus Isothermenmessungen von $\tau = 3$ an.

Ein zweiter wichtiger Teil der Untersuchungen im kryogenen Laboratorium bezieht sich auf die Eigenschaften von Gas- und Flüssigkeitsgemischen und schließt sich aufs engste an die VAN DER WAALSsche Theorie der Gemische an. Das Resultat dieser Theorie ist, kurz gefaßt, daß die Zustandsgleichung und deshalb auch die freie Energie bei Gemischen die nämlichen Eigentümlichkeiten zeigt wie bei reinen Substanzen. Ferner setzt die Theorie uns einigermaßen instand, Vorhersagen zu machen über den Einfluß der Mischung von zwei Stoffen, speziell von nicht zu großer Dichte, auf das Volumen und den Druck. Überdies könnte man hoffen, durch sie aus dem Vergleich von Mischungen und ihren Bestandteilen ein Urteil zu gewinnen über die relativen Werte der Kräfte zwischen den Molekülen von verschiedenen Substanzen und zwischen solchen von ein und demselben Stoff.

KAMERLINGH ONNES plante eine systematische Reihe von Isothermenmessungen an Gasgemischen. Er wollte anfangen mit Gemischen von zwei einatomigen Gasen, dann von einem einatomigen und einem zweiatomigen Gas, endlich von zwei zweiatomigen Gasen usw. Leider zwangen technische Schwierigkeiten, die Reihe mit einem zweiatomigen und einem dreiatomigen Gas anzufangen. Gewählt wurden die Gemische: Kohlensäure-Wasserstoff und Kohlensäure-Sauerstoff. Außerdem wurde ausführlich untersucht das Gemisch Kohlensäure-Chlormethyl, weil hierfür die zu untersuchenden Erscheinungen unter möglichst günstigen Umständen beobachtet werden konnten.

Die Isothermen von einem Gemisch von bestimmter Zusammensetzung wurden gewöhnlich in einem Freie-Energie-Volum- $(\psi - v)$ Diagramm dargestellt. Die $\psi-v$ -Kurve kann verschiedene Formen haben; oberhalb der kritischen Temperatur des Gemisches kehrt sie überall ihre konvexe Seite der v -Achse zu und, wie leicht ersichtlich, stellen all ihre Punkte Gleichgewichtszustände vor. Anders

ist es unterhalb der kritischen Temperatur. Da kehrt ein Teil der $\psi-v$ -Kurve ihre konkave Seite nach der v -Achse, welcher Teil also labilen Zuständen entspricht. Bekanntlich findet man die zwei Phasen, in welche das einem dieser labilen Zustände entsprechende Gemisch auseinanderfällt, indem man die Doppeltangente der Kurve zieht und auf diese den Punkt mit dem betreffenden v -Wert nimmt. Die Stücke, in welche dieser Punkt die Doppeltangente zwischen den beiden Berührungspunkten verteilt, sind den Mengen der entstehenden Phasen umgekehrt proportional.

Man kann bei einer bestimmten Temperatur für die Untersuchungen Gemische verschiedener Zusammensetzung nehmen. Das Ergebnis dieser Messungen läßt sich wieder graphisch darstellen, jetzt nicht von einer $\psi-v$ -Kurve, sondern von einer $\psi-v-x$ -Fläche (wo x das Maß der Zusammensetzung ist). Horizontalachsen sind dann Volum und Zusammensetzung, und ψ wird Vertikalachse.

Der Einbiegung der ψ -Kurve entspricht eine Falte in der ψ -Fläche, der Doppeltangente eine Doppeltangentialebene, die über die Falte rollen kann. Die zwei gleichzeitigen Berührungspunkte geben wieder die zwei Phasen an, in welche ein einem Punkte innerhalb der Falte entsprechendes Gemisch auseinanderfällt.

Die Verbindungslinien je zwei solcher Berührungspunkte sind der v -Achse nicht parallel, so daß während der isothermischen Volumänderung im Gebiet der koexistierenden Phasen die Zusammensetzung von Flüssigkeit und Dampf nicht konstant bleibt.

Liegt die Meßtemperatur zwischen den kritischen Temperaturen der Bestandteile des Gemisches, so dehnt die Falte sich nicht über die ganze Breite (die x -Richtung) der ψ -Fläche aus.

Der Punkt, in dem dann die beiden Berührungspunkte zusammenfallen, stellt den Zustand vor, in dem Flüssigkeit und Dampf in allen Hinsichten gleich sind. Es ist also der kritische Punkt des Gemisches. Die Verbindungslinie von zwei gleichzeitigen Berührungspunkten schrumpft hier zusammen zu einer Tangente im kritischen Punkte an der durch die Berührungspunkte der über die Falte rollenden Tangentialebene gebildete Kurve, der sog. Faltenpunktskurve.

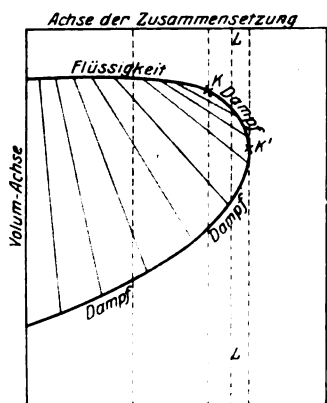
Diese Tangente ist offenbar der v -Achse nicht parallel und der Berührungspunkt k fällt also nicht zusammen mit dem Punkt k' , in dem die Tangente an der Faltenpunktskurve der v -Achse parallel ist. Dieser letztere Punkt entspricht der Grenze der Gemische, welche bei der gewählten Temperatur kondensierbar sind.

Die nachstehende Figur gibt die Projektion der Faltenpunktskurve auf die horizontale Koordinatenebene. Die vollgezogenen Linien sind die schon genannten Verbindungslinien von zwei zusammengehörigen Berührungspunkten. Aus der Figur ist ersichtlich, wie während einer isothermen Kompression längs einer Linie wie L ,

welche die Faltenpunktskurve zwischen K und K' schneidet, im Koexistenzgebiet der Flüssigkeitsgehalt zuerst zu-, dann wieder abnimmt und schließlich in $P = \text{null}$ wird. Diese von J. P. KUENEN entdeckte und eingehend untersuchte Erscheinung ist bekannt unter dem Namen von retrograder Kondensation. Sie gehört zu den schönsten Resultaten der Untersuchungen an Gemischen.

Von den vielen anderen Untersuchungen, an Gemischen gemacht, können wir hier nur einige kurz erwähnen.

Die Folgerung aus der Theorie, daß für ein Gemisch bestimmter Zusammensetzung die kritischen Erscheinungen nur bei einer bestimmten Temperatur auftreten, stellte sich als nicht richtig heraus. Diese Abweichung läßt sich aus dem Einfluß der Gravitation erklären. Hat man doch ein vertikales Säulchen des Gemisches, so wird der Schwerkraft wegen nicht nur der Druck von oben nach unten zunehmen, sondern auch die Zusammen-



Projektion der Faltenpunktskurve.

setzung des Gemisches sich ändern, so daß auf verschiedenen Höhen der Säule bei verschiedenen Temperaturen die kritischen Erscheinungen auftreten. Bei Gemischen von Äthan und Stickstoffoxydul fand man das merkwürdige Ergebnis, daß während Äthan und Stickstoffoxydul resp. die kritischen Temperaturen 32° und 36° haben, die kritischen Temperaturen von ihren Gemischen zum Teil unterhalb 32° und sogar bis 26° liegen. Denken wir uns die ψ -Flächen für dieses Gemisch für verschiedene Temperaturen konstruiert, so muß oberhalb einer gewissen Temperatur die Falte sich in zwei spalten.

Bei Gemischen von Kohlensäure und Wasserstoff fand man ein bemerkenswertes Resultat. Da diese beiden Gase in entgegengesetztem Sinne von dem BOYLESchen Gesetz abweichen, war es zu erwarten, daß man, mit fast reiner Kohlensäure anfangend und allmählich Wasserstoff hinzufügend, eine abnehmende Abweichung dieses Gesetzes wahrnehmen würde. Ehe die Abweichung in eine vom entgegengesetzten Sinne umschlagen würde, sollte man einen Augenblick ein Gemisch haben, das dem BOYLESchen Gesetz genau folgte. In der Tat wurde dies wahrgenommen, und zwar für ein Gemisch, das ungefähr 80% Wasserstoff enthält.

Schließlich möge noch erwähnt werden, wie KAMERLINGH ONNES die ψ -Flächen für einige Gemische nicht nur berechnete, sondern auch aus

Gips ausführen ließ. In seiner Vorliebe für die Behandlung der betreffenden Fragen mit Hilfe dieser Flächen tritt wieder seine Liebe und Begabung für die Mathematik zum Vorschein.

Die Bedeutung einer ψ -Fläche liegt nämlich hierin, daß man, da jeder geometrischen Größe eine physikalische entspricht, aus ihren geometrischen Eigenschaften korrespondierende Eigenschaften des von ihr dargestellten Gemisches ableiten kann.

Als im kryogenen Laboratorium untersuchte Erscheinungen, welche von Molekularattraktionen abhängen, müssen wir noch nennen die Viscosität und die Capillarität. Da die letztere von dem Unterschied zwischen den Attraktionen, welche ein Flüssigkeitsmolekül von einem anderen Flüssigkeitsmolekül und von einem Gasmolekül erleidet, abhängt, werden die capillären Erscheinungen im kritischen Punkte verschwinden. Die Untersuchungen über die Temperaturabhängigkeit der Capillaritätskonstante sind deshalb von der größten Wichtigkeit in der Nähe des kritischen Punktes, in welchem Gebiet VAN DER WAALS eine Theorie für sie gegeben hat.

Auch die Capillarität von Gemischen in der Nähe des Faltenpunktes wurden untersucht, speziell in Anschluß an die KUNDTsche Aussprache, daß es möglich sein muß, eine Flüssigkeit in Dampfform überzuführen, indem man sie bloß dem Druck eines Gases unterwirft. Da eine Flüssigkeitsoberfläche bekanntlich immer mehr oder wenig Gas absorbieren kann, und zwar um so mehr je größer der Dampfdruck ist, so kommt die betrachtete Erscheinung nach der VAN DER WAALSschen Theorie hierauf hinaus, daß man die Flüssigkeit zu einem Gemisch macht, für welches die Beobachtungstemperatur die Faltenpunkttemperatur ist.

Die Viscosität, speziell ihre Abhängigkeit von der Temperatur, wurde untersucht nach der Methode von POISEVILLE und mit einer Rotationskugelpendel.

Obleich der Schwerpunkt der Arbeit im Institut von KAMERLINGH ONNES ins Gebiet der Thermodynamik fällt, so wurden doch auch auf manchem anderen Gebiet schöne Experimente angestellt.

Wir mögen hier nennen die Untersuchungen über die magnetische Drehung der Polarisations-ebene, über das KERRsche Phänomen, über den HALL-Effekt, und als wichtigste die, welche zu der Entdeckung des ZEEMAN-Effektes führten.

Seitdem in späteren Jahren Messungen bei sehr niedrigen Temperaturen möglich geworden waren, umfaßt das Arbeitsprogramm alle diejenigen Untersuchungen, welche in diesen niedrigen Temperaturregionen Interessantes zu ergeben versprechen.

In erster Linie gehören zu dieser Gruppe von Untersuchungen diejenigen über die Temperaturabhängigkeit des Thermoefektes und der elektrischen Leitfähigkeit von reinen Metallen und von Legierungen. Diese beiden und speziell die letzteren wurden zur Temperaturmessung und dabei anschließender Temperaturregulierung (während der Messungen mußte die Temperatur der Bäder auf $0,01^\circ$ konstant gehalten werden können) verwendet. So wie überhaupt die Temperaturmessung einen sehr wichtigen Unterteil der vielen thermodynamischen Messungen bildet, so ist immer viel Sorge an die Kalibrierung und gegenseitigen Vergleich von Gas- und Widerstandsthermometern gewidmet worden.

War die Abnahme des elektrischen Widerstandes mit der Temperatur an sich schon interessant und hatte KAMERLINGH ONNES immer spezielles Interesse für die elektrische Leitfähigkeit, nie hatte man das wunderschöne Resultat erwarten können, in dem die Untersuchungen 1911 gipfelten, nämlich die Entdeckung des supraleitenden Zustandes.

Mißt man den elektrischen Widerstand eines Drahtes einer supraleitenden Substanz bei sehr niedrigen Temperaturen mittels einer Potentiometermethode, so kann man während der genügend großen Abnahme der Temperatur die nachfolgenden Phasen wahrnehmen. Zunächst verhält das Metall sich wie jedes beliebige Metall, man findet eine gewöhnliche Widerstandskurve; in der zweiten Phase sinkt die Spannung, an den Endpunkten des Drahtes gemessen, plötzlich tief herab, obgleich sie meßbar bleibt; in der dritten, der eigentlichen supra-konduktiven Phase verschwindet jeder meßbare Potentialunterschied zwischen diesen Punkten. In der ersten Phase behält das Wort elektrischer Widerstand seine gewöhnliche Bedeutung, in der zweiten Phase, welche wir die Übergangsphase nennen können, definieren wir den Widerstand des Drahtes als Ganzes als den Quotienten der elektromotorischen Kraft und der Stromstärke. Der so definierte Widerstand sinkt in der dritten Phase bis auf Zweihundertmillionstel seines ursprünglichen Wertes herab.

Das gewöhnlich angewandte Mittel, einen Suprastrom hervorzurufen, ist das folgende. Ein in sich geschlossener Stromring befindet sich zwischen den Polen eines Elektromagneten. Setzt man das Magnetfeld an, so wird in den Ring ein Strom induziert. Dann läßt man die Temperatur ab-

nehmen bis unter den Grenzwert des supraleitenden Zustandes und stellt schließlich das Magnetfeld ab. Das Merkwürdige an der Sache ist, daß jetzt ein Wiederanbringen des Magnetfeldes denselben Einfluß hat wie eine Temperatursteigerung. Ein reiches Forschungsgebiet war mit dieser Entdeckung eröffnet, und augenblicklich sind verschiedene, sehr interessante Experimente in diesem Sinne im Gang.

Wie gesagt, stehen jetzt kalte Bäder zur Verfügung für Untersuchungen von sehr verschiedenen Erscheinungen. Und nicht nur die Leidener Physiker und andere Niederländer profitieren hiervon. Auch viele ausländische Gelehrte haben von dieser Gelegenheit einen dankbaren Gebrauch gemacht und tun dies immer mehr. Die Gastfreundlichkeit des kryogenen Instituts in dieser Hinsicht ist allgemein bekannt.

Neben seinen physikalischen Arbeiten hat KAMERLINGH ONNES sich noch verdient gemacht um die Errichtung der Schule für Mechaniker, welche, mit dem Leidener kryogenen Institut in einem Gebäude vereinigt, dieses Institut dauernd mit guten technischen Hilfskräften versieht und von wo aus, nach vollendeter Lernzeit, gut geschultes technisches Personal über die ganze Welt ausgezogen ist. Auch für „l'Institut international du froid“ hat KAMERLINGH ONNES viel getan.

Groß ist die Anzahl der Beweise von Ehrerbietung und Bewunderung, welche ihm sowohl im Inlande als vom Auslande zuteil wurden. Wir erwähnen hier nur, daß er den Nobelpreis erwarb und den Baumgartenpreis, die Rumfordmedaille und die Franklinmedaille, daß er Ehren doktor war der Universität Berlin und der Technischen Hochschule Delft, daß er Ehrenmitglied war der Royal Society London und der Akademie von Wissenschaften Edinburg, Mitglied der Akademien von Wissenschaften Amsterdam, Rom, Kopenhagen, Washington, Paris, Upsala, Turin, Wien, Oslo, Rußland, Halle, Göttingen und korrespondierendes Mitglied von der Berliner Akademie von Wissenschaften.

Zumal sie, welche unter der persönlichen Leitung und in der unmittelbaren Nähe von KAMERLINGH ONNES gearbeitet haben, werden die Erinnerung an diesen merkwürdigen, energischen und begabten Physiker und Organisator immer bewahren, dankbar für das, was der Umgang mit ihm ihnen für ihr eigenes Leben Wertvolles gegeben hat.

Über die Urformen der Anthropomorphen und die Stammesgeschichte des Menschenschädels.

Von ADOLF NAEF, Neapel.

I.

Alpha und Omega vergleichender Betrachtung innerhalb der organischen Welt ist das *natürliche System* (vgl. II., Fig. 16!). Seine engeren und weiteren Kreise, mannigfach ineinander gefügt, dienen zunächst rein praktischer Übersicht vielgestaltiger

Objekte. Weiterhin aber eröffneten sie den Einblick in einen Ordnungszusammenhang, dessen letzte Deutung noch aussteht. Diese Deutung kann nur in Form von *Gesetzen* des *Seins* und *Werdens* geleistet werden, denen wir uns schrittweise zu nähern streben.

Eine erste Erhellung des Problems ergab sich aus der Bildung von Reihen, in denen niedrigere und höhere Formen zu natürlicher *Stufenleiter* verbunden schienen. Vollkommener wurde das wirkliche Verhältnis ausgedrückt durch das Bild eines Baumes, das die Vorstellung allmählichen Wachstums und Aufsteigens langsam vorbereiten mußte. Die durch Tatsachen aufgedrungene *Stammbaummäßigkeit* des in manchen Teilen schon sorgfältig und umsichtig ausgebauten Systems führte schließlich zur *allgemeinen Abstammungslehre*, für die sie den fundamentalen Beweisgrund bildet (an den sich alle anderen anschließen). — Nach ihrer Annahme glaubte man die rein ordnende Betrachtung durch eine *genealogisch-historische* ersetzen zu können, die ERNST HAECKEL mit seinem weitaus bedeutendsten Werk (*Generelle Morphologie* 1866) gedanklich zu bahnen versuchte. Historisch mußte die Morphologie allerdings werden, freilich nicht deshalb, wie HAECKEL meinte, weil nun etwa die Abstammungslehre und die Selektionstheorie zum *Fundament* der Biologie geworden wären (Das ist natürlich eine böse Verwirrung des Verhältnisses zwischen Tatsachen, Prinzipien der Wissenschaft und daraus abgeleiteter Theorie), sondern weil die versteinerte, aber wirklich vorliegende Lebewelt einer Jahrhundertmillionen dauernden Vergangenheit schichtenweise in das Gesamtbild einzubeziehen ist. (Wenn nämlich, wie wir feststellten, gerade die systematische Relation der Formen untereinander als Beweis der Abstammungslehre gilt, kann doch die Abstammungsbeziehung nicht wieder zum Kriterium des systematischen Verhältnisses werden.)

Systematische Biologie stellt auch nach Annahme der allgemeinen Deszendenztheorie zunächst reine Tatsachen und weiterhin nicht Stammbäume und Ahnen, sondern *abstrakte Typen* und deren tatsächliche und begriffliche *Sukzession* fest, nämlich ein objektiv-logisch zu begründendes, unabhängig von allen genealogischen Hypothesen bestehendes *Verhältnis abgestufter Ähnlichkeit* der für die Organismen geltenden Bildungs- und Verhaltensnormen. Eben dieses wird im natürlichen System ausgedrückt. Seine stammesgeschichtliche *Umdeutung* ergibt sich nachträglich von selbst; doch kann die Abstammung unmöglich als solche Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchung sein, die sich notgedrungen an Gegenwärtiges zu halten hat.

Wenn die Stammbaummäßigkeit des natürlichen Systems, in Verbindung mit den sie unterstreichenden Tatsachen der stratigraphischen Aufeinanderfolge und geographischen Verbreitung als *Beweis* der allgemeinen *Abstammungslehre* gelten darf, dann muß freilich denknötig weiter gefolgert werden, daß die tatsächliche Entwicklung nach Maßgabe dieses Systems, d. h. seinen Stufen folgend, stattgefunden habe. An die allgemeine *Abstammungslehre* knüpft sich dann doch eine spezielle *Abstammungsgeschichte*, die, wie sie selber, auf den Resultaten systematischer Forschung fußt

und dieselben nur in hypothetisch-genealogischer Form ausdeutet. Sie kann keine selbständige Disziplin sein.

Das natürliche System bezeichnet aber jedenfalls die *Stufen*, auf denen irgendein Wesen zu seinem gegenwärtigen Zustand gelangen konnte, oder die Phasen, welche die anzunehmende Ahnenreihe desselben durchlaufen mußte. Täte sie das nicht, so könnte sie auch nichts zugunsten einer Abstammung überhaupt beweisen. Erst unter dieser Voraussetzung ist auch der S. 90 formulierte Satz ein wirkliches *Gesetz* der *Stammesentwicklung*: Die Teile eines Organismus schreiten im Verlauf persönlicher Entwicklung tatsächlich (d. h. vor unseren Augen oder doch unserer Beobachtung zugänglich) nur von systematisch *allgemeineren* zu immer *besonderen* Bildungen fort (sozusagen *als ob* eine Kenntnis der systematischen Stufenfolge sie beherrschte). Erst bei phylogenetisch deutender Betrachtung gewinnt man dann den Eindruck, daß eine *Erinnerung* an die im Verlauf der Erdgeschichte nacheinander erreichten Ziele im Keimling schrittweise auftauche und die Richtung des Werdens lenke. (Vgl. K. E. v. BAER 1828!)

Es treten nämlich Embryonal-, Larven- und Jugendzustände ein, die in der Norm vorangehenden Stufen des Systems *direkt* in die fertigen Formen übergehen und dies also auch bei den voraussetzenden Ahnen tun mußten. Sie machen die individuelle Entwicklung zur bedeutsamsten und (bei richtiger Lesart) absolut zuverlässigen, wenn auch keineswegs vollständigen *Urkunde* stammesgeschichtlichen Werdens, welche durch feinere Abstufung der *Übergänge* die aus dem System allein zu erschließenden Vorstellungen in vielen Teilen zu ergänzen vermag.

Von der Stammesgeschichte eines Wesens wissenschaftlich handeln, heißt zunächst den Gang seiner persönlichen individuellen Entwicklung (Ontogenese) feststellen und damit für jede Bildung den *Vorzustand*, schließlich die *Anlage*, aus der sie wirklich entsteht. Die Reihe der Vorzustände *jedes Teiles* ist zu betrachten als der Ausdruck eines stufenmäßig gegliederten, sozusagen geschichteten Ahnenerbes, dessen Elemente in der Stammesgeschichte in *gleicher Folge* umprägt zur Geltung gekommen sein müssen, in der sie sich heute auswirken. Die durchlaufenen ontogenetischen Phasen sind aber nicht etwa undeutlich gewordene Ahnenbilder oder Organe fertiger Vorfahren, sondern bloße Anlagezustände derselben, die heute ihre früheren Ziele nicht mehr erreichen, sondern durch neu hinzugekommene Faktoren bis zuletzt weiter abgeändert werden. Die einstigen Endzustände sind z. T. durch Analogieschluß zu ermitteln, nämlich durch Vergleich mit Formen, welche die spätere (ontogenetische) Abänderung nicht mitmachen.

Andererseits heißt es, vom engsten zum weitesten systematischen Umkreis weiter- (erdgeschichtlich rückwärts) schreitend das Typische, morphologisch Primäre, feststellen und das Objekt betrachten als



Fig. 1. Älterer Mann vom Kongo-Schimpanse (*Pan Schweinfurthi*), etwa $\frac{1}{3}$ nat. Größe. Das Bild wurde mir vom Hersteller¹⁾ in liebenswürdiger Weise zur Verfügung gestellt, ebenso wie die beiden folgenden.

das Endglied einer *Stufenleiter*, die es mit aller-einfachsten Wesen in denk- und auch wohl naturnotwendigen Schritten verbindet.

Wenn wir diese Betrachtungsweise zunächst auf die *Pongiden* (Menschenaffen) anwenden wollen, so müssen wir zuerst die beobachteten Zustände vergleichen und versuchen, für jedes Element das typische Verhalten auszumachen, d. i. die Norm oder *Urform*, von der aus alle vorliegenden in der einfachsten und natürlichsten Weise entstanden *gedacht* werden können. Es hat keinen Sinn, darüber zu diskutieren, ob der Schimpanse vom Gorilla oder Orang abstamme, oder dergleichen; auch die fossilen Vetter dieser Gattungen können sich auf keine Weise als tatsächliche Ahnen ausweisen, wohl aber als Glieder derselben Familie, also (prinzipiell) als Zweige am gleichen Ast, und zwar solche von mehr oder weniger bestimmbarer Alter. — Wenn wir dann die einzelnen als primär erkannten Züge zum Bilde zusammenfügen, erhalten wir die Vorstellung eines *Ur-pongiden*. (Vgl. 1925, S. 705–707; 1926, S. 89–97!)

Wir müssen uns hier auf die Beurteilung des Kopfes beschränken, für die wir bereits die wichtigsten Grundlagen gewonnen haben. Sie sollen zunächst durch einige hochinteressante Bilder ergänzt werden, welche die individuelle Entwicklung des Schimpansen betreffen. — Fig. 1 zeigt denselben im völlig ausgewachsenen Zustand, im „besten Mannesalter“, und

¹⁾ Photo by HERBERT LANG, oft the American Museum, Congo Expedition.

zwar in einer Variante mit noch besonders wohlentwickelter Nase (vgl. 1925 S. 707).

Die sekundäre Kopfentwicklung ist hier zu Ende gediehen, stellt aber keineswegs ein Extrem innerhalb der Pongiden dar. Die Altersverblödung, besonders der Weibchen, liefert auch beim Schimpansen weit scheußlichere Bilder und der Orang weiß die primäre Menschenähnlichkeit als altes Männchen noch viel besser zu verbergen. Jedenfalls aber fällt es schwer zu glauben, daß dies der Vater des Kindes der Fig. 4 sein könnte. Man beachte besonders das (menschliche) Ohr, die mächtigen Brauenwülste, die Pongiden-nase, vor allem die mächtige Schnauze mit den vor- und aufwärts geschobenen Lippen! Die Glatze hat bereits starke Fortschritte gemacht, wie bei den meisten älteren Schimpansen.

Viel sympathischer erscheint der junge Schimpansenmann der Fig. 2 und 3. Die besonderen Pongidenmerkmale sind hier erst in mäßiger Weise zum Ausdruck gekommen, daher die für ein erwachsenes Tier besonders hohe Menschenähnlichkeit. Sie wird noch betont durch ein zierlich kleines Ohr, gewölbte Stirn und schwache Brauenbögen.

Dieses Tier verhält sich überhaupt so, wie man sich die Urform der Pongiden-Familie etwa vorzustellen hat. Diese Auffassung wird durch die Vorderansicht (Fig. 3) bestätigt. Auch sie zeigt

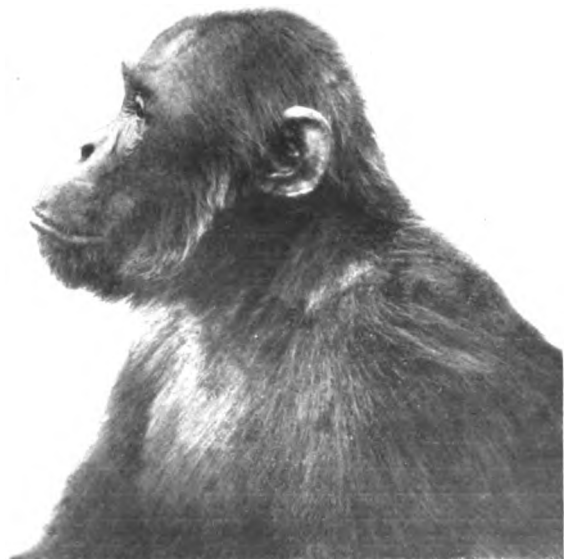


Fig. 2. Seitenansicht eines erwachsenen, aber noch jungen Schimpansenmannes derselben Art (vom gleichen Forscher stammendes Bild), ca. $\frac{1}{3}$ nat. Größe. Die sehr deutliche Verschiedenheit von dem Tier der Fig. 1 ist z. T. auf Kosten individueller Variation zu setzen (kleines Ohr, relativ hohe, breite Stirn).



Fig. 3. Dasselbe Tier von vorn gesehen.

nichts von extremen Differenzierungen, sogar noch einen sehr bemerkenswerten menschlichen Zug mehr: Die Schleimhaut der Lippen, beim Menschen rötlich durchscheinend, ist hier deutlich sichtbar und in charakteristischer Weise gefältelt. Sie verstärkt sehr den primitiv-human anklingenden Ausdruck.

Einen besonderen Eindruck muß auch auf den Nichtmorphologen das junge Schimpansenkind der Fig. 4 machen. Es gehört zur gleichen Art und ist vom selben Forscher in der gleichen Gegend erbeutet und aufgenommen worden. Die Photographie zeigt nicht die mindeste Retusche und ist das menschenähnlichste Bild von einem Tier, das mir bekannt geworden ist. Niemand, der Sinn für Naturformen hat, wird sich dem geradezu rührenden Ausdruck entziehen können, den dieses kleine Wesen hat.

Auffallend ist, bei der fast menschlichen Form, die runzlige Haut, die auch andere Affenkinder haben, und die an den greisenhaften Hautcharakter auch der menschlichen Embryonen und Neugeborenen erinnert. Von dem spezifischen Formtypus erwachsener Pongiden ist sonst kaum eine Spur zu entdecken, es sei denn der leicht vorgeschobene Mund. Die ganze Erscheinung ist eine solche, die wir für Anthropomorphenkinder überhaupt als typisch ansehen müssen, an deren Stelle jedenfalls die bei menschlichen Kindern beobachtete allmählich getreten sein mag. Das Ohr ist allerdings, im Gegensatz zu dem Exemplar der vorigen Figur, wieder sehr groß, eine Besonderheit der meisten Schimpansen. Augen, Nase, Mund sind dagegen durchaus urtypisch für alle Anthropomorphen. Die *Schädelwölbung* ist normaler als die S. 94 abgebildete, kuppelförmige, und die freie *Stirn* besonders beachtenswert. Sie trägt zwar noch schütteres Haar, aber nicht das speziell ausgezeichnete, dichte

und verlängerte *Kopfhaar*, das man auch an Embryonen schon beobachtet hatte. Eine besondere Behaarung nimmt die Stelle des menschlichen *Bartes* ein, während die Vorderseite des Rumpfes fast kahl ist. Der Leib und Pelz der Mutter, an die das Junge sich vorn anklammert, versieht hier den Wärmeschutz.

Wenn der Mensch ein weitergebildeter Menschenaffe aus dem Kreise der Pongiden wäre, müßte man erwarten, daß die Entwicklung derselben sich ihm schrittweise nähern würde. Die obigen Bilder und die ganze Schädelentwicklung zeigen, daß in geradezu verblüffender Weise das Umgekehrte der Fall ist. Aber auch innerhalb der Familie nehmen die Unterschiede im Verlauf des späteren Wachstums zu; die frühen Jugendstadien haben noch die größte Ähnlichkeit; später kommen in steigendem Grade die Besonderheiten der einzelnen Gattungen, Arten und Varietäten zur Geltung. Von diesen sekundären Veränderungen darf nichts als typischer Pongidencharakter gelten, was auch ausbleiben kann, also jedenfalls nicht der Helmkamm des Gorilla u. dgl.

Unsere bisherigen Andeutungen dürfen keineswegs so aufgefaßt werden, als ob die frühe Jugend-

Fig. 4. Junges Kind (wohl noch Säugling) vom Kongo-Schimpansen: (*Pan Schweinfurthi*), ca. $\frac{1}{3}$ nat. Gr.

form (Fig. 4) etwa der erwachsenen Urform der Pongiden entspräche. Die geringe Entwicklung der Schnauzenpartie z. B. ist natürlich in der Unvollständigkeit des Gebisses mitbegründet, die auch bei niederen Säugern (Fig. 91) embryonal relativ kurze Kiefer bedingt, die später erst allmählich ihre volle Länge erreichen (in dem Maße nämlich, als die Zahnbildung fortschreitet). Tatsache ist aber, daß der Zahnbogen junger Pongiden (mit fertigem Milchgebiß) relativ breiter und kürzer ist als bei niederen Affen und ganz dem (erwachsenen) menschlichen gleicht; die Kiefer gestalten sich also nachträglich um, wobei die ganz besondere Größe der Zähne die Verlängerung, das starke Hervor-

treten der Eckzähne die charakteristische Winkelbildung bewirkt. Natürlich hat aber das Mindestmaß dieser sekundären Veränderung als urtypisch für die Familie zu gelten.

Ähnlich verhält es sich mit der relativen Verkleinerung der Hirnkapsel:

Von der jugendlich-menschenartigen Schädelwölbung ausgehend, kommen schließlich Zustände wie die des erwachsenen Orang- und Gorillamannes zustande (Fig. 8, 13, S. 93 und 96). Der Prozeß kann aber auch bei denen des Schimpansen (Fig. 2, 3, S. 94) stehenbleiben, die wir demnach für typisch halten müssen. Zur richtigen Beurteilung dieses wichtigsten Schädelmerkmals sind aber noch ein paar allgemeinere Feststellungen nötig, jedenfalls dann, wenn wir die Schlußfolgerungen später auf die Anthropomorphen überhaupt und damit den Menschen ausdehnen wollen:

Bei allen Wirbeltieren, insbesondere aber den Säugern, gelten gewisse Gesetzmäßigkeiten für das Verhältnis zwischen Gehirn- und Körpermasse:

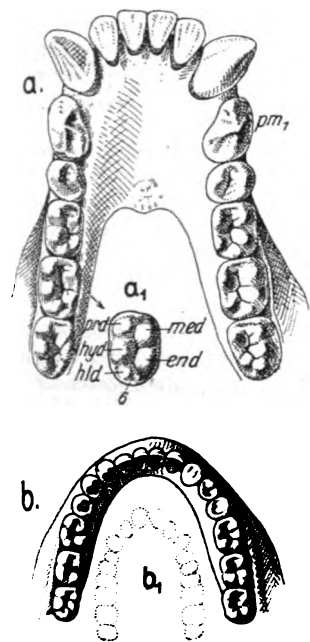
Unter Individuen einer Rasse oder den Rassen einer Art oder den Arten einer Gattung (usw.) haben die kleineren ein relativ größeres Gehirn. Dasselbe beträgt z. B. beim Riesenwal nur $\frac{1}{10\,000}$, beim Elefanten schon $\frac{1}{500}$ und beim Hund $\frac{1}{90}$ bis $\frac{1}{350}$ des Gesamtgewichtes. Beim Menschen $\frac{1}{46}$ bis $\frac{1}{35}$.

Unter den Affen sind die Unterschiede besonders auffallend. Während die großen Hundsaffen (Paviane) etwa auf die Proportionen des Haushundes sinken, steigt die Norm bei kleinen sogar über die beim Menschen beobachtete. Bei dem südamerikanischen Klammeraffen fand man das Gehirn $\frac{1}{15}$ des Körpergewichtes! Offenbar beansprucht unter sonst ähnlichen Bedingungen der größere Körper für seine Leistungen kein der Masse nach proportionales Gehirn. (Eine genaue Relation ist nicht festgestellt.) Doch übersteigt die Entwicklung desselben bei manchen Formen augenscheinlich den rein physiologischen Bedarf und dürfte dann eine Vermehrung der „Intelligenz“ bedingen. So wog ein Elefantenhirn mit 5 kg etwa $\frac{1}{500}$ des Körpers (also ganz unverhältnismäßig viel!), das eines Löwen mit 0,2 kg (vergleichsweise) $\frac{1}{546}$, das eines Orangmannes mit 0,4 kg $\frac{1}{183}$. (Vgl. DUBOIS 1916, Zeitschr. Morph. Anthr. v. 18.)

In der postembryonalen Entwicklung aller Säuger (und der meisten niederen Tiere) nimmt das relative Hirngewicht mit dem Wachstum rasch ab; es hat bei der Geburt seine gröbere morphologische Differenzierung abgeschlossen, auch beim Menschen. Beim Löwen fand man mit 5 Wochen das Gehirn von $\frac{1}{18}$ Körpergewicht, mit 3 bis 4 Monaten $\frac{1}{80}$, mit 11 Monaten $\frac{1}{184}$ und zuletzt (ausgewachsen) $\frac{1}{546}$. Ähnlich verhalten sich andere Typen.

Nun haben bei der Geburt die Säugetiere einen sehr verschiedenen, keineswegs entsprechenden Entwicklungsgrad erreicht und auch eine sehr ungleiche relative Größe. Nähere Vergleiche sind daher nur innerhalb enger Gruppen berechtigt. Alle Anthropomorphen verhalten sich ähnlich wie der

Fig. 5. Vorderteil des Unterkiefers mit Gebiß vom Gorilla und Menschen (nach SELENKA 1899, Taf. XXVII und XXX gezeichnet), $\frac{1}{2}$ nat. Größe. Man beachte zunächst den Zahnbogen als Ganzes, der beim Menschen (b) eine weit offene Hufeisenform mit divergierenden Ästen zeigt, beim Gorilla (a) aber, infolge der sekundären Verlängerung der Kiefer zur Aufnahme des viel massigeren Gebisses, relativ schmaler, fast parallelästig und durch die heraustretenden Eckzähne winklig geworden ist. Das ist eine bei allen Pongiden im Lauf der späteren Entwicklung sich einstellende Ver-



änderung, die von sehr menschlicher Jugendform ausgeht. Auch die Form der Zähne zeigt Besonderheiten; vor allem ist der hinter dem Eckzahn liegende erste Backenzahn (auf den der obere Eckzahn auftrifft) vergrößert und eigentümlich primitiv geformt. — Die Nebenfigur (a₁) schematisiert einen linken Mahlzahn, die für alle Anthropoiden (gegen heutige Hundsaffen) charakteristische (ältere!) Verteilung der Höcker zeigend, wie sie auch beim Menschen noch mehr oder minder deutlich zu erkennen ist. Die 2. Nebenfigur (b₁) zeigt (punktiert) den Zahnbogen (Oberkiefer) von *Callicebus*, einem Neuweltaffen; $\frac{1}{2}$ nat. Größe. (Nach GREGORY 1922, Taf. 11, Fig. 184.) Das ist die für Simiae als urtypisch anzusehende Form, wie sie schon bei den Halbaffen unter Verkürzung des Kiefers und Verbreiterung erreicht wird. Der Verlust der vordersten Backenzähne bei den Vorfahren der Schmalnasen mußte noch eine weitere relative Verkürzung bringen und den Zahnbogen der menschlichen Norm nähern. In der Tat zeigen auch kleinere und weibliche Altweltaffen ein derartiges Verhalten, im Gegensatz zu ihren größeren und männlichen Genossen. Auch der älteste Anthropomorphe (*Propliopithecus*) zeigt ähnliche Verhältnisse, unter weiterer Annäherung an die menschliche Form.

Mensch, soweit die spärlichen Beobachtungen an Pongiden urteilen lassen; bei der Geburt dürften auch die relativen Hirngewichte recht ähnlich sein und viel bedeutender als bei absolut gleich großen (gleich schweren) anderen Säugern. Mit 2 bis 4 Jahren beträgt der Index bei Pongiden noch $\frac{1}{22}$ bis $\frac{1}{25}$, beim Menschen $\frac{1}{16}$ bis $\frac{1}{18}$ (Wiedersheim). Später sinkt diese Zahl beim Orangmann auf $\frac{1}{183}$, beim Schimpanse auf $\frac{1}{75}$, beim Menschen auf $\frac{1}{46}$.

Das Wachstum des großen und hochorganisierten Gehirns bleibt also bei Pongiden bald zurück, während es beim Menschen, obwohl in der Hauptsache ebenfalls mit dem 3. Jahre vollendet, langsam bis zum 20. weitergeht. Dafür ist die sekundäre Steigerung der Körpermasse bei Pongiden viel bedeutender, insbesondere beim Orang- und Gorillamann. Der erstere erreicht etwa das Gewicht eines normalen Europäers, der letztere weit mehr (bis 350 kg; vgl. BREHM). Ihre Gehirne werden 0,4 bis 0,5 kg schwer. Dabei sind die *entsprechenden* jugendlichen Stadien wesentlich kleiner als die des Menschen (vgl. Fig. 6 u. 14 mit S. 91¹⁾ und 95), ihre

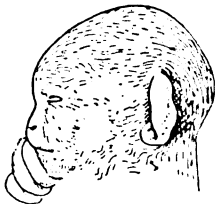


Fig. 6. Kopf eines nahezu ausgetragenen Embryos von *Presbytis auratus* (*Semnopithecus maurus*), eines meerkatzenartigen Hundsaffen von Java. $\frac{1}{3}$ nat. Größe. Nach SELENKA 1892, Taf. 40, Fig. 5; umgezeichnet. Die rechte Hand beinträchtigt etwas das Bild der Kinnggend. Das übrige Profil

ist genau zu erkennen und auffallend menschenähnlich, wie bei allen Simiae auf entsprechendem Stadium. Man beachte vor allem die schöne Kurve des Hirnschädels! Auch die Ohrmuschel gleicht bei diesen und vielen anderen Affengattungen durchaus menschlichen „Hemkelohren“; ihre verbogene Form ist auf Rechnung des Präparats zu setzen.

typische (ursprüngliche) Größe ist sicher weit geringer, höchstens der des Schimpansen gleich (aufrecht etwa 1,2 m). Der Sondercharakter der Pongiden innerhalb des Kreises der Anthropomorphen besteht überhaupt in einer sekundären Steigerung der Körperkraft, Gewandtheit und natürlichen Wehrhaftigkeit, unter Verzicht auf die Erhaltung und Weiterbildung höherer Leistungen. Alle Beobachter sind darüber einig, daß die jungen Tiere weit intelligenter sind, als die alten.

Eine weiter ausgreifende Untersuchung würde zeigen können, daß schon auf der Stufe der Anthropoidea (*Hylobatidae*), ja der der Simiae (Hundsaffen) stark menschenartige Verhältnisse des Hirnschädels sozusagen *vorbereitet* waren, wie die obenstehende Figur dartut. Dieselbe stellt nämlich nicht etwa eine seltsam menschenähnliche Art dar, sondern das urtypische Verhalten der Alt- und Neuwelt-

¹⁾ Zu dieser Figur ist einschränkend zu sagen, daß beim Orang die sekundäre Schnauzenentwicklung schon vor der Geburt kräftig einsetzt, im Gegensatz zu Schimpanse und Gorilla. (Vgl. die Fig. S. 93.)

affen, das also in der Anlage längst da war, ehe es sich (beim Menschen) zum dauernden und funktionierenden Zustand erheben konnte.

Statt so weit auszuholen, wollen wir zunächst den Kreis der *Anthropomorphae* in seiner *Gesamtheit* ins Auge fassen, d. h. Pongiden und Hominiden nebst ihrem problematischen fossilen Anhang. Die weitaus *älteste* Form dieses Kreises ist *Propliopithecus Haeckeli* aus dem mittleren Tertiär (unt. Oligocän) Ägyptens, von dem SCHLOSSER 1911 den auf Fig. 7d dargestellten Unterkiefer beschrieben hat. Man könnte nun glauben, daß mit einem so unvollständigen Rest nicht viel anzufangen wäre; eine genaue Untersuchung und Vergleichung und eine wenn auch nur annähernd richtige Ergänzung ergeben aber ein anderes Resultat: 1. Es handelt sich um einen echten Anthropomorphen in unserem Sinn (Fig. 16), nicht etwa (wie angenommen wird) einen Anthropoiden überhaupt; das beweist der hohe Gelenkast¹⁾.

2. Dieser Anthropomorphe entbehrte durchaus der Spezialisierungen des Gebisses, wie sie für Pongiden im Gegensatz zu Hominiden charakteristisch sind, insbesondere sind seine Eckzähne nicht wesentlich vergrößert, die Schneidezähne nicht schräg gegen vorn gerichtet; wir müssen daher ein etwa urmenschliches Kinn ergänzen.

3. Auch der Zahnbogen steht zwischen dem wenig spezialisierten niederer Affen (Fig. 5b) und dem des Menschen; er ist²⁾ hufeisenförmig gekrümmt, mit rückwärts leicht divergierenden Schenkeln; das ergibt zusammen mit dem stark und breit aufsteigenden Kieferast und der dadurch bestimmten Bildung des Oberkiefers eine vormenschlich geräumige Mundhöhle (Sprache!).

4. *Propliopithecus* ist nicht nur die zeitlich älteste und zugleich in den bekannten Teilen menschenähnlichste (vorhominide) Anthropomorphform, sondern zugleich in dem Sinne primitiv, daß er an niedere älteste Primaten in bestimmten Einzelheiten der Zähne (Basalband) erinnert, die unter höheren nirgends mehr ebenso deutlich auftreten (vgl. immerhin *Propliopithecus*!).

Propliopithecus ist zugleich der *kleinste* bekannte Anthropomorphe. Wenn wir für die Herleitung der Pongiden, Australopitheciden und Hominiden eine ideale Urform konstruieren müßten, würden wir auch in diesem Punkte nicht anders bestimmen können, als das Fossil es tut, dessen Rekonstruktion also auch darin mit der Konstruktion des Urtypus des ganzen Kreises völlig zusammenfällt.

Die Ergänzung des Gesichtsschädels von *Propl.* ist durch den Unterkiefer weitgehend bestimmt;

¹⁾ Auch die jüngere Form *Propliopithecus antiquus* aus dem europäischen Miocän und Pliocän gehört hierher, zeigt aber z. T. bereits deutlich ausgesprochene Pongidenmerkmale. Mit *Hylobatiden* hat sie nur urtypische Züge gemein, keine auf spezielle Verwandtschaft weisenden!

²⁾ Nach einem Gipsabguß im zool. Museum in Zürich.

darüber hinaus sind die vorstehend skizzierten Tatsachen und Überlegungen zu berücksichtigen. Die relative Größe des Hirnschädels muß die der Pongiden übertreffen, weil eine viel kleinere Form gegeben ist, und die gleichgroßen Hylobatiden, weil

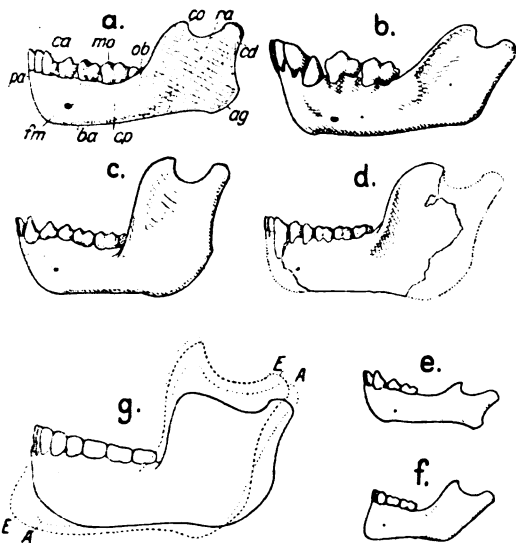


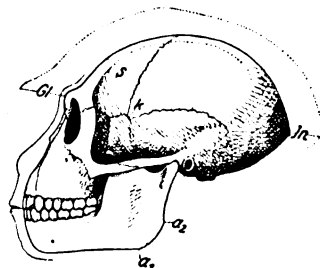
Fig. 7. Unterkiefer verschiedener Anthropoiden in genauer Profilsansicht, zum Vergleich mit der ältesten Form der Anthropomorphen (d) im allgemeinen und der Hominiden im besonderen (g). Man beachte die auffallende Übereinstimmung!

a) *Junger Gibbon* (Exemplar der Fig. 5, S. 92), $\frac{1}{2}$ nat. Größe. Urtypische Kieferform der Anthropoiden! b) *Junger Schimpanse* (Exemplar der Fig. 9, S. 94), $\frac{1}{2}$ nat. Größe. Urtypische Jugendform der Anthropomorphen! c) *Gorillaweib* (Exemplar der Fig. 13, S. 96), $\frac{1}{5}$ nat. Größe. Urtypische Kieferform erwachsener Pongiden (vgl. aber auch Fig. 10, S. 94). d) *Propliopithecus Haeckeli* aus dem unteren Oligocän des Fayum (Ägypten), die punktierten Teile von mir ergänzt. Man beachte die menschlich regelmäßigen Zähne! $\frac{1}{2}$ nat. Größe. Urtypische Kieferform erwachsener Anthropomorphen! e) Jüngstes Gibbonkind (Exemplar der Fig. 5, S. 92), $\frac{1}{2}$ nat. Größe. Urtypische Form aller Simiae auf frühen Stadien! f) Etwa 3jähr. Menschenkind (vgl. Fig. 141), $\frac{1}{4}$ nat. Größe. g) *Protanthropus Heidelbergensis* ($\frac{1}{4}$). Der älteste sichere Hominidenkiefer aus dem Anfang der Eiszeitperiode. Zum Vergleich sind punktiert darüber gezeichnet: 1. das Profil eines normalen Europäer- (E), und 2. eines eben solchen Australier-(A)-Kiefers ($\frac{2}{5}$); ferner der Durchschnitt in der Mitte der Kinnggend, der sehr deutlich von dem bei Pongiden (c) beobachteten Verhalten abweicht, was durch den Ansatz bestimmter Muskeln der Zunge (Sprachel) bedingt ist. Man unterscheide bei Fig. a die typischen Teile eines Säugetier-Unterkiefers, der in Körper (cp) und aufsteigenden Ast (ra) zerfällt. Das Gebiß besteht hier zunächst aus den 5 Milchzähnen: Eckzahn (ca), davor 2 Schneidezähne, dahinter 2 Backenzähne (Milchmolaren), mo ist der erste bleibende Mahl Zahn, pa der zahntragende Teil, fm ein Loch für die Nerven und Gefäße des Kinns. ba Basis, ag Processus angularis, cd Proc. condyloideus, co Proc. coronoideus, ob Linea obliqua.

eine höhere Stufe vorliegt; doch darf die Wölbung die der ältesten Hominiden (*Pithecanthropus*) wohl nicht deutlich übersteigen. Sie ist damit ebenfalls ziemlich fest bestimmt.

Eine besondere Beachtung verdient die punktierte (obere) Schläfenlinie (S). Sie bezeichnet die Grenze, bis zu der ein starker Kaumuskel, vom Kronfortsatz des Unterkiefers ausgehend, an der Seite des Schädels nach oben reicht. Je mächtiger das Gebiß, desto stärker ist auch dieser Muskel und desto höher greift er nach dem Scheitel. Da nun die Kraft eines Muskels von seinem Querschnitt abhängt, würde er unter sonst gleichen Bedingungen bei der bloßen einfachen Vergrößerung eines Tiertyps (unter Wahrung geometrischer Ähnlichkeit) seiner Aufgabe nicht mehr genügen können; denn die Beanspruchung steigt etwa mit der Masse des Tieres. Darum nimmt er dabei unverhältnismäßig zu, was hier bedingt, daß sich der Kaumuskel an der Schädelseite ausdehnt, wobei zugleich die Schläfenlinie zur Leiste und Kante wird, die schließlich bis zum Scheitel hinaufreißt. Dieser Prozeß ist schon

Fig. 8. Rekonstruktion des Schädels von *Propliopithecus*. $\frac{1}{3}$ nat. Größe. Die Figur gibt Vorstellungen wieder, wie sie durch eine methodische



Vergleichung des gesamten rezenten und fossilen Materials zustande kommen müssen, wenn wir berücksichtigen: a) daß *P.* der älteste bekannte Anthropomorphe ist; b) daß sogar echte Hundsaffen aus älterer Zeit nicht bekannt geworden sind, so daß die Wahrscheinlichkeit, daß sich noch wesentlich ältere Menschenaffen finden sollten, äußerst gering ist; c) daß alle an *P.* beobachteten Merkmale auch aus rein morphologischen Gründen für seinen Kreis als ursprünglich angesehen werden können und z. T. müssen. Es treffen daher die Konstruktion einer idealen Urform der Anthropomorphen, wie sie nach den Prinzipien vergleichender Morphologie möglich ist, und die Ergänzung dieses Fossils weitgehend zusammen. Andererseits ergibt ein Vergleich mit den Fig. 5, 7, 8, 10, 12, S. 92–95, daß *P.* über die Stufe der *Hylobatiden*, d. h. der Anthropoiden im weiteren Sinne, hinaus ist. Man beachte den viel niedrigeren Unterkiefer bei Fig. 7a, c, den auch jüngste Anthropomorphen besitzen, aber später umbilden (Fig. 1, S. 91 z. B.). Die punktierte Linie über dem Scheitel ist die Kurve der *Pithecanthropus*kalotte in $\frac{2}{5}$ nat. Größe (vgl. Fig. 2, S. 91).

bei niederen Säugern im Gang und bringt unabhängig von besonderer Verwandtschaft auf ähnlicher Grundlage ähnliche Resultate hervor.

Schon bei Hundsaffen können die Schläfenleisten am Scheitel ziemlich nahe (seltener völlig) zusammenkommen, bei den primitiven Anthropoiden (*Hylobatidae*) geschieht dasselbe, natürlich im Verlauf des individuellen Wachstums. Die Fig. 5 S. 92 zeigt, daß zuletzt der Scheitel kaum noch über die

sehr deutliche Schläfenlinie hinausragt. Bei Anthropomorphen verzögert sich der Prozeß in unverkennbarer Annäherung an den Menschen. Man vergleiche S. 93 und 95 die Bilder des jungen Orang und Gorilla! Trotz bedeutender Körpergröße ist der Schläfenmuskel noch auffallend mäßig entwickelt, der Beißapparat also sozusagen zurückgestellt. Sogar der bedeutend größere Schimpanse geht oft kaum so weit wie die (heutigen) Hylobatiden. Um so weniger dürfen wir das von der (kleineren!) Urform der Anthropomorphen annehmen!

Bei männlichen Pongiden stoßen allerdings später die Schläfenlinien, zunächst im hinteren Teil, auf dem Scheitel zusammen und aus der auch beim Schimpanse hier (bei größten Exemplaren) gebildeten Leiste entwickelt sich beim Orang und Gorilla der charakteristische *Helmkamm*, der also die Folge

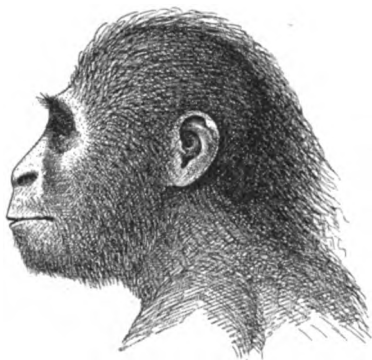


Fig. 9. Rekonstruktion des Profilbildes von *Propliopithecus* bzw. der Urform aller Anthropomorphen nach den Voraussetzungen, die für die vorige Figur gemacht wurden. Natürlich spielt hier etwas Phantasie mit, neben systematisch-morphologischer Abstraktion. Doch sind auf Grund feststehender Tatsachen folgende Züge für Anthropomorphen durchaus als ursprünglich anzusehen und bestimmen damit das Bild weitgehend: Vormenschliche Bildung, Stellung und Umrandung der Augen (Augenbrauen, Lider, Wimpern usw.). Freier Nasenrücken, aufwärts gezogene Nasenlöcher, Oberlippenhaar, Mangel verbreiteter (roter) Lippen. Kinnhaare, im übrigen von stärkeren Haaren entblößtes Gesicht und relativ freie Stirne. Stärkerer Haarwuchs auf Kopfdach und Wangen. Menschlich eingerollter Ohrtrand, Ohrfläppchen. Vgl. die Fig. 4 eines typischen Anthropomorphen-(Pongiden-)-Kindes, wie es auch bei *Propl.* anzunehmen ist.

gesteigerter Körpergröße bei zugleich mächtiger Beißmuskulatur ist. — In ähnlicher Weise entsprechen die auf den Fig. 8, 10, 13, S. 93, 94 und 96 zu erkennenden Hinterhauptswülste den Nackenmuskeln, die das schwere und vornüberhängende Haupt im Gleichgewicht halten. *Propliopithecus* bedurfte auch ihrer nicht mehr als die jungen Pongiden, und seine dadurch bedingte Menschenähnlichkeit nähert ihn nur insofern in besonderer Weise den Hominiden, als der Weg zur Menschwerdung bei ihm noch nicht durch spezielle, abseitige Anpassungen verbaut erscheint.

Schon SCHLOSSER hatte (1911) erkannt, daß *Propl.* wie keine andere Form geeignet ist, den gemeinsamen Ursprung von Pongiden und Hominiden zu erhellen. Im einzelnen weicht seine stammesgeschichtliche Auffassung des Verhältnisses der Gruppen stark ab.

Auch unsere Vorstellungen von der typischen Bildung der Weichteile sind unter den gemachten Voraussetzungen ziemlich eindeutig bestimmt und durch Fig. 9 zum Ausdruck gebracht worden. Dieselbe gibt jedenfalls eine Form wieder, die in denkbar natürlichster und einfachster Weise die Herleitung der bei den Anthropomorphen anzutreffenden Typen erlaubt. Obwohl auch hier eine sekundäre Entwicklung nach dem allgemeinen Schema (S. 93, 94) angenommen ist, wurde offenbar viel weniger als bei Pongiden von dem primären, kindlich-vormenschlichen Typus preisgegeben.

Biologisch gesehen liegt hier ein viel harmloserer, wehrloserer Tiertypus vor als bei den *späteren* Menschenaffen, Langarmaffen, ja auch Hundsaffen. Er hatte ja weder mit ihrer Konkurrenz noch mit der Bedrohung durch hochentwickelte Raubtiere zu rechnen, von denen nur erste Vorläufer (in Afrika) etwa zu gleicher Zeit auftreten! Aufrechter Gang dürfte wie bei den Hylobatiden überhaupt eine der normalen Bewegungsarten gewesen sein. Jugendliche Hyl. dürften im ganzen ein richtiges Bild vom natürlichen Wesen dieses Urmenschenaffen geben. Doch können ihm deren gesteigerte Turner- und Kletterkünste ebenso wenig wie andere Spezialisierungen zugeschrieben werden, andererseits stand seine Schädelbildung dem Menschen um eine deutliche Stufe näher, was an eine spielerische Vielseitigkeit der ganzen Lebensbetätigung denken läßt.

(Schluß folgt.)

Fragen zur Mechanik der Erdkrusten-Struktur.

Von EDW. HENNIG, Tübingen.

Wer je einen Steinbruch betreten hat, in welcher Felsart auch immer, hat bemerken können, daß glatte Wände auftreten, längs derer die Erd- oder Steinmassen niederbrechen. Als das Gestein noch an ihnen haftete, waren es also Spalten, die hindurchsetzten. Der Steinbrucharbeiter weiß sie sich nutzbar zu machen. Zuweilen fällt auf, daß in zwei Richtungen, die vom rechten Winkel miteinander nicht fern zu bleiben pflegen, solche senkrechten Klüfte auftreten, daß zwei Systeme ein-

ander durchkreuzen, die Spalten sich in gewissen Abständen wiederholen. Daß hier Risse vorliegen, die der mechanischen Beanspruchung der Erdkruste im weiteren Bezirke ihren Ursprung verdanken, ist unschwer einzusehen. Welcher Art aber diese Einwirkung ist, ergibt sich dem Fragenenden nicht alsbald.

Auch im härtesten Gestein, dort sogar zuweilen besonders klar, machen sich die Linien geltend. Ja hier tritt oft genug noch eine dritte Richtung

auf, die quer zu den einander im rechten Winkel schneidenden, senkrecht stehenden Spalten steht, also mehr oder weniger wagerecht gelagert ist. Der Granit wird gern als „richtungslos körnig“ bezeichnet. Sind die Augen erst auf die Erscheinung eingestellt, so gewinnt er aber schon rein landschaftlich einen sehr deutlich struierten Charakter. Am auffälligsten wird es vielleicht bei einzeln herausgewitterten Felspartien. Die bekannten „Schnarcher“ im Harz, die „Steine“ auf dem Riesengebirgskamm, die Felstürme auf den Höhen des Fichtelgebirges zeigen unzweideutige Würfelform. Durch Verwitterung ringsum gerundet erscheinen die ursprünglich vierkantigen Blöcke sehr bald in der bekannten Gestalt aufeinandergepackter „Wollsäcke“. GOETHE ist es wieder einmal gewesen, der an Hand einiger schlichter Zeichnungen auf den sich unmerklich abspielenden Vorgang aufmerksam machte. Bis dahin hatte man in derlei Block- und Felsenmeeren die Trümmerhaufen tumultuarischer Kräfte zu sehen geglaubt: vulkanische Kräfte sollten mit den Riesensteinen Würfel gespielt, sie aufeinander geschleudert haben. Seinem ruhig-intuitiven Blick, seinem „Aktualismus“ entschleierte sich der langdauernde friedliche Vorgang spielend. Kaum begreiflich, daß man die Zusammenhänge vorher hatte übersehen können: Kolumbus-Ei! Noch unbegreiflicher, daß es nochmals 100 volle Jahre schnellster Entwicklung der Naturwissenschaften dauerte, bis wir dasselbe allenthalben in Granitgebirgen sehen lernten! Heut messen wir Fallen und Streichen der granitischen Leitlinien fast wie bei irgendeinem Schichtgestein, und der einmal erwachte Blick kann sich kaum mehr in den vorherigen Zustand zurückversetzen.

Die Steinhauer wissen mehr: auch das unzerklüftete Granitgestein gehorcht jenen Linien; in gewissen Richtungen spaltet es sich bedeutend leichter, und wieder schneiden die drei Richtungen des Raumes in drei aufeinander senkrecht stehenden Systemen Würfel aus dem Rohmaterial. Zwei von diesen zeichnen sich vor der dritten sogar gern durch eine stärkere Spaltfähigkeit aus. So ist es nicht wunderbar, daß die Praxis dieser einfachen Leute aus der sprachlichen Schöpferkraft des Volkes heraus besondere Bezeichnungen gewählt, neue feine Wortbildungen hervorgebracht hat. Unsere Bergmannssprache ist die Mutter der geologischen Fachausdrücke; der Born sprudelt noch immer. So wird die horizontale Spaltbarkeitsfläche oder Kluft in Deutschland allenthalben als „Lager“ bezeichnet, eine deutliche und berechtigte Erinnerung an Bodenschätze in ungestörten Schichtgesteinen. Die andere, gleichfalls gute Spaltfähigkeitsrichtung heißt in den einzelnen Gauen verschieden, ebenso auch die dritte, schlechter spaltende Richtung, wobei insbesondere das Wort „Unspalte“ eine unnachahmliche Treffsicherheit atmet. Ich verdanke Herrn cand. geol. HEERMANN die folgende Zusammenstellung:

		Schlesien	Harz	Schwarzwald
Gute Spaltbarkeit	1. wagerecht	Lager	Lager	Lager
	2. senkrecht	Faser	Spalte	Gang oder Stich
Schlechte Spaltbarkeit	3. senkrecht	Kopf (Hirnseite)	Unspalte	Stutz

Das Verdienst, den Sinn der eigenartigen Erscheinung erkannt und sie wissenschaftlich tief-schürfend ausgedeutet zu haben, gebührt Prof. CLOOS-Breslau. Die gute Spaltbarkeit ist in einer feinen inneren Baueigentümlichkeit begründet; zuweilen kann diese sehr deutlich werden, indem sich auf den zugehörigen beiden Flächen einzelne Mineralien in einer bestimmten Richtung gestreckt oder angeordnet finden, ebenso kleinere Schlieren oder Fremdgesteinsschollen, die der granitische Gesteinsbrei unaufgeschmolzen aufnahm.

Diese einheitliche Streckung bedeutet Ausweichmöglichkeit bzw. Wachstumsmöglichkeit in vorbedingter Richtung. Und zwar geht die Bedingung aus von dem in der Erdkruste herrschenden seitlichen oder tangentialen Druck. Solcher herrschte nachweislich schon während der Erstarrung so mancher unserer Tiefengesteinsmassive. Es ist klar, daß sich in seiner Wegrichtung die einzelnen Mineralkristalle am wenigsten entwickeln konnten, quer dazu die Hindernisse am geringsten sein mußten. Längs der einzelnen Mineralplättchen oder -nadeln wird nunmehr das Gestein am leichtesten aufgespalten oder wird es schon beim Erkaltungs- und Schrumpfungsprozeß Risse erhalten haben. Zudem hat altes Erstarrungsgestein natürlich ständig weitere Beanspruchung erfahren so gut wie jüngere Sedimente.

Nicht nur die potentielle Spaltbarkeit aber hat zu tatsächlichem Aufreißn geführt, sondern wir stellen fest, daß auch quer dazu, d. h. aber parallel der wirkenden Hauptkraft, Klüfte entstanden sind, die eben nur „Unspalten“ mit rauheren Wänden werden konnten. CLOOS hat sie, als rechtwinklig zur Streckung stehend, *Quer- oder Q-Klüfte* genannt gegenüber den *Streckungs- oder S-Klüften* und dem angenähert horizontalen *Lager (L-Klüfte)*. Es spricht sich in ihnen ein Zerbersten selbst ohne strukturelle Vorbestimmung aus, das ein Zerreißen (oder selbst Zerrung) unter höchster Druckbeanspruchung genannt werden kann und nicht selten mit spannender Aufwölbung im Zusammenhang steht. Mit gewisser Vorliebe sind es gerade die Q-Klüfte, welche sich mit magmatischem Nachschub oder in Sedimenten als Calcitadern mit chemischen Absätzen erfüllt zeigen. Denn quer zum Druck ist ja weiteres Klaffen ausgeschlossen, also eine geringere Aufnahmefähigkeit gegeben. Der Druck preßt die Wände der Haarspalten aneinander, wo immer er sie seitlich trifft. Es ist leicht einzusehen, daß solche Betrachtung für den Bergmann und seine ererfüllten Gänge nicht ohne

praktische Bedeutung bleiben kann. Bis vor kurzem wurde meist nur den vergleichsweise wenigen Klüften Beachtung geschenkt, an denen sich Nachbarschollen gegeneinander bewegt hatten, den Verwerfungen. Sie sinken jetzt zur Bedeutung des bloßen Spezialfalles herab.

Nun haben die Hauptdruckkräfte der Erdrinde im Laufe langer geologischer Zeiten ihre Richtung gelegentlich gewechselt. Es ist also klar, daß die Natur, mindestens in älteren Gesteinen, selten eindeutig dem gegebenen Schema entsprechen wird. Noch weitere Komplikationen aber entstehen durch Aufspaltung der Druckkräfte im Parallelogramm: auch schräg zum Normaldruck stellen sich Risse ein; sie werden gegenüber den CLOOSSchen die MOORSchen Flächen oder Klüfte genannt und waren in der Mechanik bekannt, ehe CLOOS sie in der Erdhaut nachzuweisen unternahm.

Was sich im mikroskopischen Schlibfbilde, im Gesteinshandstück und über größere Massive regional verfolgen und sinnvoll verknüpfen ließ, lockt nun, den Blick noch weiter schweifen zu lassen. Im Antlitz der Erde sind längst große Züge bekannt, deren Gesetzmäßigkeit leicht aufzuweisen, schwer in letzten Gründen einzusehen ist. Die Kontinente zeigen sich nach Süden zugespitzt; wie für die Südenden von Afrika, Südamerika, Australien gilt es von Indien, von Grönland. Im Innern der Festländer, im Verlauf der Meeresküsten lassen sich Parallelen finden. Die alte Welt, doch nicht sie allein, zeigt sich beherrscht von tektonischen Leitlinien: vor allem Mitteleuropa und ganz Afrika weisen zwei Hauptstreichrichtungen für Verwerfungen und kleinere Fältelungen auf und verraten diesen Bau auch morphologisch weitgehend, eine SO—NW- (herzynische bzw. erythräische) und eine SW—NO- (niederländische bzw. Somali-) Richtung. Unsere mitteldeutschen Gebirge (Harz, Thüringer Wald) zeigen gern erstere im Umrißbilde, letztere im Streichen der Schichten oder Falten. Es war ungenau, wenn man zunächst meinte, erstere allgemein als junge Auswirkung der tertiären, letztere als alleiniges Überbleibsel der karbonen Faltungsrichtung ansehen zu müssen. Das Schwergewicht mag sich in diesem Sinne etwas verschoben haben, fremd ist keine der beiden Streichrichtungen jenen zwei Faltungsakten. Insgesamt sind sie Zwillingerscheinungen. Die geradlinige Fortsetzung des uralten Böhmisches-Bayrischen Waldgebirges mit seinem eigenartigen „Pfahl“, der massiv herausgemeißelten Quarzfüllung einer streichenden Spalte, über Fichtelgebirge—Frankenwald—Thüringer Wald, die, erst im Tertiär aus ganz anderen Zusammenhängen gelöst, diese morphologische Erstreckung erhielten, bis zu den schon zur Kreidezeit angelegten Ketten des Wesergebirgslandes, ja bis in die vorspringende Ecke der noch in Bildung begriffenen Nordseeküste hinein zeigt die zeitliche Mannigfaltigkeit in der tektonischen Gemeinsamkeit aufs klarste. Schon 1892 hat EDUARD SUESS

mit seinem alles klärenden Blick die beiden Streichrichtungen, die sich in unserem Boden vergittern, als Aufspaltung einer beherrschenden S-N-Kraft angesprochen! Die strukturell-immamente Vorbestimmung eines schon unter Druck erstarrten Tiefengesteins fällt bei der inhomogenen Zusammensetzung der vielfach sedimentär aufgebauten größeren Erdkrindenteile ja fort, das stärkere Hervortreten diagonalen Richtungen hätte also nichts durchaus Unbegreifliches an sich.

Die S-N-Richtung selbst kennen wir aus ganz anders gearteten Narben im Antlitz der Erde: die großen Grabenzonen Ostafrikas und Westeuropas werden von ihr mindestens beherrscht, wenn sie auch gern gegen die schrägen NW- oder NO-Komponente hin abschwanken. Von Südafrika her aus Natal durch Mozambique, die zentral- und ostafrikanischen Seenketten bis nach Abessinien, durchs Rote Meer, den Golf von Akaba und das Jordantal hinauf weit nach Syrien hinein, können wir das größere der beiden Systeme verfolgen. Das Rhonetal aufwärts, die Oberrheintalebene entlang, unter dem Vogelsbergvulkangebiet hindurch bis in die Kasseler Senke hinauf zeigt sich ein europäisches Gegenstück mit zahlreichen Parallelen zeitlicher und genetischer Art und mit ähnlichem seitlichen Abspringen.

Abgeschnitten und getrennt werden beide durch den mediterranen Faltengürtel, der als Ganzes wesentlich O-W-Erstreckung hat. Er ist nur Erbe und Ergänzung eines gleichgebauten, gleichgewunden verlaufenden, insgesamt aber ebenfalls O-W gerichteten jungpaläozoischen Vorläufers. Hier enthüllte sich, unserem Fassungsvermögen zeitweilig geradezu vorausseilend, jenes ungeheure Übermaß gebirgsbildender Faltungskräfte, die uns heute den alpinen Bautyp der Kettengebirge kennzeichnen. Ein Zusammenschub um Hunderte von Kilometern ist unserem Blick ersichtlich geworden, keine kühne Hypothese mehr. *Um den entsprechenden Betrag müssen sich Afrika und Europa einander genähert haben.* In S-N- und N-S-Richtung walten Schub und Gegendruck, wenn auch allseitige Einspannung in alte Rahmenmassive und entsprechend geringere Bewegungen und Faltenvergitterung in anderen Richtungen (besonders auch ostwestlich) stratigraphisch, tektonisch und morphologisch nunmehr festgelegt sind.

Quer zum Hauptdruck die Streckung:

Hochgebirgsketten = *S-Linien*;
wagrecht und oft in sich verbogen
und aufgewölbt: Überschiebungs-

flächen = *L-Linien*;
parallel dem Hauptdruck die Zer-

reißung: Grabenbrüche, besonders gekennzeichnet durch vulkanische Ausfüllung = *Q-Linien*;

diagonal aufgespalten die Bruchlinien aller Art, oft genug mit Blattverschiebung und seltsamen

Zerrungen = *Mohrsche Linien*.

So drängt sich eine Übertragung empirisch gefundener Strukturen und ihrer theoretischen

Deutung ins Gesamterdbild auf. Die Ursache des N-S-Druckes aber ließe sich in der durch Polabplattung, d. h. Rotation bedingten Deformierung des Erdballes unschwer vermuten.

Nur stehen wir mit derartiger Fragestellung noch durchaus im Stadium der Arbeitshypothese und dürfen unseren Blick vor Gegenargumenten nicht verschließen: Läßt sich die pazifische Welt solchem Vorstellungskreise ungezwungen ein-

gliedern? Wie erklären sich die abweichenden Streichlinien des Altpaläozoikums und noch älterer Perioden, wo finden wir Anzeichen oder Wirkungen etwaiger Polverlagerungen? Natürlich muß auch der Riesenkomplex von Problemen wie Kontinentalverschiebung, Kontraktionstheorie, Isostasie, Schwereverteilung usw. sein Echo finden. Es sei einstweilen am bloßen Fragezeichen genug.

Neue Wege der Quantentheorie.

Von A. LANDÉ, Tübingen.

Vor kurzem erschienen in der Zeitschr. f. Physik einige Untersuchungen von HEISENBERG, BORN und JORDAN, die einen gewissen Abschluß der Bemühungen bilden, durch eine in sich geschlossene *Quantenmechanik* die inneren Widersprüche der bisherigen halbklassischen, halb quantentheoretischen Grundsätze der Atomphysik zu überwinden.

Ein Hinweis auf die Unzulänglichkeit der üblichen Quantenregeln bei atomaren Elektronensystemen wäre kaum nötig, wenn wir uns noch im Jahre 1913 befänden, in welchem BOHR seine Grundpostulate veröffentlichte. Denn der damals allgemeine Widerspruch des physikalischen Gefühls gegen die Kühnheit der BOHRschen Annahmen hat sich erst allmählich unter dem Eindruck ihrer großen Erfolge in einen Glauben an die Unfehlbarkeit der Grundannahmen verwandelt. Erst die in letzter Zeit sich häufenden, mit der Theorie nicht in Einklang zu bringenden Einzelerfahrungen (die „Anomalität“ des Zeemanneffektes, die Unganzzahligkeit und Zweideutigkeit der Quantenzahlen, das Versagen der Störungstheorie u. a. m.) haben allgemein zu der von BOHR schon lange vorher ausgesprochenen Überzeugung geführt, daß die Grundpostulate wesentlich abzuändern sind. In der Tat: erst Lösung der Bewegungsgleichungen des Atommodells im Rahmen der klassischen Mechanik, dann Einschränkung der zugelassenen Bewegungen durch Quantenvorschriften, endlich Berechnung der Strahlungsfrequenzen aus den Energiesprüngen und Abschätzung der Intensitäten mit Hilfe korrespondenzmäßiger Überlegungen, dies alles bedeutet eine Reihe miteinander organisch gar nicht verbundener Rezepte, die der Natur gewiß nicht angemessen sind und die doch, wie der Erfolg zeigt, einen wahren Kern enthalten müssen, wenn auch belastet mit überflüssigem Beiwerk.

Es war deshalb ein Schritt von großer Tragweite, als bei der Suche nach einer Abänderung der Theorie die scharfe Fragestellung erhoben wurde, welche Bestandteile der BOHRschen Grundannahmen denn eigentlich zur Deutung der spektroskopischen *Erfahrungen* verwendet werden, und welche Züge der Theorie in der Erfahrung kein Gegenstück finden und somit abänderungsfähig oder überflüssig sind. Schon vor Jahren hat BORN gesprächsweise die damals ketzerische Ansicht vertreten, daß die raumzeitlich ablaufenden me-

chanischen Atommodelle keine physikalische Realität besitzen, d. h. durch keine *Erfahrung* gestützt werden; denn die Erfahrung gebe Auskunft nur über Zustandsenergien (Termwerte), Frequenzen und Intensitäten, niemals aber über momentane Lagen und Geschwindigkeiten der Elektronen; Momentanphasen seien vielmehr *prinzipiell unbeobachtbar*¹⁾, und alle Bilder über die raumzeitlichen Änderungen der Momentanphasen, also alle Modellvorstellungen, seien somit überflüssig oder gar mit den Beobachtungen unvereinbar.

Die großen Erfolge der BOHRschen Modellvorstellungen lenkten jedoch zunächst von einer Weiterverfolgung dieses Gedankens ab und ließen jedenfalls den heuristischen Wert der Atommodelle mit ihren Elektronenbahnen außer Zweifel. In der Tat kann man sich schwer der Überzeugungskraft z. B. von SOMMERFELDS Feinstrukturtheorie des Wasserstoffs und der Röntgenspektren entziehen; man meint hier die Elektronen mit ihrer von der Momentangeschwindigkeit abhängenden relativistischen Massenkorrektur förmlich umlaufen zu *sehen*. Erst als neuere Erfahrungen und ihre Deutungsversuche (das Versagen aller exakten Berechnungen von Termwerten bei höheren Atomen, die Gesetze der Multipletts und ihrer magnetischen Aufspaltungen und der dabei zutage tretende Widerspruch zwischen Neigungstheorie und relativistischer Theorie) die Unzulänglichkeit bereits der Grundpostulate erkennen ließen, wurde die von BOHR selbst aus prinzipiellen

¹⁾ Zur Bekräftigung einer *prinzipiellen* Unbeobachtbarkeit von Momentanphasen eines Elektronensystems könnte man noch anführen, daß die eventuellen Hilfsmittel ja selbst aus atomaren Systemen bestehen, in denen die Phase ebenso definiert oder undefiniert sei wie in dem zu untersuchenden System. Hier wäre einzuwenden, daß die Untersuchung ja auch geschehen könnte mit Hilfe einzelner isolierter Elektronen oder α -Teilchen, welche in jedem Zeitpunkt eine bestimmte Lage und Geschwindigkeit besitzen (Spur der Partikel in der WILSONschen Nebelkammer). Da aber diese Stöße erfahrungsgemäß stets quantentheoretischen Gesetzen folgen (FRANCK und HERTZ), darf man mit Recht eine *prinzipielle* Unbeobachtbarkeit von Einzelphasen in Elektronensystemen annehmen. Die Sachlage hat hier Ähnlichkeit mit der in der speziellen Relativitätstheorie: die relativistische Zeitdefinition steht und fällt mit der Behauptung, größere Signalgeschwindigkeiten als die des Lichtes seien prinzipiell nicht realisierbar.

Gründen stets in den Vordergrund gestellte Suche nach einer befriedigenden Quantenmechanik nun auch zu einem praktisch dringenden Problem.

Es handelte sich praktisch darum, wenigstens eine mathematisch richtige Vorschrift (Gesetzmäßigkeit) zu finden, welche die verschiedenen beobachteten Eigenschaften eines Atoms, die Größe seiner Zustandsenergien, Strahlungsfrequenzen und -intensitäten miteinander verknüpft. Im Anschluß an die obige Überlegung von BORN sollte dabei kein Gebrauch gemacht werden von den mit der Beobachtung unvereinbaren raumzeitlich-kontinuierlichen Mechanismen, speziell von dem Begriff der Momentanphase¹⁾, d. h. dem Momentbild der Lagen und Geschwindigkeiten der einzelnen Elektronen.

Die Art, wie die Verknüpfung der beobachtbaren Größen in der neuen Quantenmechanik geschieht, wird am besten an einem Beispiel, dem des linearen, im allgemeinen anharmonisch schwingenden Oszillators erläutert.

Führt ein mechanischer Oszillator (System von einem Freiheitsgrad) anharmonische Schwingungen aus, so lassen sich diese nach FOURIER darstellen als Überlagerung rein harmonischer Schwingungen ν mit den Koordinaten

$$q_\nu = Q_\nu \cdot e^{2i\pi\nu t}.$$

Die klassische Emission wird eine gleichzeitige Ausstrahlung aller dieser Schwingungszahlen ν sein mit Intensitäten proportional $Q_\nu^2 \cdot \nu^4$. In der Quantentheorie, wo jede Spektrallinie einem Übergang zwischen zwei Zuständen mit den Quantenzahlen m und n zugehört, kann man die Intensität und Schwingungszahl einer einzelnen Spektrallinie herrührend denken von einem gedachten („virtuellen“) harmonischen Oszillator mit der Koordinate

$$(1) \quad q(m, n) = Q(m, n) \cdot e^{2i\pi\nu(m, n) t}$$

welcher klassisch dieselbe Schwingungszahl $\nu(m, n)$ und Intensität ausstrahlt, wie sie in Wirklichkeit beim Übergang des anharmonischen Oszillators vom Quantenzustand m nach n entsprechend der BOHRschen Frequenzbedingung entsteht. Das Gesamtsystem dieser harmonischen virtuellen Oszillatoren, das „virtuelle Orchester“ könnte man es nennen, ist also ein klassisches Ersatzbild für die Strahlung des anharmonischen Quantenoszillators, indirekt also ein Ersatzbild für den mechanisch nicht faßbaren Quantenoszillator selbst. Wir stellen die Koordinaten $q(m, n)$ aller virtuellen Oszillatoren in folgendem Schema zusammen.

¹⁾ Sowie man über die Interferenz der von verschiedenen Atomen ausgesandten Strahlung Auskunft haben will, wird sich zwar noch der Begriff der Phase, nicht aber der der Phasendifferenz vermeiden lassen; diese Frage ist in der neuen Quantenmechanik vorläufig zurückgestellt worden, ebenso wie ja auch BOHRs erste Theorie sich zunächst nur mit monochromatischer, d. h. unendlich interferenzfähiger Strahlung beim zeitlos gedachten Elektronensprung beschäftigte.

Dieses quadratische Schema nennt man die *Matrix* der $q(m, n)$, abgekürzt die Matrix q

$$(2) \quad q = \begin{pmatrix} q(1,1) & q(1,2) & q(1,3) & \dots \\ q(2,1) & q(2,2) & q(2,3) & \dots \\ q(3,1) & q(3,2) & q(3,3) & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \end{pmatrix}$$

Der formalen Vollständigkeit halber sind hier auch die Koordinaten $q(1,1)$, $q(2,2)$ usw. von virtuellen Oszillatoren hingeschrieben, welche dem „Übergang eines Quantenzustandes in sich selbst“ entsprechen. Neben dem Schema der Koordinaten können wir auch noch das der Impulse $p = \mu \cdot \frac{dq}{dt}$ für die einzelnen Ersatzoszillatoren der Masse μ hinschreiben

$$(3) \quad p(m, n) = P(m, n) \cdot e^{2i\pi\nu(m, n) t}$$

und sie zusammenstellen in der Matrix

$$(4) \quad p = \begin{pmatrix} p(1,1) & p(1,2) & p(1,3) & \dots \\ p(2,1) & p(2,2) & p(2,3) & \dots \\ p(3,1) & p(3,2) & p(3,3) & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \end{pmatrix}$$

Schema (2) und (4) drückt also nichts weiter aus, als daß wir uns die vom Quantenoszillator bei verschiedenen Gelegenheiten (Sprüngen) ausgehenden Strahlungsfrequenzen und Intensitäten auch herrührend denken können von dem anschaulichen Bild des klassisch kontinuierlich strahlenden Ersatzorchesters der virtuellen Oszillatoren. Die Frequenzen der letzteren werden daher, wie die des Quantenoszillators selbst, dem Kombinationsprinzip gehorchen, d. h. die Schwingungszahl $\nu(m, n)$ des virtuellen Oszillators $q(m, n)$ läßt sich ausdrücken als Differenz zweier „Terme“ ν_m und ν_n .

$$(5) \quad \nu(m, n) = \nu_m - \nu_n.$$

Darüber hinaus wird noch die Gültigkeit der BOHRschen Frequenzbedingung behauptet

$$(6) \quad \nu(m, n) = \nu_m - \nu_n = \frac{W_m}{h} - \frac{W_n}{h}$$

d. h. der Term ν_k sei gleich der durch PLANKS Konstante dividierten Energie W_k eines stationären Zustandes des anharmonischen Quantenoszillators.

Gesucht wird jetzt mit Hilfe einer neuen Quantenmechanik der Zusammenhang zwischen Intensitäten, Schwingungszahlen und Termen, oder, was dasselbe ist, der Zusammenhang zwischen den Koordinaten $q(m, n)$ der virtuellen Oszillatoren — deren Amplitudenquadrate sind proportional den Intensitäten —, den Impulsen $p(m, n)$ — diese drücken sich nach (3) durch die Frequenzen $\nu(m, n)$ und Koordinaten $q(m, n)$ aus — und den Energien W_k — diese sind nach BOHR durch (6) mit den Termen ν_k verknüpft.

Es ist also ein wesentlicher Zug der neuen Theorie, daß die Termenergien W_k des anharmonischen Quantenoszillators berechnet werden nicht aus gewissen klassisch-kontinuierlichen Mechanismen, welche den Quantenzustand als mechanisches

wenn auch quantentheoretisch ausgewähltes System auffassen. Sondern die Eigenschaften des *mechanisch nicht faßbaren* Quantenzustandes k werden veranschaulicht und berechnet durch Eigenschaften des klassisch-kontinuierlichen Ersatzorchesters. Z. B. die *Energie* W_k des Quantenzustandes k wird, einer geistreichen Intuition HEISENBERGS entsprechend, folgendermaßen aus den $q(n, m)$ und $p(n, m)$ der virtuellen Oszillatoren in Analogie zur klassischen Mechanik berechnet:

In der klassischen Mechanik würde die Energie W des anharmonischen Oszillators durch einen Ausdruck

$$W = \text{kinet.} + \text{pot. Energie} = \frac{\mu}{2} \dot{q}^2 + V(q)$$

oder bei Benutzung des Impulses $p = \mu \dot{q}$ und der Reihenentwicklung $V(q) = a_1 q + a_2 q^2 + a_3 q^3 + \dots$ dargestellt durch

$$(7) \quad W = \frac{1}{2\mu} p^2 + [a_1 q + a_2 q^2 + a_3 q^3 + \dots]$$

Analog dazu behauptet HEISENBERG, die Energie W_k des Quantenoszillators im Zustand k lasse sich berechnen aus den Koordinaten $q(n, m)$ und Impulsen $p(n, m)$ der virtuellen Oszillatoren durch folgenden zu (7) analogen Ausdruck

$$(8) \quad \left\{ \begin{aligned} W_k &= \frac{1}{2\mu} \sum_l p(k, l) p(l, k) \\ &+ [a_1 \cdot q(k, k) + a_2 \cdot \sum_l q(k, l) q(l, k) \\ &+ a_3 \cdot \sum_l \sum_m q(k, l) \cdot q(l, m) \cdot q(m, k) + \dots] \end{aligned} \right.$$

Diesen auf den ersten Blick befremdenden und komplizierten Ausdruck erhält man aus dem klassischen Ausdruck (7), indem man in letzterem ersetzt

$$(9) \quad \left\{ \begin{aligned} q &\text{ durch } q(k, k) \\ q^2 &\text{ durch } \sum_l q(k, l) \cdot q(l, k) \\ q^3 &\text{ durch } \sum_l \sum_m q(k, l) \cdot q(l, m) \cdot q(m, k), \text{ usw.} \end{aligned} \right.$$

Der mit dem „Matrizenkalkül“ vertraute Mathematiker sieht sofort, daß diese Art Produktbildung identisch ist mit der bekannten Regel „Zeilen mal Spalten“ bei der Multiplikation von Determinanten. Wir brauchen aber hier nicht näher auf die abgekürzte Rechenmethode des Matrizenkalküls einzugehen, die freilich bei näherer Beschäftigung mit der Quantenmechanik sich als ebenso geeignet erweist, wie etwa die allgemein-kovarianten Tensoren für die Relativitätstheorie und die von NEWTON eigens erfundene Fluxionsrechnung für die Probleme der klassischen Mechanik.

Um nun eine Termberechnung W_k wirklich durchführen zu können, müßten in (8) die einzelnen Koordinaten und Impulse der virtuellen Oszillatoren bekannt sein. Diese werden aber bestimmt durch „Bewegungsgleichungen“ und Quantenbedingungen der virtuellen Oszillatoren. Die Bewegungsgleichungen wurden wieder von HEISENBERG in Analogie zur Mechanik eines *klassischen* anharmonischen Oszillators aufgestellt:

In der *klassischen* Mechanik besteht zwischen

Energie W als Funktion von Koordinate q und Impuls p der Zusammenhang der kanonischen Bewegungsgleichungen

$$(10) \quad \frac{dq}{dt} = \frac{\partial W}{\partial p}, \quad \frac{dp}{dt} = - \frac{\partial W}{\partial q}.$$

Bei dem klassischen anharmonischen Oszillator (7) heißen die klassischen Bewegungsgleichungen daher speziell

$$(11) \quad \left\{ \begin{aligned} \frac{dq}{dt} &= \frac{1}{\mu} \cdot p, \\ \frac{dp}{dt} &= -[a_1 + 2 a_2 q + 3 a_3 q^2 + 4 a_4 q^3 + \dots] \end{aligned} \right.$$

In Analogie hierzu behauptet nun die neue Quantenmechanik folgenden Zusammenhang der $q(m, n)$ mit den $p(m, n)$ der virtuellen Oszillatoren:

$$(12) \quad \left\{ \begin{aligned} \dot{q}(m, n) &= \frac{1}{\mu} \cdot p(m, n) \\ \dot{p}(m, n) &= -[a_1 + 2 a_2 q(m, n) \\ &+ 3 a_3 \sum_k q(m, k) \cdot q(k, n) \\ &+ 4 a_4 \sum_k \sum_l q(m, k) \cdot q(k, l) \cdot q(l, n) \\ &+ \dots] \end{aligned} \right.$$

Der Übergang von (11) zu (12) ist wieder mit Ersetzung der klassischen $q, q^2, q^3, \dots$ durch Summen über die $q(m, n)$ gemäß der Vorschrift (9) geschehen.

Die Gleichungen (12) sind als Bewegungsgleichungen der virtuellen harmonischen Oszillatoren anzusprechen; durch sie sind die Koordinaten $q(m, n)$ und Impulse $p(m, n)$ eines solchen Oszillators eng gekoppelt mit den Koordinaten und Impulsen $q(k, l)$ und $p(k, l)$ der *anderen* virtuellen Oszillatoren.

Man kann die Gleichungen (12) auch ohne Eingehen auf den Begriff der Bewegung interpretieren: Statt $\dot{q}(m, n)$ als zeitliche Ableitung von $q(m, n)$ aufzufassen, kann man $\dot{q}(m, n)$ die „punktierte Koordinate“ des virtuellen Oszillators nennen und sie *definieren* durch

$$(12') \quad \left\{ \begin{aligned} \dot{q}(m, n) &= \text{li} \pi r(m, n) \cdot q(m, n) \\ \dot{p}(m, n) &= \text{li} \pi r(m, n) \cdot p(m, n) \end{aligned} \right.$$

in Übereinstimmung mit den zeitlichen Ableitungen von (1) und (3).

Die Lösungen $q(n, m)$ und $p(n, m)$ der Gleichungen (12) und damit die Zustandsenergien W_k in (8) sind erst dann bestimmt, wenn noch *Quantenbedingungen* hinzukommen. Durch eine Verallgemeinerung der in der üblichen, halbklassischen Theorie verwandten Bedingung $\oint p dq = nh$ gelangt HEISENBERG zu der den virtuellen Oszillatoren auferlegten Quantenbedingung:

$$(13) \quad \left\{ \begin{aligned} \sum_k p(m, k) \cdot q(k, n) - \sum_k q(m, k) \cdot p(k, n) \\ = \frac{h}{2i\pi} \quad \text{für } m = n \end{aligned} \right.$$

zu welcher als Folge der Bewegungsgleichungen nach BORN und JORDAN noch hinzutritt

$$(13') \left\{ \begin{aligned} \sum_k p(m, k) \cdot q(k, n) - \sum_k q(m, k) \cdot p(k, n) \\ = 0 \text{ für } m \neq n. \end{aligned} \right.$$

Die Quantenbedingungen verknüpfen also Koordinaten und Impulse *verschiedener* virtueller Oszillatoren miteinander. Besonders charakteristisch für die Quantenbedingung (13) ist, daß auf ihrer rechten Seite gar keine „Quantenzahl“ vorkommt, sondern nur das Wirkungsquantum h für sich. Dies hat zur Folge, daß auch die Lösungen $q(m, n)$ und $p(m, n)$ der Bewegungsgleichungen (12) und Quantenbedingungen (13) keine Quantenzahl enthalten (s. u.). Die Lösung ist überdies insofern noch nicht eindeutig bestimmt, als die *Numerierung* (m, n) der Zustände durch irgendeine andere Numerierung ersetzt werden kann, so daß bei jeder der vielen möglichen Numerierungen der mit k bezeichnete Zustand („der k -te Zustand“) einen anderen physikalischen Zustand repräsentiert; jedoch bleibt die Gesamtheit der Energiewerte stets dieselbe, welche Numerierung man auch wählt. Wählt man *eine* der möglichen Numerierungen, so stellen sich die W_k wegen (8) und (13) als Funktionen von h behaftet mit *Nummern* dar, die jedoch, wenn man eine andere Numerierung auswählt, anders ausfallen. Diese *Nummern* nehmen die Rolle auf, welche die *Quantenzahlen* in den Quantenbedingungen der früheren halb-klassischen Termberechnung gespielt hatten, ohne aber deren unmittelbare physikalische Bedeutung zu besitzen. Alles, was aus „Quantenzahlen“ in den Termausdrücken über angebliche *mechanische* Eigenschaften des betreffenden Quantenzustandes in der ursprünglichen BOHRschen Theorie ausgesagt wurde, ist also zu revidieren. Der Quantenzustand ist eben gar nicht mechanisch faßbar; sondern sein beobachteter Energieinhalt läßt sich nur in gewisser Weise aus mechanischen Eigenschaften des virtuellen Oszillatorsystems berechnen.

Höchstens in sehr übertragenem Sinne darf man zur Abkürzung des Ausdruckes oder, wie der Erfolg der bisherigen BOHRschen Theorie seit 1913 zeigt, als *heuristisches Prinzip* jene Ausdrucksweise beibehalten, die den Quantenzustand durch Begriffe der kontinuierlich-klassischen Mechanik beschreiben will. Damit hat man auch eine Antwort auf die Frage, ob denn die neue Quantenmechanik „vorstellbar“ sei. Eine Vorstellung ist freilich, solange man sie im Rahmen klassisch-kontinuierlicher Begriffe sucht, verwehrt, bzw. nur durch das Ersatzbild des virtuellen Orchesters ermöglicht. Ebenso kann man sich ja Sätze der ebenen nichteuklidischen Geometrie nicht unmittelbar, sondern nur durch Abbildung auf gekrümmte Flächen im euklidischen Raum vorstellen. Doch ist damit für das Verständnis der Sache nicht viel gewonnen. Erst häufige Beschäftigung mit vielen Anwendungsbeispielen kann hier zu einer Vertrautheit und Übersicht der Zusammenhänge zwischen den Beobachtungen führen, die besser als hinkende Vergleiche quantentheoretischer Tatbestände durch klassisch-kontinuierliche Bilder ist.

Die von HEISENBERG zuerst entworfene, von BORN und JORDAN vervollkommnete neue Theorie, deren Fundamente besonders BOHR, KRAMERS und SLATER vorbereitet hatten, ist natürlich nur ein erster Versuch, in das unbekannte Gebiet der Quantenmechanik vorzustoßen, und es ist möglich, daß schon bei dem oben gewählten einfachen Beispiel des anharmonischen Oszillators manche Einzelheiten nicht aufrechterhalten bleiben werden. Die wesentliche Erkenntnis, daß die Quantenmechanik konsequent durch virtuelle klassische Bilder faßbar ist, welche den *Übergängen*, nicht den *Zuständen* zugeordnet sind und welche somit eine exakte Formulierung des Korrespondenzprinzips geben, darf aber wohl schon jetzt als bleibende Frucht der neuen Theorie betrachtet werden.

Besprechungen.

Handbuch der Physik. Herausgegeben von H. GEIGER und KARL SCHEEL. Band X. **Thermische Eigenschaften der Stoffe**, redigiert von F. HENNING. Berlin: Julius Springer 1926. VII, 486 S. und 207 Abbildungen. Preis RM 37.50.

Die Physik der letzten Jahrzehnte ist so umfassend geworden, daß ein Handbuch im alten Sinne des Wortes mit dem Namen eines einzigen Autors auf dem Titelblatt kaum noch denkbar erscheint. Ein einzelner Forscher, mag er auch auf verschiedenen Gebieten der Physik tätig sein, kann heute von der Gesamtheit der physikalischen Erkenntnis nicht mehr als einen allgemeinen Überblick haben. Nur in den speziellen Provinzen seines Forschens kennt er alle Wege. Sobald er diese Grenzen überschreitet, findet er so viele neue Einzelheiten, daß er ein langes Studium benötigt, um sich selbst darin zurechtzufinden. In unserer schnelllebigen Zeit muß es als unzweckmäßig bezeichnet werden, wenn jemand sich in ihm bisher ferner gelegene Teile der Physik einarbeitet, nur um andern dort die Wege zur Erkenntnis ebnen zu können. Ohne daß wertvolle schöpferische Kräfte allzu lange

festgelegt und ihrem eigentlichen Wirkungsfelde entzogen werden, kann somit ein kritisch zuverlässiges und auf der Höhe der Zeit stehendes Handbuch, das als Ratgeber und Lehrmeister dienen soll, nur geschaffen werden, wenn sich viele Autoren zu gemeinsamem Werk zusammenschließen.

Bis zum gewissen Grade ist dieser Weg bereits bei der letzten Auflage des wohlbekannten WINKELMANNschen Handbuches eingeschlagen, deren Erscheinen nun bald ein Vierteljahrhundert zurückliegt und das deshalb in vielen Teilen bereits stark veraltet ist. Vollkommen zielbewußt bis zu den äußersten Konsequenzen ist die angedeutete Marschroute aber zum erstenmal in dem neuen Handbuch der Physik verfolgt, das jetzt gerade bei Julius Springer zu erscheinen beginnt und dessen erster Band bereits vorliegt. Es unterlag von Anfang an keinem Zweifel, daß hier neben der wissenschaftlichen Arbeit noch ein gut Teil Arbeit organisatorischer Art zu leisten war, um nicht eine lose Reihe von Monographien zu schaffen, deren Summe schließlich erheblich von *dem* entfernt ist, was man unter einem Handbuch der Physik versteht. Es mußte

verhindert werden, daß jeder Autor ohne Rücksicht auf den Bearbeiter unmittelbar benachbarter Gebiete seine Entwicklungen niederschrieb.

Zu dem Zweck haben die Herausgeber den ganzen Bereich der Physik in mehrere große Gruppen gegliedert und die redaktionelle Leitung dieser Gruppen mit 6 bekannten Fachmännern geteilt. Es haben übernommen: die Redaktion der Gruppe „Allgemeines“ teils K. SCHEEL, teils H. THIRRING; die Gruppe „Grundlagen der Physik“ H. THIRRING; die Gruppe „Mechanik“ teils R. GRAMMEL, teils F. TREDELENBURG; die Gruppe „Wärme“ F. HENNING, die Gruppe „Elektrizität und Magnetismus“ W. WESTPHAL; die Gruppe „Optik aller Wellenlängen“ H. KONEN, und endlich die Gruppe „Aufbau der Materie und Wesen der Strahlung“ H. GEIGER. Jeder dieser Redakteure hat seine Gruppe weiter in Kapitel unterteilt und für die Bearbeitung jedes Kapitels einen Spezialisten gewonnen. Die Zahl der Mitarbeiter an dem ganzen Werk, das auf 24 Bände von je etwa 30 Bogen Umfang veranschlagt ist, beträgt 157. Es war von vornherein klar, daß nur genau ausgearbeitete Richtlinien für die allgemeinen Gesichtspunkte bei der Abfassung der Kapitel und eingehende, als Manuskript gedruckte Dispositionen aller Bände zusammen mit einer engen brieflichen Fühlungnahme zwischen Mitarbeitern und Redakteuren die Gewähr dafür bieten konnten, das noch gesteckte Ziel einer nicht nur modernen und kritischen, sondern auch einheitlichen Darstellung zu erreichen. Die Verlagsbuchhandlung hat mit größter Bereitwilligkeit alles getan, um jeden Wunsch der Redakteure zu erfüllen.

Als Probe für das Werk liegt nun zunächst Band X mit dem Untertitel „Thermische Eigenschaften der Stoffe“ vor. Er gehört zur Gruppe „Wärme“, die außer dem genannten noch Band IX, „Theorien der Wärme“, und Band XI, „Anwendungen der Thermodynamik“, umfaßt. Demgemäß sind in Band X die Grundlagen der thermodynamischen Theorien als bekannt vorausgesetzt, und nur den speziellen Theorien der einzelnen Gebiete sind ausführliche Darstellungen gewidmet, die zusammen mit der Besprechung der experimentellen Methoden und Ergebnisse den wesentlichen Inhalt ausmachen.

Zunächst gibt E. GRÜNEISEN ein ausführliches Bild über den Zustand und die Zustandsänderungen der festen Körper, wobei besonders auf den Energieinhalt der Festkörper und auf die zwischen den Atomen wirkenden Kräfte eingegangen wird. Den Übergang vom festen zum flüssigen oder gasförmigen Zustand schildert F. KÖRBER. Er behandelt die Vorgänge des Schmelzens und Krystallisierens und widmet je einen Abschnitt sowohl dem Polymorphismus mit seinen Umwandlungserscheinungen als auch den Zwei- und Dreistoffsystemen mit besonderer Rücksicht auf die Mischkrystalle. Das gasförmige und flüssige Gebiet sowie den Übergang zwischen beiden Aggregatzuständen hat J. D. VAN DER WAALS jr. unter Betonung der klassischen Theorie seines Vaters dargestellt, während PH. KOHNSTAMM die Thermodynamik der flüssigen und gasförmigen Gemische behandelt und die entwickelten Formen der Zustandsflächen durch zahlreiche Abbildungen erläutert. Die spezifische Wärme ist von den übrigen thermischen Eigenschaften der Stoffe dadurch herausgehoben, daß ihr besondere Kapitel gewidmet sind. Es sollte hierdurch dem Umstand Rechnung getragen werden, daß die spezifische Wärme wegen ihres nahen Zusammenhanges mit den neueren physikalischen Theorien eine erhöhte Beachtung verdient. Im theoretischen Teil der „Spe-

ziatischen Wärme“ führt E. SCHRÖDINGER den Leser bis tief hinein in die Quantentheorie, während im experimentellen Teil K. SCHEEL ein geschlossenes Bild der experimentellen Methoden auf diesem Gebiet beisteuert. Die Thermodynamik der chemischen Prozesse finden wir unter dem Titel „Bestimmung der freien Energie“ mit allen Mitteln der neuzeitlichen Theorie von F. SIMON behandelt. Den Schluß des Bandes bildet das Kapitel über die „Thermodynamik der Lösungen“ von C. DRUCKER, in dem die vielverzweigten Gesetzmäßigkeiten hauptsächlich der verdünnten Lösungen auf Grund des Gesetzes der Partialdrucke und des CLAUDIUS-CLAPEYRONschen Gesetzes hergeleitet sind.

Es ist in Aussicht genommen, den größten Teil der Bände des Handbuches noch im Laufe dieses Jahres erscheinen zu lassen. Seit kurzem vollendet ist die Drucklegung von Band XXII, „Elektronen, Atome, Moleküle“, unter der Presse befinden sich außerdem die Bände XXIII, „Quanten“, und die oben bereits genannten beiden Bände IX und XI aus der Gruppe „Wärme“.

F. HENNING, Berlin.

Handbuch der Experimentalphysik. Herausgegeben von W. WIEN und F. HARMS. Bd. II. **Mechanik der Massenpunkte und der starren Körper**, redigiert von A. HAAS. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft 1926. XIV, 355 S. und 236 Abb. 17 × 24 cm. Preis geh. RM 28.—, geb. RM 30.—.

Im Rahmen eines „Handbuches der Experimentalphysik“ hat eine Darstellung der Mechanik einen schweren Stand. Man kann sich über die Möglichkeit streiten, ob man überhaupt den Tatsachen der heutigen Physik gerecht zu werden vermag, wenn die zusammenfassenden Gesichtspunkte theoretischer Vorstellungen weitgehend unberücksichtigt bleiben. Auf jeden Fall wird eine solche Darstellung der *Mechanik* am allerstärksten der Gefahr ausgesetzt sein, in ein Raritätenkabinett lose zusammenhängender Tatsachen zu zerfallen. Der Fortschritt vollzieht sich in der Mechanik weit weniger als in irgendeiner anderen Disziplin der Physik durch Entdeckung neuer Erscheinungen; die Hauptetappen ihrer Entwicklung sind durch die Ausgestaltung ihrer theoretischen Gesichtspunkte und Methoden bestimmt, und ihre großen Meister waren keine Experimentatoren, sondern Mathematiker.

Die vorliegende „Mechanik der Massenpunkte und der starren Körper“ von A. HAAS (der II. Band des im Erscheinen begriffenen Handbuchs der Experimentalphysik, herausgegeben von W. WIEN und F. HARMS) sah sich also vor eine sehr schwierige Aufgabe gestellt. Sie sucht sie durch die *Anordnung* des Stoffes zu lösen: In den Hauptabschnitten sind die empirischen Grundlagen der Theorie und ihre Resultate behandelt. Die mathematische Begründung ist in einen letzten Abschnitt verwiesen, so daß dem Leser der ersten Teile mathematische Anstrengungen erspart bleiben. Von bemerkenswerter Klarheit ist die Entwicklung der Grundprinzipie in den ersten Abschnitten, wie man sie bei dem Verfasser der „Grundgleichungen der Mechanik, dargestellt auf Grund der geschichtlichen Entwicklung¹⁾“ nicht anders erwarten durfte. In der Darstellung der Hauptteile wird man den „enzyklopädischen“ Stil vermissen, den man bei einem Handbuch erwartet und durch welchen die Lektüre eines solchen gewöhnlich ungenießbar wird. Aber der Benutzer eines Handbuches ist ein unliebenswürdiger Leser; er legt im allgemeinen geringen Wert auf eine durchgehende angenehme Lektüre, er wünscht es als Nachschlagewerk

¹⁾ Leipzig 1914.

und als Vermittlung mit der Originalliteratur zu benutzen und interessiert sich vor allem für Vollständigkeit. Ich fürchte, die sehr spärlichen Literaturangaben im Texte, sowie die 6 Seiten „Zusammenstellung neuerer Literatur über einige wichtige Probleme der experimentellen Mechanik fester Körper“ lassen eine solche Verwendung kaum zu. Man könnte der Darstellung des Bandes gerechter werden, wenn man ihn nicht als Teil eines Handbuches ansähe.

Den Höhepunkt des ganzen Buches wird man zweifellos im letzten Abschnitt, den „mathematischen Ergänzungen zur Mechanik fester Körper“ sehen. Weit über das Thema der Überschrift hinausgehend, findet man hier in konzentriertester und klarster Form eine Darstellung der analytischen Mechanik, zu der es in dieser Knappheit (70 Seiten) meines Erachtens kein Gegenstück bisher gab. Man wird hier auf schmalem aber klarem Pfade mitten in die Gedankenwelt von LAGRANGE, EULER, JAKOBI, HAMILTON geführt und in zahlreichen Rückverweisen finden manche Resultate des experimentellen Teils hier ihre theoretische Begründung und Diskussion; jedoch kann hierbei von einem wirklichen Durchdringen des ganz an der Oberfläche bleibenden experimentellen Teils kaum die Rede sein.

Der Benutzer eines „Handbuches der Experimentalphysik“ wird den Vorzüge dieses Bandes wenig Verständnis entgegenbringen. Es ist sehr zu bedauern, daß diese Darstellung der Mechanik sich nicht an einen Leserkreis wendet, der ihr angemessen ist.

F. LONDON, Stuttgart.

Chemiker-Kalender 1926. Herausgegeben von W. A. ROTH, Braunschweig. Berlin: Julius Springer 1926. Preis RM 16.50.

Der neue Jahrgang des Chemiker-Kalenders liegt vor. Es ist außerordentlich erfreulich, daß in den letzten Jahren der Verlag offenbar bemüht ist, dem Werk, das seinerzeit nach dem Grundsatz des *Quia non movetur* behandelt wurde, erhöhte Aufmerksamkeit zu schenken.

Er läßt sich dabei offenbar von der Erkenntnis leiten, daß der Chemiker-Kalender ein wertvolles Hilfsmittel chemisch-technischer Forschungen geworden ist. Wir können in Bekräftigung dieser Auffassung nur sagen, daß es keine Erscheinung auf dem Gebiete der chemischen Literatur gibt, die einen so wichtigen Zweck zu erfüllen hat wie der Chemiker-Kalender. Er ist für den Techniker schlechterdings unentbehrlich und würde auch Wissenschaftlern sicher wertvoll werden, wenn sie sich nur der Mühe unterziehen wollten ihn kennenzulernen.

Ich sage das aus Erfahrung, da ich selbst erst gewisse Hemmungen in dieser Richtung zu überwinden hatte.

Wenn in dem oben Gesagten ohne weiteres der Wunsch an den Verlag, in den Bemühungen um eine Verbesserung in verstärktem Maße fortzufahren, enthalten ist, so möge noch auf die Neuauflage des Kalenders eingegangen werden.

Rein äußerlich ist zu bemerken, daß der Kalender nunmehr in 3 Teilen gebunden erscheint, die sich betiteln: I. Taschenbuch. II. Dichten, Löslichkeiten, Analyse. III. Theoretischer Teil mit Generalregister. Das Taschenbuch enthält außerdem „Die wichtigsten Hilfstabellen für das Laboratorium“.

Für diese Dreiteilung lassen sich sicher gewisse Gründe anführen. Es sei aber darauf verwiesen, daß die Abtrennung eines Teiles der Tabellen aus Band 2 nach Band 1 immer einer gewissen Willkür unterworfen sein wird, da die Beurteilung dessen, was wichtig und nicht wichtig ist, naturgemäß durchaus

subjektiv sein muß. Es würde deshalb unter Umständen eine Rückkehr zu der früheren Zweiteilung zu erwägen sein, wobei eine andere Einteilung auch des sonstigen Stoffes zu erwägen wäre.

Von den sonstigen Verbesserungen und Vervollständigungen sei insbesondere hervorgehoben ein Kapitel über „Einige Grundbegriffe des gewerblichen Rechtsschutzes“ von Dr. BARSCHALL. Das ist ganz außerordentlich zu begrüßen. Es wäre für eine künftige Auflage zu empfehlen, diesen Aufsatz noch zu erweitern und ihn zu ergänzen durch kurze Festlegung der augenblicklichen Lage des Erfinderschutzes.

Wenn von den vielen Wünschen, die in bezug auf den Kalender bestehen, noch einer geäußert werden darf, so sei es der nach einer kurzen übersichtlichen Wirtschaftsstatistik, die über Preise, Produktionshöhen und über die in der chemischen Industrie Beschäftigten einigermaßen erschöpfend Auskunft gibt. Ein kurzer Überblick über die technischen und wissenschaftlichen Jahres-Ereignisse wäre anzufügen.

Bei Überprüfung des jetzt auf nahezu 1700 Textseiten des Chemiker-Kalenders befindlichen Materials wird sich sicherlich auch manche Kürzung durchführen lassen. Es sei beispielsweise verwiesen auf die sehr ausführliche Tabelle der wichtigsten Eigenschaften organischer Stoffe, die in ihren 1944 Einzelnummern für den Durchschnittsgebrauch zu weit geht, ohne doch erschöpfend zu sein. Will man von einer Kürzung absehen, so wäre, um den Umfang der Bücher nicht zu groß werden zu lassen und ohne die Handlichkeit durch Erweiterung zu gefährden, zu erwägen, ob man das Format nicht vergrößern könnte, was ohne Schaden der Handlichkeit des Kalenders um 20–30% möglich sein müßte.

Im übrigen sei als Material für die Neubearbeitung auf die entsprechenden englischen und amerikanischen Erscheinungen verwiesen.

Es ist auf den neuen Jahrgang des Chemiker-Kalenders aus dem Grunde ausführlicher eingegangen worden, weil die Bedeutung des Chemiker-Kalenders in weiten Kreisen wesentlich unterschätzt wird und keine Mühe zu groß sein darf, diesen unentbehrlichen Berater, dieses wirkliche Vademecum zu einem vollkommenen Instrument zu machen und dadurch auch zum Aufbau unserer Wirtschaft beizutragen.

Schließlich ist es noch eine angenehme Pflicht, Herrn WALTHER ROTH, dem bisherigen Herausgeber, dafür zu danken, daß er Mühe und Arbeit nicht gescheut hat, weitgehende Veränderungen und Verbesserungen erfolgreich durchzuführen, wodurch er seinem Nachfolger die Verpflichtung auferlegt hat, im gleichen Sinne weiterzuarbeiten.

OTTO LIEBKNECHT, Berlin.

SAPPER, KARL, Allgemeine Wirtschafts- und Verkehrsgeographie. Leipzig: B. G. Teubner 1925. VI, 300 S., 70 kartographische und statistisch-graphische Darstellungen. 15 × 23 cm. Preis RM 12.—.

Wir sind an Werken der allgemeinen Wirtschaftsgeographie nicht gerade arm, aber der vorliegende Versuch von KARL SAPPER verdient doch wegen der Art, wie sie ihren Stoff zu verarbeiten sucht, ganz besondere Beachtung. Er legt keineswegs Wert darauf, das ganze weitschichtige Gebiet der wirtschaftlichen Erscheinungen auf der Erde, soweit sie geographisch erfaßt werden können, in der gleichen Weise vorzuführen. Gleichsam programmäßig sagt der Verf., daß er die gewerbliche und industrielle Tätigkeit etwas zurücktreten lasse. Die Kritik hat denn auch hier eingesetzt und die ungleichmäßige Behandlung des Stoffes bemängelt. Derartige Einwände liegen ja nahe.

Tatsächlich kann man aber das Vorgehen SAPPERS angesichts des immerhin beschränkten Raumes, der ihm zur Verfügung stand, verstehen. Er legt ganz besonderen Wert auf das Problem der Nahrungsbeschaffung. Und es läßt sich doch nicht leugnen, daß gerade hier die besonders eindrucksvollen Probleme der Wirtschaftsgeographie liegen. Gerade hier muß aber der Stoff, um wissenschaftlich fundiert und verständlich zu sein, in einer gewissen Ausführlichkeit vorgetragen werden. In der Vorführung dieser Dinge liegt der besondere Wert des Buches. Weit entfernt von der Austretung viel begangener Pfade geht Verf. oftmals ganz neue Wege oder er weiß den bekannten immer wieder neue Seiten abzugewinnen. Das wissenschaftliche Lebenswerk SAPPERS liegt in der Erforschung der mittelamerikanischen Tropen. Sie sind ihm so ans Herz gewachsen wie im letzten halben Jahrhundert keinem anderen deutschen Forscher. Er hat sich aber auf der schmalen Landbrücke zwischen den beiden amerikanischen Kontinenten nicht nur als Forscher betätigt, sondern er hat auch in seinen ersten Tropenjahren praktisch als Pflanzer gelernt und gearbeitet. So hat er in der Plantagenarbeit und auf ausgedehnten Reisen eine reiche Erfahrung erworben, um die Natur- und Kulturbedingungen der Wirtschaft in den amerikanischen Tropen zu schildern. Und da er auch tropische und tropennahe Gegenden anderer Erdteile kennt, so war er auch berufen, das schöne, kurz zusammenfassende Buch über die Tropen zu schildern.

SAPPERS Buch geht von den Einwirkungen der Natur auf die menschliche Wirtschaft aus und spricht zunächst von den kosmischen Einflüssen, denen einige Abschnitte über die Gestaltung der Oberfläche, die Lufthülle, das Wasser und das feste Land folgen. Dabei teilt es aber nur das mit, was für die wirtschaftsgeographische Auffassung wertvoll ist, und läßt damit das außer Betracht, was zwar dem Bereich der physischen Geographie angehört, aber ohne Einfluß auf die Wirtschaft ist. Bei aller Kürze und bei starker Verwendung kleinen Drucks werden wertvolle, individuell gestaltete Tatsachen und Schlüsse vorgetragen. Die einzelnen Kapitel enthalten mehr, als die knappen Überschriften vermuten lassen. So behandelt SAPPER unter dem Stichwort „Das feste Land“ nicht nur die Lagerstätten, die Bodenarten und den vertikalen Aufbau, sondern er geht auch auf das weitschichtige Kapitel der Bewässerung ein. Von besonderer Wichtigkeit ist das Kapitel der Pflanzenwelt, das die urwüchsige und die Kulturvegetation in ihrer durch die natürlichen Tatsachen bedingten Anordnung schildert. Man erfährt hier aber auch manches andere; so werden in dem schönen, dem tropischen Urwald gewidmeten Abschnitt auch Schlüsse für Verkehrsanlagen gezogen. In ähnlicher Weise behandelt Verf. auch die Tierwelt.

Im 2. Hauptabschnitt spricht SAPPER über den Menschen als wirtschaftenden Faktor. Zu der für die Ausbreitung und Europäisierung der Wirtschaft so wichtigen Frage der menschlichen Akklimatisationsfähigkeit ist SAPPER dank seiner eigenen praktischen Erfahrung und seiner früheren schriftstellerischen Tätigkeit besonders befugt, Stellung zu nehmen. Ähnliches gilt von dem Kapitel der Arbeitergewinnung und der Behandlung der Arbeiter zumal in den Tropen, Fragen, die man bisher in wirtschaftsgeographischen Arbeiten vernachlässigte, die aber, wie die Ausführungen SAPPERS zeigen, in dieser Form am Platze sind. Kurz umrissen werden dann die einzelnen räumlichen Kulturreiche. Das iberische Amerika rechnet SAPPER

trotz starker von ihm selbst geäußerter Bedenken zum westeuropäisch-romanischen Kulturkreis. Es scheint mir richtiger zu sein, auch das französische Unterkanada dem romanischen, nicht dem germanischen Kulturkreise zuzuweisen. Das malayische Volksgebiet sondert Verf. von dem indischen als einen selbständigen Kulturkreis ab. Er scheint damit die indischen Einflüsse wohl zu gering zu veranschlagen, wie ja diese Gebiete auch keineswegs vorzugsweise von Heiden animistischer Anschauungen, die vielmehr durchaus in der Minderheit sind, bewohnt werden. Bedenken kann man vielleicht auch äußern gegen die Zuteilung einiger auf höherer Kulturstufe stehender Völker zu den Hyperboräern, wie der sibirischen Jakuten und bis zu einem gewissen Grade auch der Tungusen, wenigstens im südlicheren Teil ihrer Wohnflächen: auf einer weiter unten eingereihten Karte zeichnet ja auch SAPPER einen großen Teil der Wohnräume dieser Völker als zur Pflugkultur gehörig.

Besondere Aufmerksamkeit wendet Verf. dem Kapitel der Wirtschaftsstufen und -formen zu. Er bekämpft hier, wie so manche vor ihm, das FRIEDRICHSCHE System der Wirtschaftsstufen, die sich ohnehin nicht recht abgrenzen lassen, wie sich auch ihre mehr auf zeitlicher Entwicklung beruhende Gliederung nicht aufrechterhalten läßt. SAPPER hat durchaus recht, wenn er sagt, daß für manche Gegenden der Erde auch die primitivste Wirtschaftsform zugleich auch die höchste sein und nicht durch eine andere „höhere“ verdrängt werden kann. Man kann vielleicht noch weitergehen und sagen, daß in dem bei weitem größten Teil der Erde die europäische Pflugkultur, die man gewohnt ist, als die höchste Entwicklungsform anzunehmen, überhaupt nicht oder nur ganz vereinzelt Eingang finden kann. Auf Grund insbesondere der Forschungen von EDUARD HAHN verfolgt SAPPER die Verbreitung des Pflanzstock- (Säestock-), Grabstock- und Hackbaues über die Erde hin und bringt zunächst aus Berichten neuerer Forscher und Reisenden schöne Beispiele für die jeweilige Wirtschaftsweise in den einzelnen Tropengebieten. Diesen Beispielen folgen solche über den Garten- und Pflugbau. In ähnlicher, wenn auch kürzerer Weise behandelt SAPPER die Viehzucht und an Hand von Beispielen den Nomadismus und den Halbnomadismus, für deren Entstehung in den verschiedenen Gegenden auch verschiedene Möglichkeiten vorhanden sind. Die Almwirtschaft der höheren europäischen Gebirge möchte Verf. nicht zum Halbnomadismus rechnen, sondern ihr angesichts der festen Wohnsitze in ihren beiden Wirtschaftsräumen den Namen des „Wechselwohnbetriebs“ geben. Es schließen sich kleine Abschnitte über Jagd und Fischerei sowie die Sammelwirtschaft an. Absichtlich kurz und daher auch in den Grundgedanken nicht erschöpfend ist das Kapitel, das Gewerbe, Industrie und Bergbau behandelt. Von den Karten, die dem 2. Hauptabschnitt beigegeben sind, sei noch die wirtschaftliche Nutzungskarte der Erde hervorgehoben. Allerdings geht sie wohl zu weit, wenn sie ganz Finnland, mit Ausnahme des nördlichen Küstengebietes, als vorwiegend der Viehzucht eingeräumtes Wirtschaftsgebiet betrachtet. Im Südwesten dürfte doch wohl der Pflugbau charakteristischer sein. Offenbar ist auch im mittleren und östlichen Sibirien die Pflugbauzone etwas zu breitflächig angelegt.

Im 3. Hauptabschnitt gibt SAPPER eine Übersicht der Gütererzeugung, freilich in gedrängter Kürze. Hier wird ein reiches Zahlenmaterial geboten, allerdings im allgemeinen auf die Vorkriegsverhältnisse

zurückgegriffen. Vielleicht wären einzelne ergänzende Bemerkungen bei den wichtigeren Kulturen zu empfehlen gewesen, zumal bei Früchten wie dem Weizen, bei dem der Krieg so mächtig anregend auf die Ausbreitung in überseeischen Ländern (Canada, Südamerika) gewirkt hat. Bei Kulturen der wärmeren Zone werden auch Nachkriegsergebnisse mitgeteilt. Die Ausführungen werden begleitet von Kartenskizzen, die hauptsächlich von G. HEISE herrühren. Diese Skizzen bedürfen wohl im einzelnen noch der Ergänzung. So ist das Flachsanbauggebiet in Osteuropa entschieden viel größer, als es auf der Karte erscheint. Es ist auch nicht recht einzusehen, warum die Karte wohl der Bedeutung der Holzwirtschaft in größeren Teilen von Skandinavien und Finnland gerecht wird, sie aber für das nördliche Rußland ignoriert. Auch die Wichtigkeit der Viehzucht in den pontischen Steppen wird zu schwach angedeutet.

Sehr bemerkenswert ist der Hauptabschnitt, der dem Handel gewidmet ist. Einleitend gibt SAPPER einen kurzen Überblick über die sachlichen Schwierigkeiten, die einer kritischen Sichtung des statistischen Materials bei der Handelsbewegung entgegenstehen. Er stützt sich bei der Bewertung des Außenhandels der einzelnen Länder auf den statistischen Atlas von ZUCKERMANN, dem die Vorkriegsverhältnisse zugrunde gelegt sind. In Tabellen werden die Länder der Reihe der kommerziellen Groß-, Mittel- oder Kleinstaaten zugeteilt. Auch hier ist zu bedauern, daß die Nachkriegstatsachen nicht eingehender berücksichtigt wurden, wenn gewiß auch die Schwierigkeiten und Bedenken groß sind. Sie würden das riesige Emporschnellen der Union zeigen, aber auch — selbst wenn man von den Staaten absieht, bei denen die Neugliederung ohnehin selbstverständlich schwerwiegende Änderungen herbeigeführt hat — für andere Länder bemerkenswerte Wandlungen in der Handelsstellung zeigen. Von den Staaten und Ländern, bei denen der Anteil am Welthandel vor dem Kriege unter 0,1% blieb, die daher als Zwerghandelsstaaten bezeichnet werden müssen, ist Neu Fundland und auch wohl die Kongokolonie in die Reihe der „kommerziellen Kleinstaaten“ aufgerückt. SAPPER geht dann auf die Handelsbeziehungen zwischen und innerhalb der einzelnen Erdteile ein. Vorzüglich ist namentlich der kurze Passus zu nennen, der das Vordringen der Vereinigten Staaten in und außerhalb der Neuen Welt schildert.

Verhältnismäßig recht kurz ist der 5. Hauptabschnitt, der sich dem Verkehr zuwendet, bei aller Knappheit aber auch den neuesten Verkehrseinrichtungen einige Worte widmet. Im Anhang wird eine Übersicht der wirtschaftlichen Einheiten geboten, die nicht nur kleine Inseln getrennt aufführt, sondern auch fest mit der russischen Räteföderation verknüpfte Gebiete, die man zum größten Teil, wenn nicht sämtlich, nach außen hin ebensowenig als „Einheiten“ bezeichnen kann, wie die „Länder“ des Deutschen Reiches. Die Tabelle enthält Flächenraum und Einwohnerzahl der betreffenden Gebiete, die Handelsbewegung nach ihren Ergebnissen teilweise aus der Vor-, teilweise aus der Nachkriegszeit, ferner die wichtigsten Ausfuhrwaren.

Alles in allem verdient SAPPERS Allgemeine Wirtschafts- und Verkehrsgeographie aufmerksame Beachtung, zumal sie sich vielfach in ganz neuen Gedankengängen bewegt und ein sehr umfangreiches Material auf beschränktem Raum zu meistern sucht.

W. TUCKERMANN, Mannheim.

MAULL, OTTO, *Politische Geographie*. Berlin: Gebrüder Borntraeger 1925. XVI, 742 S. und 29 Textkarten. 17 × 26 cm. Preis RM 36.—.

Der Politischen Geographie oder „Geopolitik“, wie sie als Glied der Staatswissenschaft nach KJELLÉNS Vorgang neuerdings oft bezeichnet wird (ein inhaltlicher Unterschied zwischen beiden Bezeichnungen ist kaum anzuerkennen), sind in den letzten Jahren energische Bemühungen gewidmet worden, um sie aus dem Stadium des durch mehr oder weniger geistreiche Aphorismen illustrierten Postulats zur wirklichen systematischen Wissenschaft zu erheben. Selbstverständlich hat vor allem der Weltkrieg mit seinen Folgen vielen die Augen für die Bedeutung der geographischen Umstände in der Politik geöffnet und den Ruf nach geographischer Begründung der Politik und geographischer Erziehung der Staatsmänner laut werden lassen. Jedoch gerade der mangelhafte wissenschaftliche Ausbau der politischen Geographie stand bisher der Erfüllung der Forderung entgegen, und jene neueren Bemühungen hatten trotz vieler guter, ja zum Teil vorzüglicher Einzelleistungen noch keinen durchschlagenden Erfolg erzielt, handelt es sich dabei doch um eine Gruppe der kompliziertesten Lebensgebilde auf der Erde, die Staaten, deren Wesen mit den bisherigen juristischen und soziologischen Methoden nur unzulänglich erforscht war. Das vorliegende Buch der Frankfurter Geographen bedeutet einen großen, freudig anzuerkennenden Fortschritt. Es zeichnet sich zunächst durch eine klare und wohl-durchdachte Disposition aus, was man von vielen Versuchen auf diesem Gebiete nicht sagen konnte (namentlich das an sich zweifellos grundlegende RATZELSche Werk ließ ein einheitliches Prinzip in der Disposition überhaupt nicht erkennen). Auf eine gut unterrichtende und gerecht urteilende geschichtliche Einleitung über die Entwicklung der politischen Geographie folgt als 1. Hauptteil eine Untersuchung über das Wesen des Staates, als „Raumorganismus“, wie er mit zutreffender Begründung genannt wird. Der 2. Hauptteil enthält die analytische Politische Geographie, die wieder zerfällt in die Morphographie (Beschreibung der äußeren Erscheinungsformen, als Größe, Gestalt, Grenzen, Lage) und in die Morphologie der Staaten. Letztere enthält die eigentliche — genetisch begründende — Analyse der geographischen Staatengestaltung, und zwar nach 3 Hauptgesichtspunkten, nämlich a) die Naturlandschaften in ihren einzelnen Faktoren (einschließlich des Klimas) und ihren Haupttypen als physische Unterlagen der Staatengestaltung, b) die menschlichen Gemeinschaften als Träger des Staatsgedankens, endlich c) die durch die menschliche Arbeit geschaffenen Kulturlandschaften als Staatsräume im eigentlichen Sinne, wobei insbesondere die Lage und Verteilung der Wohnzellen (Siedlungskomplexe), die Verkehrsadern und der Nährboden mit dem so wichtigen Problem der Autarkie erörtert werden. Als 3. Hauptteil macht dann eine synthetische Politische Geographie den Beschluß; sie versucht vor allem an der Hand geschichtlicher Beispiele, ja man kann geradezu sagen in Form einer kurzen geographisch gesehenen Weltgeschichte, das Zusammenwirken der aus der Analyse gewonnenen Faktoren in der geschichtlichen und gegenwärtigen Wirklichkeit verständlich zu machen. — Neben der guten Disposition und der anerkanntenswerten Urteilstärke des Verf. verdient namentlich Lob die philosophische Besonnenheit, mit der er seine allgemeinen Grundsätze formuliert und die Politische Geographie in das Gesamtsystem der Wissenschaften

eingliedert; hier hatten bisher eigentlich nur HETTNER und SCHLÜTER verdienstvolle Vorarbeit geleistet, und der Fortschritt besonders über SÜFAN, aber auch über RATZEL, hinaus ist gar nicht zu verkennen. Ich verweise z. B. auf den Abschnitt über die Methoden und Aufgaben der Politischen Geographie, insbesondere über das Verhältnis von Geographie und Geschichte. Mit Recht wird das angebliche Nebeneinander einer geographischen und einer geschichtlichen Kausalität verworfen. Wie alle Naturserscheinungen lassen sich auch die Lebensformen und Betätigungen der Staaten verstehen als die Aktion eines Willenszentrums, dem die Kräfte der Umwelt entgegenwirken. Aus dem Zusammentreffen der endogenen und der exogenen Energien, die sich wechselseitig beeinflussen und umgestalten, geht dann die äußere „wirkliche“ Erscheinungsform hervor. Bedeutende geschichtliche Persönlichkeiten, die die Historiker gern in Gegensatz zur geographischen Kausalität bringen möchten, sind zwar gewiß besonders bemerkenswerte Äußerungen der in der Volksgemeinschaft verkörperten Willenskraft, aber sie sind in ihrem Wesen, ihrer Genesis, genau so von physisch-geographischen Verhältnissen beeinflußt und in ihrem Wirken genau so von solchen abhängig wie die Volksgemeinschaft überhaupt. — Auf weitere Einzelheiten kann im Rahmen dieser kurzen Besprechung selbstverständlich nicht eingegangen werden. Zu mancherlei kritischen Bemerkungen würde namentlich der synthetische Teil Anlaß geben. So scheint mir z. B. (S. 601ff.) der Begriff des „Einheitsgebietes“ oder „Einheitsraumes“ nicht klar genug definiert. Es wird nicht recht deutlich, welcher Unterschied zwischen „Einheitsgebieten“ und „Ländern“ besteht. Die Erläuterung auf S. 609—610 trifft meines Erachtens nicht das Richtige: nicht, wie MAULL will, in der engen organischen Verknüpfung der einzelnen Raumelemente liegt das Wesentliche der „Einheit“ — diese organische Verknüpfung ist in jeder einigermaßen ausgeglichenen Gestaltung vorhanden —, sondern in der (relativ) großflächigen Ausdehnung ein und derselben Verbindung von Strukturelementen. Der Begriff des „Landes“ bei MAULL (S. 607f.) ist nahe verwandt mit dem, was R. SIEGER „natürliches Verkehrsgebiet“ nennt, unterscheidet sich aber von diesem durch das stärkere Hervortreten des menschlichen Zweckgedankens, was Verf. freilich nicht genügend hervorhebt. Ohne die menschliche Tendenz, bestimmte Landschaften und Landschaftsteile zu einem Ganzen zusammenzuschließen, gäbe es wohl „natürliche Verkehrsgebiete“ (im Sinne SIEGERS) und „Einheitsräume“ (im Sinne MAULLS), aber nicht „Länder“. Dies ließe sich gerade an den von MAULL angeführten Beispielen nachweisen, doch muß ich hier darauf verzichten. Ein Irrtum MAULLS ist es auch, wenn er (S. 602, Anm. 1) meint, daß SÖLCH die Areale der geographischen Strukturelemente als „Choren“ bezeichne; diese Areale heißen bei SÖLCH vielmehr „Georäume“, und die „Choren“ sind gleichbedeutend mit MAULLS „Einheitsgebieten“.

Diese wenigen Einwände möge man nur als Beweis auffassen, daß MAULLS Werk auch da, wo man anderer Meinung ist, durch seine gründliche Art zu weiterem Nachdenken und Forschen anregt. Es ist, alles in allem genommen, gegenwärtig zweifellos das beste Handbuch der politischen Geographie, als Unterlage beim wissenschaftlichen Unterricht und als neuer Ausgangspunkt der Forschung vorzüglich geeignet; höchst dankenswert sind auch die reichen Literaturangaben, besonders im synthetischen Teil, und die ausführlichen Register. Möchte vor allem der vom Verf. selbst so

trefflich begründete Wunsch, daß das Werk zur praktischen Verwertung der in ihm vorgetragenen Lehren und Erkenntnisse beitragen möge, in Erfüllung gehen! Allzu hoffnungsvoll ist Ref. in dieser Beziehung bei unserem derzeitigen Bildungsstande nicht gestimmt, handelt es sich doch zumal beim vorliegenden Buch um ein umfangreiches und nicht leicht lesbares Werk, das mit Hingabe studiert sein will. Aber wir dürfen nicht müde werden zu betonen, daß eine Staatswissenschaft, die die politische Geographie nicht ausgiebig berücksichtigt, künftig den Namen einer Wissenschaft überhaupt nicht verdient. W. VOGEL, Berlin.

TITIUS, ARTHUR, *Natur und Gott*. Ein Versuch zur Verständigung zwischen Naturwissenschaft und Theologie. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht 1926. X, 851 S. Preis geh. RM 24.—, geb. RM 27.—.

Die Bestrebungen, von denen der Verf. dieses bemerkenswerten Buches geleitet wird, verdienen in hohem Maße Dank und Anerkennung. Sie sind auf die Herstellung eines Friedens zwischen Wissen und Glauben gerichtet. Hierfür hat der Verf. grundsätzlich den Standpunkt verlassen, von dem aus bisher seitens der Theologen die Verhandlungen geführt worden sind, nämlich den des Kampfes von oben herab, und hat den Weg der schiedlich-friedlichen Auseinandersetzung eingeschlagen. Und um auf diesem Wege das Seine zu tun, hat er sich mit einer Energie und Ausdauer in das Studium des weitschichtigen Materials vertieft, das von der Gegenseite zum Weltbegriff beigebracht worden ist, welche die höchste Achtung verdienen. Bedenkt man, welche sachlichen Schwierigkeiten bei derartigen Studien dem entgegenstehen, dessen ursprüngliche Ausbildung nach wesentlich anderer Richtung stattgefunden hatte, ganz abgesehen von den inneren Hemmungen, welche sich dem Betreten eines bisher als feindlich angesehenen Gebietes entgegenstellen, so wird man unter allen Umständen mit lebhafter Teilnahme sich darüber unterrichten wollen, welche Ergebnisse ein solches ungewöhnliches und lobenswertes Unternehmen zeitigt hat.

Diese Bemerkungen sind vorausgeschickt worden, um von vornherein den Sinn und Geist zu kennzeichnen, in welchem die nachfolgenden Darlegungen aufgefaßt werden sollen. Wie es bei einem solchen ersten Versuch nicht anders zu erwarten ist, haben sich mancherlei Schwierigkeiten und Widerstände herausgestellt, welche die unmittelbare Annahme der von der anderen Seite vorgeschlagenen gemeinsamen Grundlage verhindern. Um sie zu beseitigen, müssen sie zunächst in aller Klarheit gekennzeichnet werden, und dies darf man wohl als die wichtigste Arbeit ansehen, die nun im Sinne des vom Verf. Angestrebten getan werden kann und muß.

Zunächst ein Blick auf die Ökonomie des Werkes.

Nach Vorwort und Einführung wird der Gegenstand in 8 Teilen behandelt: 1. Die Bedeutung der Natur für die Religion und ihre Geschichte. 2. Wissenschaftliche und religiöse Naturanschauung in der Geschichte des Christentums. 3. Das physikalisch-chemische Weltbild. 4. Das Leben und seine Formen. 5. Der Mensch im Lichte der Naturwissenschaft. 6. Der religiöse Wert des naturwissenschaftlichen Weltbildes. 7. Religion und Naturwissenschaft im Zusammenhang mit der Kulturphilosophie und der Erkenntnistheorie. 8. Abschließende Ergebnisse und letzte Fragen. Die ersten 300 Seiten sind der geschichtlichen Vorbereitung gewidmet. Dann folgt eine Darstellung der gegenwärtigen Naturwissenschaft bis zur Physiologie des Menschen, jedoch mit Ausschluß der Psychologie, von 270 Seiten, worauf dann die naturwissenschaftlich-religiösen Zu-

sammenhänge in etwa gleichem Umfang erörtert werden.

Von diesen 3 Teilen erscheint der mittlere als das Sorgenkind. Zwar gibt er ein Zeugnis dafür, mit welcher Sorgfalt der Verf. sich bemüht hat, die gegenwärtige Physik, Chemie und Biologie kennenzulernen und hat darin seinen Wert. Ob aber diese Auszüge aus den entsprechenden Schriften den Berufsgenossen des Autors unmittelbar von Nutzen sein werden, darf zweifelhaft erscheinen. Denn sie gehen häufig viel zu weit auf Einzelheiten ein, die aus den mitgeteilten Schlagworten sachlich nicht verstanden werden können. Und als maßgebende allgemein-philosophische Zusammenfassung der Gebiete können sie nicht gelten, weil die Darstellung aus zweiter und dritter Hand, wie sie hier notwendig vorliegt, doch die innere Sicherheit und Folgerichtigkeit nicht bringen kann, die nur dem Fachmann erreichbar ist. So ist z. B. S. 304 BERTHELOT mit BERTHOLLET verwechselt und die Erkenntnis des Einflusses der Mengenverhältnisse auf chemische Vorgänge vom Ende des 18. Jahrhunderts nach 1861 verlegt worden. S. 402 ist die Dielektrizitätskonstante der Luft mit der des Wassers verwechselt; S. 407, Anmerkung, ist die Erklärung der Katalyse unzutreffend. Der Verf. hätte besser getan, auf die zahllosen an ihm angeführten Einzelheiten in diesen Kapiteln zu verzichten, da sie zur Sache selbst nichts Entscheidendes beitragen und nur Angriffspunkte für rücksichtslose Gegner liefern. Das Ideal wäre hier eine reine Herausarbeitung des Grundsätzlichen und Wesentlichen zwar auf Grund jener Einzelheiten, aber ohne ihre Einzelangabe gewesen. Dazu finden sich mancherlei Ansätze, die durchgeführt werden könnten, während sie hier noch vom Detail gestört und unterdrückt werden.

Während in einem Gebiet, wo die eigene schaffende Arbeit des Verf. notwendig zurücktritt, zuviel oder vielmehr zu mancherlei geboten wird, hat der Berichterstatter aus dessen eigenem Arbeitskreise Wesentliches vermisst.

Dies ist vor allen Dingen eine Kennzeichnung und Beschreibung des „religiösen Erlebnisses“, auf welchem das Sicherheitsgefühl des Glaubens beruht. Gerade für den Kreis der Naturforscher, dessen Beeinflussung ein Hauptzweck des Buches ist, muß dies als eine unbedingte Notwendigkeit bezeichnet werden, und hier hätte der Verf. gar nicht ausführlich genug sein können. Denn es handelt sich hier um den Schwerpunkt der ganzen Angelegenheit.

Der Naturforscher stellt fest, daß die Fortschritte der Wissenschaft allgemein bindende Beschaffenheit haben. Weil sie überall nachgeprüft werden kann, findet eine neue Entdeckung Aufnahme in den allgemeinen Wissensbestand, falls sie solche Prüfungen besteht. Sie ergibt eine Wahrheit, die zwar in der Folge eingeschränkt oder erweitert, bedingt oder auch umgefaßt werden mag, die sich aber in der Hauptsache als dauerhaft erweist und der sich niemand widersetzt, der Sachkenntnis hat.

Mit der religiösen Wahrheit verhält es sich durchaus anders. Sie wird als unbedingt sicher höchstens von dem empfunden, über den das religiöse Erlebnis gekommen ist. Hat er die Fähigkeit mitreißender Überlieferung durch Rede oder Schrift, so gewinnt er eine größere oder kleinere Anzahl Anhänger, bei denen aber das Gefühl der Sicherheit viel geringer ist und häufig durch andere Einflüsse ganz aufgehoben werden kann.

Kein religiöses Erlebnis, von dem die Menschengeschichte weiß, hat die Kraft besessen, die ganze Menschheit zu erfassen und zu überzeugen, wie es jede naturwissenschaftliche Entdeckung kann. Und jenen Trägern solcher Erlebnisse, von denen wir Genaueres wissen, sind niemals Zeiten des Zweifels erspart geblieben, selbst wenn es ihnen zuletzt gelang, diesem die Zugänge zu ihrem Bewußtsein dauernd abzuriegeln.

Daraus ergibt sich unsere Auffassung des Verhältnisses zwischen Wissen und Glauben. In den älteren Zeiten des Menschengeschlechtes hat es einen Unterschied zwischen beiden nicht gegeben, und wir haben uns gewöhnt, die Summe zusammenfassender Gedanken, welche die Menschheit damals erarbeitet hatte, mit dem Sammelbegriff Religion zu bezeichnen. Durch einen sehr natürlichen psychologischen Vorgang bei den Trägern jener Weisheit, den Priestern, ist die Tendenz entstanden, die vorhandenen Weistümer als unveränderlich anzusehen und sich jedem Versuch einer Änderung zu widersetzen. Andererseits entstand zuerst langsam, dann beschleunigt ein Fortschritt über jenen Standpunkt hinaus, denn der Mensch ist unter allen Mitbewohnern der Erde durch die Eigenschaft des Fortschreitens ausgezeichnet. Dies ist die Quelle des Kampfes zwischen Religion und Wissenschaft. Sein Verlauf kann kurz dahin gekennzeichnet werden, daß die Wissenschaft sich ein Gebiet nach dem anderen zu freier Verfügung erkämpft, das vorher von der Religion gehalten war, und zwar erhebt sich im Laufe der Zeit die Grenze genau nach der Ordnung der Pyramide der Wissenschaften. An die Zeit, wo Ordnungswissenschaft, Mathematik und Geometrie der Religion angehörten, haben wir kaum Erinnerungen. Vielleicht darf der alttestamentliche Bericht, daß das Verbrechen einer Volkszählung von Gott durch eine Pest bestraft wurde, hierher gerechnet werden. Gegen die Mechanik in ihrer Anwendung auf Astronomie kämpfte zu Beginn der Neuzeit die Kirche mit aller Macht, und ebenso wurde die entwicklungsgeschichtliche Einreihung des Menschen in die Gesamtheit aller Lebewesen in der zweiten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts als religionswidrig bekämpft.

In dem vorliegenden Werk finden wir diesen Standpunkt aufgegeben, und insofern kennzeichnet es religionsgeschichtlich eine neue Epoche. Die Trennungslinie wird nunmehr dorthin verlegt, wo das Gebiet des „Geistes“ beginnt. Es ist daher natürlich, daß dem Verf. die Einbeziehung der Psychologie unter die Naturwissenschaften nicht zusagt und noch weniger unser Standpunkt, daß es nur eine Wissenschaft gibt und daher die Entgegensetzung von Natur- und Geisteswissenschaften ein zwar geschichtlich erklärlicher aber sachlich nicht gerechtfertigter Fehler ist. Auf die Wissenschaften vom Leben, denen die Psychologie als oberste einzuordnen ist, bauen sich die sozialen oder Kulturwissenschaften auf, wo die sog. Geisteswissenschaften ihre organische Unterkunft finden. Da diese noch weit von der Rationalisierung entfernt sind, die ihnen künftig bevorsteht, kann sich hier die Religion zur Zeit noch bewegen, ohne viel anzustoßen, wenn man ihr freilich eine ausschlaggebende Stimme nicht mehr wird zuerkennen können. Strittig ist vielmehr zur Zeit hauptsächlich die Psychologie, und dort liegt auch der vorher gekennzeichnete Schwerpunkt des gegenwärtigen Gegensatzes zwischen Wissenschaft und Religion.

WILHELM OSTWALD, Großbothen.

Heilkunde und Naturwissenschaft.

Von A. GOTTSTEIN, Berlin.

Vor fast Jahresfrist erschien ein Aufsatz des Berliner Chirurgen AUGUST BIER, „Wie sollen wir uns zur Homöopathie stellen?“¹⁾ Er löste bis heute einen ungewöhnlich starken Widerhall aus. Das Aufsehen verdankte er zuerst der *Bedeutung des Verfassers*. BIER ist eine starke, urwüchsige Persönlichkeit, eine Führernatur, ein Mann von scharfem Blick und großer Arbeitskraft; er sieht neue Probleme, geht an sie frei von Voreingenommenheit und Schulmeinung heran, er versenkt sich dann in die Quellen mit eingehenden literarischen Studien und bemüht sich, seine Funde in einem System zusammenzufassen. Seine Lehren entspringen fast stets der Beobachtung in praktischer Berufstätigkeit, sie knüpfen an die nächstliegenden Vorgänge an, die der Mehrzahl selbstverständlich erschienen, während gerade an der geltenden Deutung der scharfe Zweifel von BIER begann. Durch diese Art, die Dinge zu sehen und zu erklären, war es BIER im Laufe der Jahrzehnte geglückt, eine Reihe neuer Behandlungsmethoden an Stelle bisher geltender in die Chirurgie einzuführen, die zum Teil tiefgehende Umstellungen bedeuteten. Zum zweiten aber verdankt dieser Aufsatz von BIER das Aufsehen seinem *Inhalt*. BIER erklärte, die Homöopathie sei nicht der Unsinn, als der sie hingestellt werde; wir könnten viel aus ihr lernen; er begründete seine Auffassung eingehend durch Erörterungen, eigene ältere Erfahrungen und neue Beobachtungen. Er unterstellt als zutreffend, daß schon in der ursprünglichen Form, welche die Homöopathie seit 1796 durch ihren Begründer HAHNEMANN erfuhr, viel Falsches enthalten gewesen sei, was nicht aufrecht erhalten werden könne; übrigens sei HAHNEMANN kein Sektierer, sondern ein scharfsinniger und namentlich in der Chemie gut unterrichteter und auch um andere Fragen verdienter Gelehrter gewesen. Auch davon werde der Kern seiner Auffassungen nicht berührt, daß mit der Homöopathie seither viel Unfug getrieben worden sei. BIER will lediglich vertreten, daß in den Grundlehren der Homöopathie ein guter Kern stecke, daß die Ärzte aus ihr viel lernen und durch ihre Grundsätze die eigenen Heilmittel vermehren und verbessern könnten. Als ersten Eckpfeiler der Homöopathie sieht er die *Ähnlichkeitsregel* an, den Satz: Similia similibus curantur, d. h. die Lehre, daß diejenigen Mittel und Heilverfahren, die in stärkerer Anwendung eine bestimmte und charakteristische Symptomenreihe krankhafter Erscheinungen hervorrufen, in entsprechend kleinerer Dose diese selben Symptomenkomplexe aufzuheben vermögen.

¹⁾ Münch. med. Wochenschr. 1925, Nr. 18/19, auch als Sonderheft.

Für BIER ist diese Lehre nur ein besonderer Fall oder eine andere Fassung der sog. ARNDT-SCHULTZschen Regel, nach der Heilmittel und Heilverfahren in kleinen Dosen als Reize erregend, in größeren Dosen lähmend wirken; daher erhöht oft in kleiner Dose dieselbe Arznei eine Organtätigkeit, die sie in hoher vernichtet. Die Arzneimittelwirkung sei also in erster Linie von der Dosierung abhängig, deren richtige Wahl das kranke Organ zu erhöhter Leistung im Sinne der Naturheilung anrege. Die zweite Stütze der Homöopathie sei die Arzneiprüfung am gesunden Menschen, die zu dem Ergebnis führe, daß der Kranke und besonders das chronisch erkrankte Organ schon auf viel kleinere Gaben des gleichen Mittels und viel stärker reagiere, als das gesunde. Mit der dritten Lehre von HAHNEMANN, die den größten Widerspruch gefunden hat, der Lehre von der Potenzierung der Wirkung durch Verdünnung in den Potenzen von 10 bis zur Unmöglichkeit jeden Nachweises, findet sich BIER leicht ab. Die Auffassung, daß chemische Substanzen in fein verteiltem und aufgeschlossenem Zustande die Organe leichter erreichten und anders wirkten, als in grober Form, sei durch die neuen physikalisch-chemischen Lehren gestützt; seit der Einführung der Antitoxinbehandlung, der Anwendung der Produkte der inneren Sekretion und der Vitaminforschung haben wir auch gelernt, spezifische Reaktionen von Substanzen in solchen Verdünnungen herbeigeführt zu sehen, die kaum noch von den gebräuchlichen der Homöopathie abweichen.

Dann beruft sich aber BIER weiter darauf, daß es ihm geglückt sei, durch Ausgang vom Satze des Similia similibus neue wirksame Heilverfahren zu entdecken, und er empfiehlt sie der Nachprüfung durch die Ärzte. BIER hat an sich selbst und an anderen große Erfolge bei frischen katarrhalischen Erkrankungen durch innerlichen Gebrauch von Jod in starker Verdünnung erzielt, während bekanntlich Jod in den gebräuchlichen Mengen Schnupfen und Katarrhe hervorruft. Unbestritten sei die Wirkung des Schwefels auf die Haut. Die Prüfung an gesunden Menschen und die Erfahrungen bei der chronischen Schwefelvergiftung zeigten, daß hohe Gaben, innerlich genommen, Hautgeschwüre, Ausschläge und Furunculose erzeugten. Nun habe er und seine Schüler an einem großen Material hartnäckige Furunculosen der Haut, die lange allen übrigen Behandlungsmethoden getrotzt hätten, durch das homöopathische Mittel Sulfojodat D 6 geheilt. Er selbst habe dann Schwefelverreibungen nach den Vorschriften der Homöopathie in Tablettenform, täglich etwa 0,0003 mg Jodschwefel bis zur Heilung gegeben.

In den hartnäckigsten Fällen sei diese durch im ganzen 0,01 mg Jodschwefel oder durch noch weniger erfolgt, auch bei Erkrankungen, die seit 3—9 Jahren unter den verschiedensten gebräuchlichen Heilverfahren fortwährend Rückfälle erlitten hätten. Schließlich wendete BIER den Gedanken: Similia similibus auf eine gefährliche, die chirurgischen Krankenhäuser heimsuchende Erkrankung an, nämlich auf die nach Operationen auftretende Bronchitis oder Lungenentzündung, die durch die lähmende Wirkung des zur Narkose verwendeten Äthers auf die Lungen herbeigeführt werden. Hier hätten sich ihm die Einspritzungen von $\frac{1}{2}$ —1 ccm Äthers, rein oder mit Olivenöl, glänzend bewährt, aber nur bei den Äthernarkoseerkrankungen, nicht bei anderen akuten Lungenentzündungen und auch hier nur nach eingetretenen Erkrankungen oder in deren Beginn, nicht aber als Vorbeugungsmittel. Diese Wirkung konnte seither von anderen nicht beobachtet werden.

Die Stellungnahme von BIER führte zu Gegenäußerungen von Vertretern der wissenschaftlichen Medizin. Eine Anzahl von Aufsätzen wies auf die schwachen Punkte in der Beweisführung von BIER und die zahlreichen Fälle des Nichtzutreffens der ARNDT-SCHULTZschen Regel hin. Dann hielt der Berliner Verein für innere Medizin und Kinderheilkunde am 29. Juli 1925 eine Sitzung ab mit dem Gegenstand: „Zur Kritik der Homöopathie“. Antwort auf die Frage von Geheimrat BIER: „Wie sollen wir uns zur Homöopathie stellen?“. Bericht-erstatte waren der Marburger Kliniker E. MÜLLER und der Göttinger Pharmakologe W. HEUBNER. An der Erörterung beteiligte sich eine größere Anzahl Kliniker, unter ihnen auch BIER selbst. Die Verhandlungen sind später, ergänzt durch 2 Aufsätze des Wiener Pharmakologen H. H. MEYER und des Würzburger Kinderarztes RIETSCHEL, im Verlag von Georg Thieme erschienen. In den Erörterungen wurde eine Reihe von wichtigen allgemeinen Grundsätzen der wissenschaftlichen Heilkunde und Kritik hervorgehoben, oder richtiger, aus der Jahrhunderte alten Geschichte der Heilkunde erneut wieder vorgebracht und darauf hingewiesen, daß die Beobachtungen von BIER, unter der Voraussetzung ihrer Bestätigung, durchaus auch anderen Deutungen zugänglich seien. Es wurde der Faktor der Selbstheilung und der der psychischen Beeinflussbarkeit Erkrankter gewürdigt.

Sehr zutreffend wies HEUBNER auf 2 Gesichtspunkte hin. Er betonte zuerst den Gegensatz von Forscher und Praktiker, der in vielen Fällen zu einem Zwiespalt zwischen feststehendem Wissen und der Notwendigkeit eines sofortigen Handelns führe, auch dann, wenn sichere wissenschaftliche Unterlagen für dieses Handeln fehlen; der Beruf des Arztes erfordere dann gebieterisch, daß sein Denken Erfüllung von Wünschen suche, und daher sei die subjektive Erfahrung über Heilerfolge oft durch Affekte getrübt. Er belegte in diesem Kreise von Sachverständigen die Gefahr der Selbsttäuschung über Heilerfolge durch einige weniger

bekannte neuere Tatsachen; aber jeder Außenstehende, der die Vorgänge der letzten Jahrzehnte erlebt hat, kennt ja zahlreiche, oft Aufsehen erregende derartige Fälle. Deshalb verlangte HEUBNER mit aller Bestimmtheit, daß auch an die Prüfung der Angaben über erzielte Heilerfolge derselbe strenge und objektive Maßstab von exakter Methodik gelegt werde, wie dies die Naturwissenschaften gegenüber den Ergebnissen ihrer Beobachtungen zu tun gewohnt seien. Weiter aber bestritt HEUBNER unter Berufung auf ein großes Material die Richtigkeit sowohl der Schlußfolgerung von HAHNEMANN, wie der sog. ARNDT-SCHULTZschen Regel, daß kranke Organe empfindlicher seien als gesunde, und daß kleine Dosen von Giften erregend, große lähmend wirken. Selbst die einzige Beobachtungsreihe, auf die SCHULTZ seine Lehre gestützt habe, sei nicht bestätigt worden; in einigen Fällen allerdings träfe bei weiter Auslegung des vieldeutigen Begriffes der Reizung die Angabe zu, in zahlreichen anderen Fällen dagegen nicht; da alle Substanzen, die als erregende Gifte bekannt seien, bei Steigerung ihrer Konzentration schließlich einmal eine schädliche, die Struktur zerstörende Wirkung haben müssen, so sei es nicht schwer, eine Reihe scheinbar beweisender Beispiele beizubringen. Die Verschiedenheit in der Wirkungsweise kleiner und großer Dosen zeige keine faßbare Gesetzmäßigkeit, sondern sei eine Serie von Problemen, ein Konglomerat verschiedener Erscheinungen. Aus den in der Erörterung gemachten Ausführungen sind hier noch die von GOLDSCHIEDER erwähnenswert. Es sei gewiß unsere Pflicht, die Beobachtungen von BIER nachzuprüfen. Aber selbst im Falle ihrer Bestätigung sei dies kein Beweis für die Richtigkeit der homöopathischen Lehre, weil diese ein medizinisches System darstelle, das alles nach einem Prinzip behandle; das aber sei verwerflich, denn es gäbe kein medizinisches System; man müsse auf Grund eines Verständnisses für das pathologische Geschehen, nicht aber mit doktrinärem Ausgehen von gewissen Grundsätzen an die Heilung von Krankheiten herantreten.

Eine besondere Beachtung aber verlangen die Äußerungen von BIER selbst in dieser Erörterung. Er bekannte sich nochmals zum homöopathischen Ähnlichkeitssatz, aber er bekämpfte jetzt den Standpunkt von HEUBNER von der *Medizin als Wissenschaft*. Die Naturwissenschaften seien nur die Dienerinnen der Medizin, allerdings ungeheuer wichtige Dienerinnen. HIPPOKRATES hätte das Gehirn für ein schleimabsonderndes Organ gehalten, nichts vom Blutkreislauf gewußt, und sei doch der beste Arzt gewesen, den wir gehabt haben. Medizin sei auch Kunst, und in der Kunst spiele die Intuition eine außerordentlich große Rolle. Es fiel ihm nicht ein, die Wichtigkeit der Naturwissenschaften für die Heilkunde zu leugnen, aber diese selbst sei *nicht* Naturwissenschaft.

Bei diesen Bemerkungen von BIER muß zu-

gegeben werden, daß sie in einer Erörterung ausgesprochen wurden, in der eine eingehendere Begründung gar nicht möglich war. BIER beabsichtigt jetzt seine grundsätzliche Stellung nochmals ausführlich auseinanderzusetzen; bisher liegt nur die Einleitung vor¹⁾. Schon die damaligen Äußerungen von BIER in ihrer programmatischen Kürze wirkten wie eine Absage an die naturwissenschaftliche Einstellung in der Medizin. Dieser Eindruck wird durch den neuen Aufsatz von BIER verstärkt. BIER meint hier, daß große Grundwahrheiten einfach seien und mit einfachen Beobachtungsmitteln erkannt werden könnten, daß die Entdeckungen der Physiologie, Pathologie, Bakteriologie usw. zwar ungeheuer wichtig seien, aber zu Unrecht als unentbehrliche Voraussetzung für eine wissenschaftliche Medizin und deren praktische Anwendung angesehen würden. Es sei eine Einkehr nötig, ob nicht das einfache naive Schauen und Denken uns verloren gegangen sei, und ob es nicht in großen Grundfragen weiter führe als noch so fein ausgeklügelte technische Hilfsmittel und die Ansammlung ungeordneter und nicht mehr übersehbarer Wissenswustes. Es darf hier daran erinnert werden, daß NERNST in seiner Rede „Zum Gültigkeitsbereich der Naturgesetze“²⁾ ebenfalls das „Simplex veri sigillum“ vertritt, aber mit ganz entgegengesetzten Deutungen und Folgerungen.

Nunmehr unterliegen die tatsächlichen Angaben von BIER und seinen Schülern der klinischen Prüfung. Für die Leser dieser Zeitschr. sind aber die grundsätzlichen Einstellungen von BIER wichtiger. Und deshalb möge darauf hingewiesen werden, daß gerade in der Gegenwart Zweifel an den Unterlagen der Denkmethodik in der Medizin zu einer starken Unsicherheit geführt haben. Zwar der von HEUBNER gekennzeichnete Zwiespalt, je nachdem der Wissenschaftler oder der durch Lücken seines Wissens eingeeengte und doch mit der Pflicht und dem Wunsch zu helfen am Krankenbett tätige Arzt in Betracht kommt, ist alt. Sehr interessant ist, daß L. ASCHOFF in der soeben erfolgten Veröffentlichung seiner noch vor dem Bierschen Auftreten im Jahre 1924 gehaltenen Vorlesungen schon in dem ersten Aufsatz sich mit dem gleichen Gegensatz in etwas anderer Form beschäftigt; er spricht von der *Doppelstellung* des Pathologen, der als reiner Naturwissenschaftler kausal urteilen und sich auf Physik und Chemie stützen, der aber als Berater des Klinikers auch teleologische Betrachtungen einbeziehen müßte. Man darf freilich die Stellungnahme von HEUBNER und ASCHOFF keineswegs zusammenwerfen mit den heute gar nicht so vereinzelt Äußerungen anderer Mediziner, die einfach die naturwissenschaftliche Einstellung der Medizin eines für sie überwundenen Zeitabschnittes für erledigt erklären und an deren Stelle andere, nicht ganz klare, zuweilen mystische Systeme setzen wollen. Man braucht diese Äußerungen einer

gärenden Zeit noch nicht allzu ernst nehmen. Aber die Stellungnahme eines Mediziners von der Bedeutung von BIER hat die Zahl dieser Unsicheren und Schwankenden und ihr Selbstbewußtsein stark erhöht. Mit dem Satze, daß für den Erfolg ärztlicher Maßnahmen auch die Persönlichkeit des Helfers am Krankenbett eine große Rolle spielt, mit diesem selbstverständlichen und unbestrittenen Satz ist ein Grund zur Ablehnung des naturwissenschaftlichen Denkens in der Medizin noch nicht gegeben, und ebenso wenig mit berechtigtem Tadel einer allzu theoretischen Einstellung mancher Schulen. Auch die gerade heute mächtige Strömung, welche die Einwirkung auf die Seele des Erkrankten in den Vordergrund stellt und die Heilung vieler krankhaften Vorgänge ausschließlich durch psychotherapeutische Verfahren erreichen will, muß hier erwähnt werden. Auch ihr liegt manches Richtige, weil Selbstverständliches, zugrunde. Es genügt hier, an die Darstellung von KREHL in seiner pathologischen Physiologie zu erinnern und auf die Worte von NAUNYN hinzuweisen, mit denen er in seiner Lebensbeschreibung dieser Frage gedenkt. Er sieht die Beeinflussung der Seele des Kranken zum Zwecke, sein Vertrauen zu gewinnen, als eine selbstverständliche und dankbare Forderung an; die „Psychotherapie“ aber als eine selbständige und „dominierende“ Methode verwirft er; man mache davon so viel Aufhebens, weil jeder Ignorant sich als Psychotherapeut aufspielen könne. Trotzdem wird gerade in der Gegenwart mit der Ausdehnung psychotherapeutischer Schulen und Sekten zugleich die Abkehr von der naturwissenschaftlichen Richtung der Medizin verbunden. Und gerade, weil BIER mit der Empfehlung der ihm als erprobt geltenden neuen Heilverfahren zugleich zur Ablehnung der Heilkunde als Naturwissenschaft sich bekennt, gewinnt sein Vorgehen allgemeine Bedeutung und darf eine Würdigung an dieser Stelle beanspruchen.

Der Herausgeber dieser Zeitschr. hat mich aufgefordert, über die durch das Auftreten von BIER entfachten Erörterungen nicht nur zu berichten, sondern auch zu ihnen Stellung zu nehmen. Ich glaube das hier nur dadurch tun zu sollen, daß ich zunächst einmal die Fragestellung des Problems nachprüfe.

In dem Satz „Similia Similibus“ und auch in dem ihm gegenübergestellten und nicht anders zu beurteilenden Satze von GALEN „Contraria contrariis“, heißt das Prädikat „Curantur“, was sowohl „behandeln“ wie „heilen“ bedeuten kann, hier aber im letzteren Sinne gebraucht wird. Er müßte ergänzt werden durch die drei alten ärztlichen Sätze „Medicus curat, natura sanat“, den anderen „Qui bene diagnosticit, bene sanabit“ und den letzten: „Primum non nocere“. Der Satz nimmt als selbstverständlich vorweg, daß es Heilmittel gibt und daß Leiden überhaupt nur durch ihre Anwendung beseitigt werden; ihm fehlt das Subjekt oder richtiger die Kennzeichnung

¹⁾ Münch. med. Wochenschr. 1926, Nr. 14.

²⁾ Naturwissenschaften 1922, Nr. 26.

des Gegenstandes der Anwendung von Heilmitteln. Gegenstand der Behandlung waren nach HAHNEMANN entsprechend dem damaligen Stande des Wissens bestimmte Symptome oder Symptomen-gruppen. Sie bilden noch heute für viele seiner Anhänger und mehr noch für die Mehrzahl der Hilfesuchenden das Ziel der Behandlung. Für den wissenschaftlichen Mediziner war bis vor kurzem der Gegenstand der Behandlung die *Krankheit*, deren Bewertung und Abgrenzung vom herrschenden pathogenetischen System bestimmt wurde. Gegenwärtig gilt auch das nicht mehr, vielmehr soll den Gegenstand der Behandlung die gesamte Persönlichkeit bilden, und die heutige Klinik bemüht sich, für die normalen und pathologischen Vorgänge die Zusammenarbeit der einzelnen Organe und Organsysteme unter dem Einfluß der mehrfach vorhandenen zentralen und peripheren Regulationsmechanismen zu erforschen; sie rechnet zum Krankheitsbilde auch die Abwehrvorgänge des Gesamtorganismus, die zuweilen stürmischer sind als der krankhafte Vorgang selbst, und gerade in deren Benutzung liegt die Stärke der therapeutischen Einstellung der Gegenwart, auch in der Chirurgie, in der wir viele Fortschritte den Methoden von BIER verdanken. Nach der heut geltenden Auffassung sind Krankheiten Vorgänge, bei denen der in der Norm harmonische Ablauf der Funktionen des Gesamtorganismus durch äußere oder innere Einflüsse unter veränderten Bedingungen sich vollzieht. Aber schon VIRCHOW verband mit dem Begriff des Krankheitsvorganges den der *Gefährdung* des Gesamtorganismus; wir verstehen daher nach ASCHOFF unter einem Krankheitsprozeß jede Störung im Ablauf der Lebensvorgänge, durch welche der Organismus in seiner biologischen Existenz gefährdet wird, d. h. nicht mehr den gegebenen Lebensbedingungen angepaßt erscheint. Um dies abzuwenden, wird die Hilfe des in den Methoden der Heilkunde vorgebildeten Fachmannes angerufen, der zuerst feststellen soll, ob eine gegenwärtige oder später drohende Gefährdung in dieser Richtung besteht, und der dann die Verfahren der Abhilfe angeben und durchführen soll. Er wird hinzugezogen, wenn der Betroffene seine Gesundheit gefährdet glaubt. Ganz abgesehen von der wirtschaftlichen Seite der Frage, die von dem Verständnis und den Mitteln des Bedrohten beeinflußt wird, hängt der Zeitpunkt der Beanspruchung des Helfers vom subjektiven Ermessen ab; aber nicht nur der Schmerz und das Krankheitsgefühl sind sehr unsichere Maßstäbe, es gibt zahlreiche eingebildete Kranke, Hypochonder und Neurastheniker, Menschen, die eine fehlerhafte Lebensweise nicht aufgeben, aber auch deren Folgen nicht tragen wollen, unrettbare Opfer gesundheitsschädlicher Berufsausübung, tödlich Erkrankte, die über das nahe Ende hinweggetäuscht werden wollen. Auch sie alle verlangen Rat und Hilfe, sie bilden einen großen Teil ärztlicher Inanspruchnahme; hier mögen seelische Einwirkungen, Wunderkuren und Ähnliches, schließ-

lich auch symptomatisch wirksame Heilmittel einen großen Raum einnehmen, aber bei der hier zu erörternden Frage scheiden diese Fälle besser aus. Ebenso sollen hier die Fragen des Arznehungers der Leidenden, der Propaganda der Heilmittelindustrie und manche oft erörterte Mißstände im Heilmittelverkehr nicht erörtert werden. Unter Beweis steht hier zunächst nur die Frage, daß und ob die Heilung einer Krankheit durch die angewendeten Heilmittel herbeigeführt ist, und wenn, ob die Anwendung dieser Mittel der künstlerischen Veranlagung und gedanklichen Einfällen des Helfers oder seiner auf naturwissenschaftlichen Errungenschaften und naturwissenschaftlichem Denken beruhenden Schulung zu danken ist.

Es gibt Heilmittel, und es gibt Gifte und Gegengifte. Dem Studium ihrer Eigenschaften und Wirkungen dient gemeinsam ein besonderes Fach der Heilkunde. Derselbe Körper kann sowohl Heilmittel wie Gift sein. In welchem Sinne er wirkt, das ist in der Tat oft nur eine Frage der Dosierung oder Anwendungsform. Es gibt auch eine Reihe von Substanzen, die an sich Nahrungs- oder Genußmittel sind, die aber in besonderen Fällen ausgezeichnet wirkende Heilmittel werden, so z. B. Pflanzensäfte bei Avitaminosen, wie Skorbut. Es gibt weiter auch Arzneimittel oder Gifte, deren Wirkungen sich gegen einen einzelnen Vorgang richten, einen Vorgang, der sowohl im normalen wie im krankhaften Ablauf der Körpererscheinungen bedeutungsvoll ist. Das sind symptomatische Heilmittel wie Schlafmittel, schmerzstillende Mittel, Abführmittel, lähmende, betäubende oder erregende Substanzen. Ein Teil der Heilmittel entstammt der Überlieferung aus Volkserfahrungen oder der Empirie, ein anderer ist durch planmäßige Versuche gefunden worden. Es ist durchaus wahrscheinlich, daß es noch eine Fülle von chemischen Körpern gibt, die in irgendwelcher Form Heilwirkungen entfalten und deren Entdeckung der Zukunft vorbehalten bleibt. Die Heilmittel entstammen nicht nur dem Mineral- und Pflanzenreich, sondern werden neuerdings auch sehr häufig dem Körper entnommen, wie die Heilsera, das Adrenalin, das Insulin. Natürlich ist es ein Aberglaube, daß gegen jedes Gift ein Gegengift, gegen jede Krankheit und jedes Krankheitssymptom ein Heilmittel gewachsen ist, und natürlich bedarf es der wissenschaftlichen Forschungen im Laboratorium oder am Krankenbett, um die Ursachen für die Wirkungen zu erforschen, und weiter bedarf es wissenschaftlicher Untersuchungen, um die zweckmäßigsten Formen der Anwendung aus den Rohprodukten festzustellen. Nicht eine Vorsehung hat Metalle, wie Quecksilber, Arsen, Bismut als Heilmittel gegen die Syphilis geschaffen, sondern sehr mühselige Laboratoriumsversuche erst haben die Verbindungen ausfindig gemacht, die bei zweckmäßig erprobter Anwendungsform Nutzen bringen, anderenfalls ernst schaden. Auch die Behandlungsmethode mit den dem Körper selbst entnommenen Substanzen

beruht auf sorgsamem bakteriologischen, physikalischen und chemischen Studien, sowie folgerichtigen wissenschaftlichen Beobachtungen, und auch für die Anwendung am Krankenbett im Einzelfall bedarf es der Beobachtung und Erfahrung, wie der Kontrolle des Ergebnisses mittels genauer Untersuchungsverfahren, bei denen Zahl und Maß eine Rolle spielen. Der geniale Arzt wird zwar häufiger im Einzelfall das Richtige treffen, als derjenige, der schematisch vorgeht und für jedes Symptom über einen Rezeptvordruck verfügt. Aber die Intuition und der geistreiche Einfall können sehr leicht irreführen. Als vor einigen Jahren in einer Berliner Anstalt eine Massenvergiftung auftrat, ging der geniale Blick sehr stark vorbei, bis der kenntnisreiche Chemiker durch planmäßige Untersuchung im Methylalkohol die Ursache fand. Alle diese Fragen sollen hier nur gestreift werden. Dagegen interessiert hier vor allem die weitere Frage von der Bedeutung der Arzneimittel im Heilverfahren. Da ergibt sich, daß die Anwendung des Heilmittels nur ein Teil dieses Heilverfahrens ist, zwar ein dem Kranken selbst besonders wichtig erscheinender Teil, aber nicht immer auch den Ärzten.

Zunächst zeigt sich, daß der Erfolg einer Behandlung viel mehr von dem *Zeitpunkt ihres Beginns* als von der *Wahl der angewendeten Mittel* abhängt. Wer bestimmt die Behandlungsbedürftigkeit einer Krankheit? In den meisten Fällen doch der Erkrankte selbst oder seine Angehörigen, und dies nur dann, wenn ihnen selbst die Behandlungsbedürftigkeit wahrnehmbar wird. Das ist nur bei einem Bruchteil der Erkrankungen der Fall, bei den plötzlich beginnenden akuten Infektionskrankheiten, bei Verwundungen und Unfällen; sonst entscheiden subjektive Empfindungen wie Schmerz, oder objektiv wahrnehmbare Veränderungen der Form, der Temperatur, der normalen oder ungewöhnlichen Ausscheidungen, die Herabsetzung der Leistungsfähigkeit, nicht zuletzt persönliche seelische Einstellungen. Sehr viele ernste und gefährliche Erkrankungen, namentlich die chronischen, schreiten sehr lange ohne irgendwelche subjektiven Wahrnehmungen fort, während umgekehrt zahlreiche außerordentlich harmlose Leiden mit heftigen subjektiven Beschwerden verbunden sein können. Der Beginn und das Entstehen einer Erkrankung bedarf also sorgfältiger diagnostischer Methodik, die sich von subjektiven Angaben freimacht und deren Verfahren auf naturwissenschaftlichen oder technischen Einrichtungen aufgebaut sind. Die Krankheit auf der Höhe kann sehr oft der Laie erkennen, die Krankheitsanfänge müssen sorgfältig mit Messungsmethoden ergründet werden. Der Erfolg der Behandlung hängt in zahlreichen und den wichtigsten Fällen vom Zeitpunkt ihres Einsetzens ab und wird viel häufiger durch Frühbehandlung als durch Anwendung eines medikamentösen Verfahrens entschieden. Denn je früher die Krankheit in Behandlung genommen wird,

desto einfacher sind die Behandlungsmethoden, je später sie zur Behandlung kommt, desto umständlicher, langwieriger und minder erfolgreich. Nebenbei sei erwähnt, daß unsere ganze moderne Gesundheitsfürsorge auf Frühdiagnose und Frühbehandlung sich aufbaut, und daß in Erkenntnis der Wichtigkeit dieser Forderung zuerst in Amerika, dann bei einigen Krankenkassen in Deutschland die sog. periodische Untersuchung anscheinend Gesunder eingeführt worden ist, gerade um die Anfänge der Erkrankungen herauszufinden. Diese Institute bedienen sich zu ihrem Betriebe sehr komplizierter physikalisch-chemischer diagnostischer Apparate und Verfahren, die unerlässlich sind für die Erfüllung der gestellten Aufgaben.

Weiter aber muß die Frage nach den *Beweisen* für eine Heilwirkung durch ein bestimmtes Mittel gegen eine bestimmte Krankheit oder einen bestimmten Symptomenkomplex erörtert werden. Bei Krankheiten mit einer hohen Sterblichkeit ist der Maßstab die Prozentzahl der Gestorbenen. Das gilt besonders für die akuten ansteckenden Krankheiten mit ihren charakteristischen Erscheinungen. Nur wenige von ihnen, wie Cholera und Pest haben eine Sterblichkeit von 50% der Erkrankten und mehr, d. h. die Wahrscheinlichkeit zu sterben ist die gleiche wie die zu genesen, oder noch größer. Bei der Mehrzahl der einheimischen und mit Recht als lebensgefährlich geltenden Erkrankungen, und gerade bei solchen, bei denen die Antitoxinbehandlung Anwendung findet, liegt die Sterblichkeit um höchstens 10% der Erkrankten; für den tödlichen Ausgang kommt aber meist weniger die spezifische Krankheitsursache, als das Lebensalter, die Konstitution, vorangegangene oder begleitende Erkrankungen als Todesursache in Betracht. Wie soll man hier entscheiden, ob das neue Heilmittel im Einzelfall oder in einer Gruppe von Einzelfällen gewirkt hat, wenn auch ohne diese Behandlung 90% genesen? Der persönliche Eindruck des erfahrenen Beobachters kann, wie zahlreiche Beispiele lehren, zu bedenklichen Urteilstäuschungen führen. Hier kann doch nur der Tierversuch mit maximalen Reizen oder die Kontrolle im Vergleich mit anderen nicht behandelten oder anders behandelten Krankheitsfällen in gleich und genügend großer Zahl, also die Statistik nach korrekter Methode unter Berücksichtigung der Fehlergröße antworten. Nun liegt aber bei der Mehrzahl aller in Behandlung genommenen Erkrankungen eine Lebensgefahr überhaupt nicht vor. Selbst bei den gesundheitlich ungünstigeren Versicherten der Krankenkassen erlangen 97% aller Fälle, bei denen der Arzt Arbeitsunfähigkeit bescheinigt, die Wiederherstellung; von den versicherungspflichtigen Unfällen erledigt sich die übergroße Mehrzahl in wenigen Wochen durch Genesung unter wiedergewonnener Leistungsfähigkeit. Bei der überwiegenden Mehrzahl aller dieser Fälle handelt es sich um Selbstheilung von Leiden, deren Beschwerden der Arzt mildert oder deren Verschlimmerung er verhütet. Auch hier ist

die Beurteilung des Erfolges selbst bei Wunden, Hauterkrankungen oder Augenleiden, wo der Beobachter die täglichen Änderungen sehen kann, schwierig, die Gefahr der Urteilstäuschung groß und die Notwendigkeit der Überwachung der Schlußfolgerung durch Kontrollen nach Zahl und Maß dringend. Dann aber darf nicht übersehen werden, daß gerade jene 3%, bei denen nach der Art des Leidens niemand etwas anderes als den tödlichen Ausgang erwartet, an die Kunst, das Wissen und die Zeit des Arztes besonders hohe Anforderungen stellen, und daß hier bei der Behandlung die Frage der Einwirkung eines Heilmittels überhaupt keine Rolle spielt. Die Zahl und Art der als unheilbar oder tödlich geltenden Krankheiten hat in den letzten Jahrzehnten eine starke Verminderung erfahren, und zwar aus der Nutzenanwendung der Ergebnisse der naturwissenschaftlich eingestellten Forschungen, auch soweit eine Vermehrung des Heilmittelschatzes die Folge war.

Nun bildet das Heilmittel nur einen Teil des Heilverfahrens im Krankheitsfalle. Für das Heilverfahren unerläßlich ist selbst in den Fällen der Anwendung eines sicheren Heilmittels oder in solchen Fällen, in denen es einer medikamentösen Behandlung überhaupt nicht bedarf, die Regelung der Ernährung, die Pflege, die Verhütung von Störungen des Heilverlaufes, die Beratung in der Genesungszeit, die Wiederherstellung der seelischen und körperlichen Leistungsfähigkeit, alles Fragen, von denen die spätere Gesundheit und Arbeitsfähigkeit abhängt. Alle diese Aufgaben verlangen zwar Hingebung und Persönlichkeit, aber doch in erster Linie physiologische Kenntnisse.

Weiter aber gibt es zahlreiche Fälle, bei denen es sich um Genesung, Tod oder Siechtum handelt, in denen, abgesehen von der Behandlung der Symptome, das Medikament versagt, und bei denen eine operative Behandlung in Frage kommt. Die Chirurgie hat bekanntlich in einer Reihe von Krankheiten der inneren Organe durch die Erweiterung ihrer Technik die Behandlung und Genesung überhaupt erst ermöglicht und dem Messer ist jetzt das Zentralnervensystem und das Herzinnere zugänglich gemacht worden. Aber auch hier ist nur scheinbar der Künstler dem Naturwissenschaftler überlegen. Denn ehe der Meister eingreift, ja eingreifen konnte, war auch im operativ behandelten Fall lange Vorarbeit nötig. Diagnose mit Röntgenstrahlen, Asepsis, Narkose, vielleicht ein Überdruckverfahren bei dem Eingriff der Eröffnung der Lungen oder Ähnliches, dann folgt Wundverschluß und Verband. Allen diesen Maßnahmen gingen mühselige, durch die Arbeit vieler Forscher geförderte Untersuchungen auf den Gebieten der Anatomie, Physiologie, Bakteriologie, Chemie und Physik voraus. Ja der zuletzt eingreifende Künstler muß selbst über Anatomiekenntnisse verfügen, ihm kommen bei der Behandlung der Gewebe die rein biologischen Versuche des Fortlebens explantierter Zellen auf

künstlichem Nährboden zugute. Zugegeben, daß kein Chirurg ohne manuelle Fertigkeiten, ohne künstlerischen Anschauungssinn ein Meister werden wird, so hat doch auch mancher moderne Experimentator auf dem Gebiete der theoretischen Physik und Chemie nicht weniger künstlerisches Geschick anwenden müssen als der Chirurg, ohne daß die Ergebnisse seines Forschens auf diesen Umstand zurückgeführt werden. BIER sagt gern, daß die Technik der Darmnaht von jedem Assistenten erlernt werden könne; für ihn aber sei ein guter Arzt nur der, der einen Verletzten so zu lagern verstehe, daß er keine Schmerzen habe. Das ehrt den Menschen und Lehrer des Nachwuchses; aber jeder wird sich und die Seinen vor einer Bauchoperation zunächst nur einem Arzt anvertrauen, von dem er sicher ist, daß er die Technik beherrscht. Auch diese Technik war leicht erfunden, aber sie erhielt erst Bedeutung, als die Forschung nach jahrzehntelanger Arbeit Vieler den Eingriff in die Bauchhöhle ungefährlich gemacht hatte.

Dann gewinnt als Heilverfahren die Behandlung mit physikalischen Kräften, mit Wärme, Licht, Strahlen eine stets wachsende Bedeutung und ersetzt medikamentöse Heilmittel und chirurgisches Eingreifen. Gerade BIER bezeichnet sich zutreffend als einen der beschäftigtsten und erfolgreichsten Naturheilkundigen. Er hat in geistvollen Schlußfolgerungen eine große Anzahl geltender Anschauungen über die Selbstheilungsvorgänge im Körper durch neue Deutungen ersetzt, die er in die Praxis übertrug. Vermutlich in diesem Zusammenhange spricht er wohl von dem Werte der Intuition. Aber gerade er verdankt den größeren Teil seiner neuen Auffassungen seinen feinen Beobachtungen der Baum- und Pflanzenwelt, die er als echter Naturforscher mit physiologischen Kenntnissen unbefangen betrachtete und deren Ergebnisse er auf die Lebensvorgänge der Tierwelt im normalen und krankhaften Zustande übertrug. Wer einmal die reichen Früchte der biologischen Röntgenforschung verfolgt, wird bewundernd anerkennen, wie umfassend durch die Beherrschung physikalischer Technik die biologischen Auffassungen erweitert worden sind. Aber er wird auch hier wieder nur folgerichtige und scharfsinnige Beobachtungen von Lebenserscheinungen, nicht aber künstlerische Intuition finden. Auch zur Aufstellung einer neuen Theorie des Baues der Atome gehört selbstverständlich Phantasie und Eingebung, darum ist es niemand bisher eingefallen, die theoretische Physik aus den Naturwissenschaften herauszunehmen und für eine Geisteswissenschaft zu erklären.

Nun ist aber die Hauptfrage diejenige von den Leistungen der Heilkunde für die gesamte Gesellschaft. Ein brauchbarer erster Maßstab ist die Höhe der Sterblichkeit oder die Größe der mittleren Lebensdauer unter der Voraussetzung der erwiesenen Wirkung der verschiedenen Heilverfahren und Operationen. Da ergibt sich nun die überraschende Tatsache, daß die Erfolge der Heilkunde am Krankenbett des *Einzelalles* innerhalb der

Fehlerquellen der Statistik liegen. Die Verlängerung des Lebens, die Beseitigung einer bestehenden Lebensgefahr im Sonderfall ist für den Einzelnen gewiß ein großer Gewinn, sie wird aufgewogen durch ebenso zahlreiche Fälle des Versagens durch zu spätes Beanspruchen der Hilfe. Auf der anderen Seite hat die Sterblichkeit insgesamt und für viele der häufigsten alltäglichen Krankheiten in den letzten Jahrzehnten erheblich abgenommen und die durchschnittliche Lebensdauer für alle Altersklassen sich stark und stetig erhöht. Aber bis auf einige wenige, quantitativ nicht allzuviel ausmachende Einzelfälle ist das zwar ein Erfolg der gesamten Heilkunde, nicht aber ein Erfolg der Einzelbehandlung. Drei Beispiele mögen diese scheinbar paradoxe Feststellung erläutern. Auf das erste derselben habe ich seit 1½ Jahrzehnten wiederholt hingewiesen. Die Krätze ist vielleicht die einzige Krankheit, bei der die Zusammenhänge besonders leicht zu übersehen sind. Sie wird durch eine, meist mit bloßem Auge sichtbare Milbe hervorgerufen, die sich fast nur von Mensch zu Mensch überträgt und außerhalb des Menschen kaum lebensfähig ist. Die von ihr erzeugten Krankheitserscheinungen werden nach wenigen Tagen sichtbar und fühlbar, nicht wie bei Syphilis und Tuberkulose nach Wochen oder Monaten. Wir besitzen seit Jahrzehnten Heilmittel, die billig, schnell und ohne Berufsstörungen wirken und die mit der Krankheit zugleich den Ansteckungsstoff vernichten. Trotzdem ist die Krätze auch heute noch nach den akuten Infektionskrankheiten das häufigste Krankenhausleiden und außerordentlich verbreitet geblieben. Die Gründe sind einleuchtend. Trotz des fast unfehlbaren und bequemen Heilmittels und trotz der Leichtigkeit und Schnelligkeit der Diagnose kommen aus sozialen Gründen Heilkundige und Erkrankte nicht rechtzeitig zusammen.

Das zweite Beispiel sind die periodischen Schwankungen akuter ansteckender Krankheiten. Die Höhe dieser Schwankungen ist so groß, daß die Wellenberge und -täler die durch ein wirksames Heilmittel etwa herbeigeführten Senkungen weit übertreffen. Die Größe der Sterblichkeit an Masern, Diphtherie, Lungenentzündung und gar an Grippe wird allein durch die Verbreitung der Epidemie bestimmt. Die Schwankungen der Sterblichkeit durch rechtzeitige und wirksame Heilverfahren bleiben weit hinter dieser Ursache zurück.

Das dritte Beispiel sind die Blinddarmentzündungen, die seit Jahrzehnten in steigendem Umfang dem operativen Verfahren zugeführt worden sind. Trotzdem stieg die Zahl der Todesfälle vom Anfang dieses Jahrhunderts bis 1917 langsam an und zeigte erst in zeitlichem Zusammentreffen mit der geänderten Ernährung seit 1917 für mehrere Jahre einen immerhin recht merkbaren Abfall, der gegenwärtig wieder im Schwinden ist. Die in der Lebensweise bedingten Gründe für die Zunahme lebensgefährlicher Blinddarmentzündungen waren also auch hier wieder stärker

als die Verbesserung der Lebenserhaltung durch Frühdiagnose und durch die Ausdehnung des im Einzelfalle lebensrettenden operativen Eingriffs. Andere die Lebensrettung verbürgende operative Eingriffe beziehen sich auf Krankheiten von verhältnismäßig zu großer Seltenheit, als daß der Heilerfolg zahlenmäßig ins Gewicht fiele.

Die Aufgabe der Heilkunde als einer unentbehrlichen Dienerin der Gesellschaft liegt weniger darin, einige interessante, aber seltene und in höherem Lebensalter oder in kleineren gesellschaftlichen Schichten verbreitete Leiden zu beseitigen. Sie liegt darin, die Gesamtsterblichkeit oder die Übersterblichkeit in verschiedenen Lebensaltern durch bestimmte sehr verbreitete, meist seuchenartige, langwierige und die Wirtschaft des Betroffenen und seiner Familie wie der Gesamtheit schwer schädigende Massenerkrankungen herabzusetzen. Sie liegt weiter darin, bei ähnlich gekennzeichneten, das Leben nicht gefährdenden Krankheitsgruppen die Krankheitsfolgen eines viel späteren Lebensabschnittes, die Störungen der Berufsausbildung oder der Erwerbsfähigkeit oder die Erzeugung eines minderwertigen Nachwuchses durch rechtzeitiges Eingreifen zu verhüten. Daß dies Ziel unter starker Mitwirkung der Heilkunde erreichbar ist und daß wir ihm erheblich näher gekommen sind, beweist die beträchtliche Abnahme der einheimischen akuten und chronischen ansteckenden Krankheiten, das Absinken der Sterblichkeit auf die Hälfte und die starke Erhöhung der Lebensdauer in allen Altersklassen. Ja selbst die schweren Schädigungen der Volksgesundheit durch die Vorgänge von 1916—1923 konnten diese Besserung nur für kurze Zeit und in geringer Stärke unterbrechen; bei Zusammenfassung von Jahrfünften ist diese Störung in den sinkenden Kurven sehr wenig bemerkbar. Sogar diejenigen Krankheiten, deren letzter Entstehungsgrund die wirtschaftliche Not ist und die als Ursachen von Tod und gesundheitlichem Verfall um so häufiger sind, je schlechter die wirtschaftliche Lage wird, zeigen starke Abnahme, ein Beweis, daß es gelungen ist, durch rechtzeitige Einbeziehung der Gefährdeten in eine planmäßige Gesundheitsfürsorge die wirtschaftliche Gefahr auszugleichen. Das gilt besonders für die Säuglingssterblichkeit.

Die Methoden der vorbeugenden Medizin sind keine anderen als die des untersuchenden Klinikers; aber da es sich um Krankheitsanfänge handelt, müssen die feineren Untersuchungsverfahren stärker und sorgfältiger herangezogen werden als für die Erkennung des einzelnen Krankheitsfalles auf der Höhe des Leidens. Bei der vorbeugenden Gesundheitsfürsorge und der Frühbehandlung spielen das Medikament und der chirurgische Eingriff eine sehr geringe Rolle. Bei der Feststellung der Ersterscheinungen bedarf es zwar nicht der exakten Verfahren der Astronomen oder des theoretischen Chemikers und Physikers, aber immerhin oft recht genauer Messungen, röntgenologischer, chemischer und bakteriologischer Unter-

suchungen. Das Vertrauen auf den persönlichen Künstlerblick würde wenig nützen.

Bei dem Umfange, den die Heilkunde heute erreicht hat, muß die Forschung in Einzelfächer sich teilen, müssen der Forscher im Laboratorium und der Arzt am Krankenbett sich in viele Sonderprobleme vertiefen. Den gekennzeichneten Fortschritten sind die Ergebnisse nahezu aller dieser Sonderforschungen zugute gekommen, und selbst anfangs scheinbar rein theoretische, abseits der Tagesforderungen liegende Arbeiten erlangten auf einmal Bedeutung. Die heute so häufig geübte Bluttransfusion, die eine lange Geschichte von Jahrzehnten immer neuen Versagens hatte, die aber bei vielen ersten Erkrankungen lebensrettend wirkt, erfordert für die Feststellung ihrer Notwendigkeit im Einzelfall keinen besonderen Scharfblick, auch ihre Technik ist leicht zu erlernen; sie ist aber in der Gegenwart erst ungefährlich geworden durch serologische Untersuchungen von anfänglich sehr theoretischer Färbung. Für die Malariabehandlung der Paralyse, die diese früher absolut tödliche Krankheit besserungsfähig gemacht hat, gilt gewiß die obige Bemerkung, daß es an sich für die Volksgesundheit ziemlich gleichgültig ist, ob gerade von den Paralytikern ein nennenswerter Bruchteil erhalten wird oder nicht. Aber das Verfahren, aus Ergebnissen der Laboratoriumsforschung abgeleitet, ist biologisch von großem Interesse, therapeutisch von weiter Perspektive und könnte dereinst eine beträchtliche Ausdehnung auf andere gesundheitspolitisch wichtigere Erkrankungen erfahren. Auch die innere Klinik, die sich heute stark mit Laboratoriumsforschungen von meist nicht unmittelbar praktischer Ausnutzungsmöglichkeit befaßt, verspricht doch dank der Synthese der bisher gewonnenen Ergebnisse in naher Zeit eine Erhöhung unseres Könnens. An der Frühdiagnose und Frühbehandlung, die den Kern der Leistungssteigerung der heutigen Heilkunde bildet, haben alle Sonderfächer, theoretische wie klinische, ihren Anteil.

Auch für die Arzneimittellehre in der Forschungsstätte der Laboratorien gilt das gleiche. Ihre Untersuchungen verheißen uns für die Zukunft weitere neue Möglichkeiten und Klärung über die Bewertung alteingeführter Arzneiverfahren. Daß sie einem akademischen Streit über einen vor 130 Jahren bei einem ganz anderen

Stand unseres Wissens aufgestellten dogmatischen Lehrsatz, wie den des *Similia similibus*, aus dem Wege geht, ist verständlich, sie hat Wichtigeres zu tun.

Abgesehen davon aber beweist die Sachlage, daß die Heilmittel nur einen kleinen Teil des Heilverfahrens bilden, und daß es nicht zutreffend ist, die Behandlung mit Medikamenten in den Mittelpunkt ärztlichen Denkens und Strebens zu stellen und von ihm ausgehend Betrachtungen über die Grundlagen ärztlichen Handelns anzustellen.

In seinem neuen obenerwähnten Aufsatz be ruht sich BIER außer auf HIPPOKRATES noch besonders auf VIRCHOW. Auch ich möchte mit drei Anführungen aus den Aufsätzen von VIRCHOW schließen. Am 18. August 1848 schrieb der damals noch nicht dreißigjährige VIRCHOW: „Wir sind einfach Naturforscher, und als solche verlangen wir, daß jeder Einsichtige dazu beitrage, den allgemeinen Naturgesetzen Anerkennung zu verschaffen, weil nur unter der Herrschaft dieser Gesetze ein befriedigender Zustand aller möglich ist.“ Im selben Jahr sagte er: „So muß auch die Medizin zur Natur zurück. Aus den Ärzten waren Priester geworden, welche die Medizin knechteten. Aber die Medizin emanzipierte sich, und jetzt müssen die Ärzte Priester in anderem Sinne werden, nämlich Hohepriester der Natur und der humanen Gesellschaft.“ Und im Jahre 1867 hielt er auf der Naturforscherversammlung in Frankfurt a. M. eine Rede über „die neuen Fortschritte in der Pathologie“. Er schloß sie mit den hier etwas gekürzten Worten: „Daher möchte ich Sie bitten, daß Sie, die anderen Naturforscher, uns als ebenbürtig anerkennen, nicht immer glauben möchten, wir dächten noch im Sinne der GALENISCHEN Scholastik. Diesen Plunder, soweit er Plunder war, haben wir über den Haufen geworfen. Alles systematische, alles bloß dogmatische Wissen haben wir abgestreift, und daher hoffe ich, daß Sie uns freudig begrüßen werden als Mitkämpfer auf gemeinsamem Boden.“

Der Entwicklungsgang der modernen Medizin aller Kulturvölker lehrt, daß das auch heute noch zutrifft, und daß der Schritt von BIER, der aus einigen Auswüchsen den Anlaß nimmt, eine grundsätzliche Änderung der gedanklichen Unterlagen zu fordern, einen Rückschritt in überholte Zeitabschnitte bedeutet.

Über die Urformen der Anthropomorphen und die Stammesgeschichte des Menschenschädels.

VON ADOLF NAEF, Zürich.

(Schluß.)

Leider liefert uns die obere Hälfte des Tertiär keine sicheren körperlichen Hominidenreste, sondern nur problematische Artefakte¹⁾. Die Vorstellung, die wir uns von der allmählichen Menschwerdung innerhalb dieser auf 10 bis 15 Millionen

¹⁾ Vgl. W. FREUDENBERG, voriger Band S. 452.

Jahre zu schätzenden Zeit machen dürfen, kann deshalb nur eine sehr unbedeutende sein. Die Entwicklung des Schädels und Gehirns stand aber offenbar in einem starken Gegensatz zu dem Vorgang, den wir für die Pongiden erschlossen haben. Auf fallende Veränderungen sind hier überhaupt nicht

mehr anzunehmen; dagegen ein wohl unendlich langsamer Ausbau des Angelegten unter allmählicher Zunahme der Körpergröße.

Diese Zunahme ohne Preisgabe der einmal erlangten arithmetischen und architektonischen (nicht bloß physiologischen) Körper-Hirn-Relation zu erreichen, war sozusagen die gestellte Aufgabe (!!!).

Nur so konnte, spätestens zu Beginn der Eiszeiten, der Typus erreicht werden, den uns zwei hochbedeutsame Fossilien veranschaulichen, nämlich die Schädelkalotte von *Pithecanthropus erectus* aus Java (vgl. im vorigen Band S. 190 die Darstel-

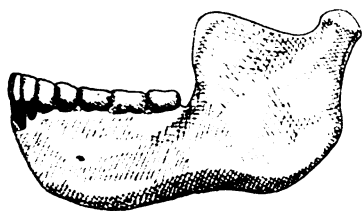


Fig. 10. Profilansicht des ältesten sicher erkannten Hominidenkiefers (von MAUR bei Heidelberg stammend), etwa gleichaltrig mit dem *Pithecanthropus* fossil ($\frac{1}{3}$ nat. Größe), nach LECH 1910 (auf Grund eines Gipsabgusses) gezeichnet. Dieses wohlerhaltene Stück war seinerzeit eine äußerste Überraschung für die Morphologen: Das völlig menschliche Gebiß, stark abgebraucht, aber außerordentlich regelmäßig und äußerst kräftig gebildet, die steilstehenden Schneidezähne, der ebenfalls durchaus menschliche Zahnbogen (Fig. 5) waren verbunden mit noch völlig stumpfem Kinn und mit einer Form des aufsteigenden Kieferastes, der sozusagen noch hinter dem heutigen Pongiden zurückzustehen schien (Fig. 7). Das alles ist für uns nach dem vorstehenden bei einem wirklichen Urmenschen fast selbstverständlich, paßt aber allerdings durchaus nicht zu dem Bestreben, den Menschen als einen weitergebildeten Gorilla oder Schimpansen anzusehen.

lung von WEINERT) und der Unterkiefer von MAUR bei Heidelberg (*Proanthropus Heidelbergensis*), gefunden von SCHOETENSACK (Fig. 10). Beide gehören vielleicht in relativ nahe Verwandtschaft; jedenfalls kann man sich zu dem Maurer Unterkiefer keinen wesentlich von *Pithecanthropus* verschiedenen Schädel denken, nämlich weder einen primitiveren noch einen im Sinne der Menschwerdung fortgeschrittenen. Beide Fossilien müssen ja den Morphologen dadurch überraschen, daß sie sich der reinen Form nach so wenig über das erheben, was als Typus oder ursprüngliche Norm der Anthropomorphen zu gelten hat (vgl. Fig. 8 und 11). Der Hauptunterschied ist die Größe, der aber hier eine ganz besondere Bedeutung zukommt.

Jedenfalls war in *Pithecanthropus* ein Anthropomorphe realisiert, der beinahe die durchschnittliche Größe eines europäischen Mannes (160 bis 170 cm) erreicht hatte, ohne von der urtypischen absoluten Hirn-Körperproportion kleinerer Affen, Anthropoiden und Anthropomorphen wesentlich (im Sinne einer physiologischen Proportion) ein-

zubüßen. Die Schädelkapazität beträgt nach DUBORS fast 900 ccm und erreicht damit gerade die kleinsten der bei lebenden normalen Menschen, allerdings nur bei kleinsten Rassen, noch vorkommenden Maße.

Die Tragart eines solchen Schädels muß we-

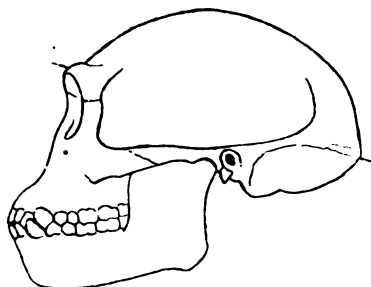
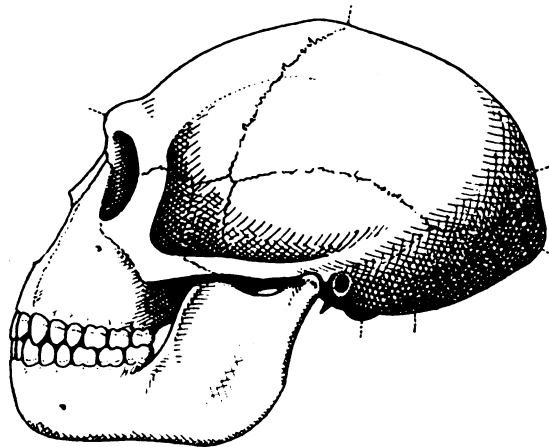


Fig. 11. Rekonstruktion des Schädels von *Pithecanthropus erectus*. $\frac{1}{3}$ nat. Größe. Man vgl. die wirklich erhaltenen Teile im vorigen Bande auf S. 190! Die Nebenfigur zeigt die erste bekannte Rekonstruktion durch den Entdecker, die natürlich nur eine vorläufige Deutung war und nicht auf einer methodischen Gesamtvergleiche der Anthropomorphen beruht. (Wir sehen da spezielle Züge verschiedener Pongiden mit dem urmenschlichen Schädeldach verbunden.) Das allgemeine Prinzip der neuen Rekonstruktion ist das, für die Ergänzung eines Fossils zunächst die typischen Merkmale der betreffenden Gruppe zu verwenden und nur soweit abzuändern, als die Anpassung an das besondere Objekt verlangt. Man erkennt in der Tat zunächst den urtypischen Anthropomorphenschädel wieder (Fig. 8, H. 20, S. 451), variiert durch die wirklich vorliegende Wölbung des Schädeldaches und die Einsetzung einiger als ursprünglich erkannter Hominidenmerkmale (niedriger Kronfortsatz, höherer Körper, steil aufsteigender Ast des Unterkiefers). Eine genauere Diskussion kann hier nicht stattfinden. Das Ganze veranschaulicht jedenfalls den Urzustand des Hominidenschädels, wie er im Anfang der Eiszeitperiode offenbar noch vertreten war, wenn auch wohl (?) bereits fortgeschrittenere Formen daneben bestanden.

sentlich menschlich gedacht werden; alle Morphologen sind heute darüber einig, daß *P.* eine mehr oder minder gefestigte aufrechte Haltung zuschreiben sei. Doch sind hier in noch stärkerem Grade Einschränkungen zu machen, als sie namentlich BOULE beim Neandertaler gemacht hat. Die *Normalhaltung* des Kopfes war wohl vornüber geneigt, die Schultern nicht zurückgenommen, das Kreuz nicht eingezogen, die Knie beim Gehen nie völlig gestreckt; der ganze Habitus ist in dieser Beziehung etwa dem eines schlecht dressierten und etwas blöden heutigen Menschen zu vergleichen.

Wenn wir an diesen ältesten bekannten Hominidentyp nächstjüngere anschließen, müssen wir uns der Möglichkeit bewußt bleiben, daß nur äußerst spärliche Reste aus beschränktem Gebiete (Europa, Palästina) vorliegen. Es mag manche Arten und viele Rassen nebeneinander gegeben haben, von denen jede Spur fehlt. Es können darunter auch Formen gewesen sein, die im Sinne der Pongiden wieder eine absteigende Entwicklung einschlugen, Sicherheitshalber wieder mehr zum Baumleben übergingen usw. Der Phantasie bleibt hier der weiteste Spielraum. Es ist auch nicht undenkbar, daß solche Rassen auch morphologisch sich den Pongiden näherten, z. B. durch vergrößerte Eckzähne, wie sie dem „Pitdown-Menschen“ (*Eoanthropus Dawsoni*) (vgl. W. FREUDENBERG, S. 452 in diesem Band) zugeschrieben werden, der dabei ein fast modern-menschliches Schädeldach zeigt¹⁾. Ferner belehrte uns der Fund von *Australopithecus* (S. Jahrg. 1925 S. 706), daß neben Hominiden und Pongiden noch andere Anthropomorphentypen existierten; auch *Pliopithecus* kann ja nicht streng den Pongiden im engeren Sinne zugeordnet werden.

Trotzdem widersprechen keine sicher bekannten Tatsachen der Auffassung, daß ein *Pithecanthropus*-ähnlicher Hominidenstamm zwischen Obertertiär und mittlerem Quartär allmählich den Charakter des „Urmenschen“ (*Homo Neandertalensis*) angenommen habe. Jedenfalls kann dessen Entstehung nicht anders denn über das Stadium der Fig. 11 hinwegschreitend gedacht werden. Dabei ist, wie bisher, der ganze Gang persönlicher Entwicklung in Betracht zu ziehen. Wenn schon Pongiden den Zustand der Fig. 4 (H. 20, S. 448) erreicht haben, unter Steigerung eines entsprechenden (H. 20, S. 450), bei Uraffen anzunehmenden, muß das Bild eines *Pithecanthropus*kindes noch wesentlich menschlicher gewesen sein. Ganz junge Urmenschen aber können kaum noch deutlich von heutigen Verhältnissen (Australierkinder bei KLAATSCH 1912) abweichend gedacht werden.

Die spätere individuelle Entwicklung brachte natürlich auch bei Ur-Hominiden die gesetzmäßige

relative Verkleinerung der Hirnkapsel und Verstärkung der Kiefer, wovon wir leider keine direkte genauere Kunde haben. Immerhin ist der jugendliche Neandertaler der Fig. 12 in diesem Zusammenhang recht interessant, da die letzte Phase des Prozesses bei ihm noch nicht abgelaufen ist. (Man vergleiche unter Messung mit dem Zirkel von der Ohröffnung aus Kiefer- und Schädelmaße.) Beim alten Neandertaler (Fig. 13) ist das Gebiß nicht wesentlich vom Heidelberger (Fig. 10) verschieden; die Schneidezähne sind etwas schräger gestellt, ohne darin die heutigen Verhältnisse sog. primitiver Rassen zu erreichen oder zu übertreffen; die ganze Kieferpartie ist bedeutend verstärkt. Der Hirnschädel dagegen ist ähnlich ausgeflacht, wie es beim Gorilla (H. 6, S. 95) schon in früher Jugend geschieht. Dabei ist er aber relativ breit und auffallend voluminös geblieben: der dargestellte (maximale) hatte sogar eine Kapazität von 1608 ccm und steht damit schon über dem heutigen europäischen Mittel (beim Mann 1550 ccm, bei der Frau 1360 ccm); andere Neander-

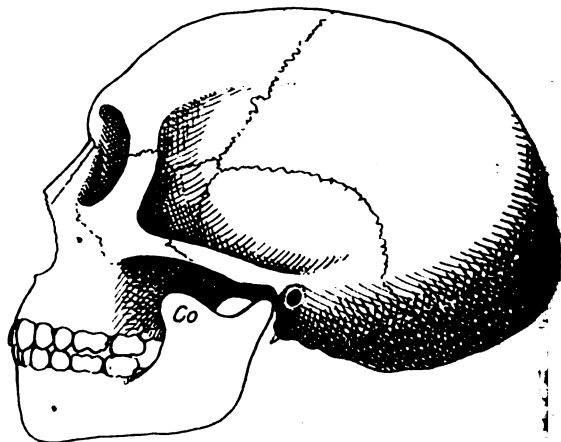


Fig. 12. Rekonstruktion eines jugendlichen Neandertalers nach dem Schädel von Le Moustier (Vézère-Tal, Südfrankreich), von O. HAUSER 1908 in einer Wohnhöhle gefunden und von H. WEINERT 1925 neu zusammengesetzt¹⁾; man vgl. besonders dessen Fig. 38, S. 461 $\frac{1}{3}$ nat. Größe. Der Schädel unterscheidet sich nicht unbedeutend von anderen Vertretern derselben Art (s. oben S. 707), wobei z. T. der jugendliche Charakter maßgebend ist: Schwache Augenbrauenwülste, daher auch die hintere Begrenzung der Augenhöhle weniger steil gestellt. Fast schwächlich erscheint der unfertige Unterkiefer mit dem offenbar verletzten und wieder verheilten Gelenkkopf und einem die Jochbogenhöhe bei weitem nicht erreichenden, abgekrümmten Kronfortsatz (Co). Eine Abnormität am Gebiß (Zurückbleiben des linken Milcheckzahns) ist korrigiert, dem normalen Verhalten entsprechend. Leider ist dieser Schädel bedeutend älter als die milchzahnigen Anthropomorphen (H. 6, S. 92 bis 95). Die Weisheitszähne sind zwar noch nicht völlig am Platz, sonst aber ist das Gebiß fertig. Das Individuum mochte 18 Jahre zählen.

¹⁾ Einstweilen teile ich darüber die Meinung W. K. GREGORYS (1922) und vieler anderer, daß die Zusammengehörigkeit von Schädeldach und Kiefer nicht erwiesen sei. Der letztere gehört fast sicher einem schimpansenartigen Typus an, sicher keiner Stammform von *Homo*. Schädelkapazität etwa 1200 ccm.

¹⁾ H. WEINERT, Der Schädel des eiszeitlichen Menschen von Le Moustier in neuer Zusammensetzung. Berlin: Julius Springer 1925.

taler erreichten nur 1300 bis 1400, auch wohl noch weniger.

Die teilweise Gleichsinnigkeit der Entwicklung zwischen Neandertalmenschen und Pongiden ist also unverkennbar; durch die sekundäre Entwicklung der Brauenwülste werden allgemein die Öffnungen der Augenhöhlen zuletzt wieder steiler gestellt, die Schläfenlinie (punktirt) rückt gegen den Scheitel vor. Verschieden ist aber der Grad dieser Veränderung, ihr Tempo und damit ihr Resultat.

Das gleiche gilt für den heutigen europäischen Menschen¹⁾. Jedermann ist die typische, leicht vorgewölbte Kinderstirn bekannt, mit den beiden seitlichen Höckern. Sie geht später langsam in eine mehr „fliehende“ Form über, und zwar beim Mann stets stärker als beim entsprechenden Frauentyp, bei dem viel von der kindlichen Bildung erhalten bleibt. Dabei wird auch hier der Kiefer mächtiger, der ansteigende Ast höher und steiler, das Kinn

deutig entschieden werden. Gewisse Anklänge, die man da und dort beobachtet, lassen vermuten, daß sein „Blut“ nicht völlig verschwunden sei. Auch deuten Übergangstypen zwischen Crô-Magnonrasse (Homo sapiens) und Neandertaler aus der älteren

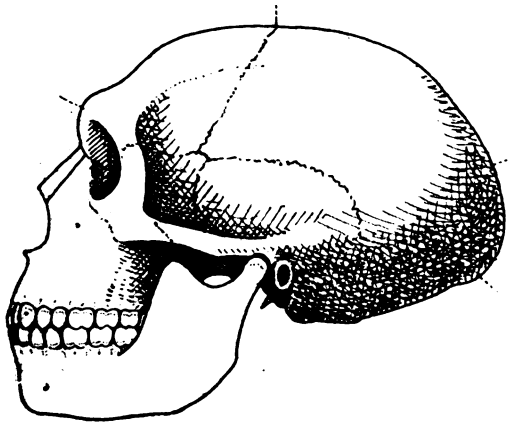


Fig. 13. Rekonstruktion des Schädels eines Neandertalmannes. $\frac{5}{18}$ nat. Größe. Nach dem Alten von Chapelleaux-Saints, den M. BOULE (1911-1913) beschrieb, unter Verwertung von Beobachtungen an verschiedenen anderen Stücken, insbesondere auch des Krapinamenschen (gerade Nase) ergänzt.

nach unten und vorn getrieben, während es sich beim Neandertaler eher noch abschwächt. Brauenbögen werden mehr oder weniger angedeutet, sehr selten sogar fast neandertalerartig ausgebildet.

Ob dieser direkt als Vorfahre des heutigen Menschen aufzufassen sei, kann kaum kurz und ein-

¹⁾ Wir verzichten ganz darauf, hier „niedere“ Rassen zu vergleichen. Dieselben sollten jedenfalls nur insofern als „primitiv“ bezeichnet werden, als sie dem Menschen näher stehen als andere oder gar auf den Urtypus der Hominiden oder Anthropomorphen (Fig. 8 u. 11) unverkennbar zurückweisen. Anklänge an Pongiden (Schimpansen z. B.), sind keinesfalls als Zeichen besonderer Verwandtschaft zu bewerten, sondern als zufällige Übereinstimmungen oder konvergente Anpassungen auf urtypisch gleicher Grundlage zu deuten. Dies entspricht allein den Grundprinzipien stammesgeschichtlicher Betrachtung, ohne die alles Reden vom Vergangenen auch an Hand der schönsten Fossilien und Embryonen in haltloses Geschwätz ausläuft.

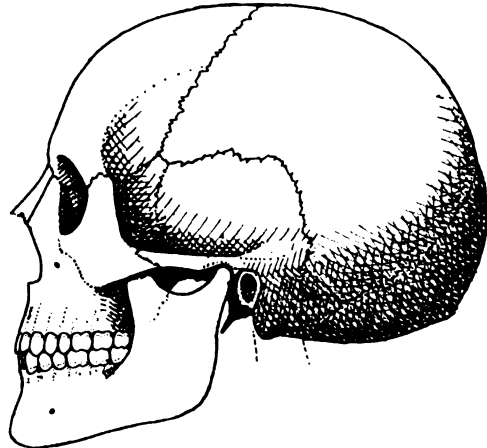


Fig. 15. Schädel eines erwachsenen europäischen Mannes. $\frac{3}{10}$ nat. Größe. Vollständiges Gebiß, normale Proportionen bei übermittelmäßiger Kapazität. Kombinierte Figur, etwas stilisiert. (Es ist durchaus nicht leicht und mir jedenfalls nicht gelungen, einen völlig normalen intakten Schädel zu finden.) Man vgl. die Fig. 3, S. 707 vorigen Bandes!

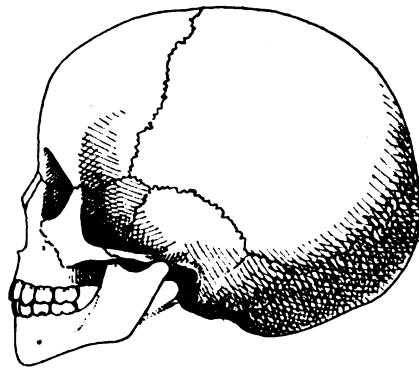


Fig. 14. Schädel eines höchstens 3jähr. europäischen Kindes. $\frac{1}{3}$ nat. Größe. Das Milchgebiß ist hier eben fertig und damit der Typus eines Menschenkindes vollständig geworden. Gegenüber darin primitiven Rassen ist er bereits ausgezeichnet durch ein kräftiges, steiles Kinn. Sonst kann ich daran nichts entdecken, was nicht auch Neandertalkindern bereits eigen gewesen sein müßte oder möchte (bei denen sogar die Schädelswölbung kaum kleiner zu sein braucht). Vielleicht, daß sie noch eine im ganzen mehr vorragende, stärkere, leicht gorilloide (Fig. 12, H. 6, S. 95) Kieferpartie gehabt haben. Andererseits ist gar nicht zu verkennen, daß auch der heutige Europäer (Fig. 15) gegenüber dem Kinderschädel eine neandertaloide Entwicklung einschlägt (Verstärkung der Knochenränder über den Augen zu leichten Wülsten; Zurückliegen der Stirn; Abflachung der ganzen Hirnkapsel; Steilstellung des aufsteigenden Kieferastes.

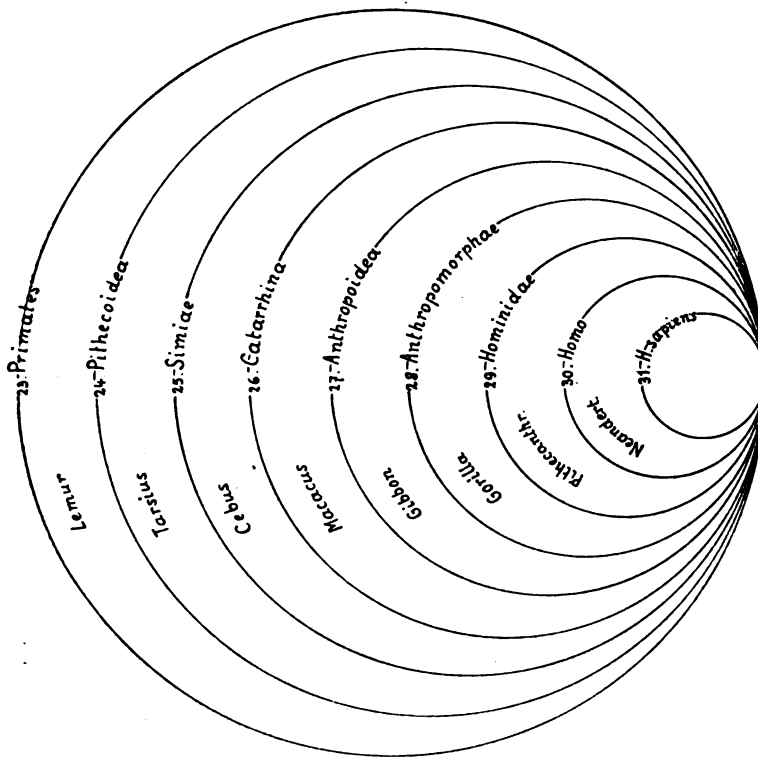


Fig. 16. Die 8 unmittelbaren systematischen Vorstufen der heutigen Menschenart in graphischer Darstellung. Der Begriff *Homo sapiens* ist hier dargestellt durch einen Kreis und derselbe 8mal durch Hinzuziehung je der typisch nächststehenden Gruppen erweitert: diese sind nur durch bekannte Vertreter andeutend bezeichnet, nicht in besondere (mit einzuschließende Kreise) gefaßt. *Pithecanthropus* vertritt aber alle nicht zur Gattung *Homo* zu stellenden Hominiden, *Gorilla* alle nichthominiden Anthropomorphen (also auch *Propliopithecus*, *Pliopithecus* und *Australopithecus*, sowie die ganzen echten Pongiden). *Gibbon* repräsentiert die Hylobatidae (Langarmaffen), *Macacus* die Altweltaffen, *Cebus* (Kapuzineraffe) die Neuweltaffen, *Tarsius* (GespenstmaKi) die höheren Halbaffen (d. h. auch die Anaptomorphiden, seine fossilen Verwandten) und *Lemur* die übrigen Prosimiae. Die Nummern beziehen sich auf die gesamte Vorstufenfolge, beginnend mit 1, d. h. dem Begriff *Organismen* überhaupt; vgl. darüber eine spätere Stelle.

Steinzeit (GALLEY-HILL, TILLBURY u. a.) auf Umbildung oder Vermischung. Sicher ist nur, daß eine neandertaloide Phase durchlaufen werden mußte, wenn aus einem niederen Anthropomorphen über den *Pithecanthropustyp* der heutige Mensch entstehen sollte. An Besonderheiten, die nicht unbedingt auf dieser Linie liegen, fehlt es dem Urmenschen allerdings nicht. Ich hebe hervor die seltsame Niedrigkeit des Kronfortsatzes am Unterkiefer (man vgl. Fig. 7, 8, 10, 11, 13, 14 und 15) und das auffallend gerade, sehr starke Nasenbein, auf das mich beim Krapinamenschen Prof. GORJANOVIĆ-KRAMBERGER in Agram selber hinwies, sowie das Verstreichen des flachen Backenhöckers gegen vorn (nach Art des Schimpansen), das mir kürzlich Prof. M. BOULE am Original der Fig. 13 demonstrierte.

Rückwärts blickend müssen wir annehmen, daß

die Vorstufen des Menschenschädels *nacheinander* den Charakter folgender Gruppen erreicht haben, zu denen wir in immer engerer Umkreisung (Fig. 16) gehören: Simiidae, Catarrhina (Fig. 2, S. 91), Anthropoidea, Anthropomorphae (Fig. 8), Hominidae (Fig. 11), Homo (Fig. 13), *Homo sapiens* (Fig. 15). Keine den Menschen nicht mitenthaltende (!) Gruppe kennzeichnen Zustände, die im ganzen für seine Vorfahren angenommen werden dürfen. Der gemeinsame Anteil am Ahnenerbe ist stets nur durch eine sorgfältige Vergleichung festzustellen, welche schließlich ergibt, daß die Entwicklung offenbar sehr viel *geradliniger* verlaufen ist, als die übliche Aneinanderreihung recenter oder fossiler Tierformen suggeriert. Auch der Fachmann wird davon bei Betrachtung der genannten Figuren überrascht sein¹⁾.

Zum Schluß möchten wir einen Blick in die Zukunft werfen. Wir erkennen heute, daß die menschliche Norm ebensowenig ein starres Gebilde, eine unbeugsame Gesetzmäßigkeit ist wie irgendein anderer Typus. Darüber belehrt uns schon die Vielgestaltigkeit unserer mehr oder minder wohlgeratenen Artgenossen. Insbesondere ist wahrscheinlich gemacht worden²⁾, daß die *durchschnittliche Schädelkapazität* bei europäischen Bevölkerungen zunimmt; ebenso die *maximale*. Soweit bekannt, erreichte kein mittelalterlicher Schädel 1800 ccm, während 5,2% der heutigen Pariser dieses Maß übertreffen sollen. Dabei mögen allerdings krankhafte Prozesse mitspielen (leichte Hydrocephalie); doch sind auch anschei-

¹⁾ Das ist nicht etwa eine Besonderheit der Menschheitsentwicklung, sondern zeigt sich überall, wo Stammesgeschichte methodisch erschlossen wird, wie der Verfasser in vielfacher Weise feststellen konnte. Durch die Beibehaltung des gleichen Maßstabes ($\frac{1}{3}$) fällt die Bedeutung einer allmählichen Vergrößerung um so mehr ins Auge. Ich selbst war im höchsten Grade überrascht, bei jungen Affenschädeln bereits die Scheitelkurve des *Pithecanthropus* vorzufinden (S. 91, Fig. 7) und nachher bei Anthropoiden und Anthropomorphen wieder auf dieselbe verwiesen und gedrängt zu werden. Leider ist durch ein Versehen meinerseits der Maßstab $\frac{1}{3}$ bei Fig. 13 und 15 nicht gewahrt, sie erscheinen also relativ zu klein und schließen nicht streng an die Reihe an, die durch die Fig. 2 (S. 91) 8, 11, 13, 15 sonst gebildet würde.

²⁾ BROCA 1862, Bull. Soc. Anthr. Paris, v. 3. Vgl. dagegen RETZIUS 1916, Zeitschr. Morph. Anthr. v. 18.

nend völlig normale Schädel bis gegen 2000 ccm beobachtet. *Soweit* (!) die Bedingungen fortbestehen, welche die aufsteigende Entwicklung des Menschenschädels bisher geführt haben, dürfte dieselbe in gleicher Richtung langsam weitergehen; morphologisch kann sie dadurch gekennzeichnet werden, daß immer mehr die bei der heutigen Jugend bestehenden Verhältnisse zu definitiven werden. Es handelt sich also um eine wirkliche Evolution, deren Gegenstück, nämlich die zugehörige Involution, sich unserer Kenntnis leider noch völlig entzieht.

Fig. 14 kann uns eine Vorstellung geben, wie die *Normalschädelform* einer *zukünftigen Menschheit* unter Annahme einer derartig geradlinigen Weiterentwicklung auf eingeschlagenem Wege aussehen würde. Dabei müssen wir uns natürlich vorstellen, daß ausgesprochen unfertige Gebilde, wie der kindliche Unterkiefer, im Lauf des Heranwachstums noch immer (*mehr oder weniger*) der heutigen Norm zustreben würden, was einen steileren Gelenkast und ein schärfer hervortretendes Kinn ergäbe. Auch die Herstellung eines vollständigen Dauergebisses, wenn auch unter (relativer) Verkleinerung aller, und unter Ausbleiben der Weisheitszähne würde das Bild der Fig. 14 verändern. Daß die *Gesamtproportionen* derselben aber auch als definitive *möglich* wären, mögen schon unter heutigen Menschen gewisse „hochgeistige“ Typen veranschaulichen¹⁾, die durchaus nicht alle im

Verdacht stehen, Wasserköpfe und Degeneranten zu sein. — Eine solche Entwicklung müßte allerdings, um ein harmonisches Resultat zu ergeben, auch weiterhin mit entsprechender Steigerung der durchschnittlichen Körpergröße gepaart bleiben. —

Wenn es uns im vorstehenden gelungen ist, einige neue Einsichten zu gewinnen und Vorstellungen zu klären, die in ihrer gangbaren Form wenig geeignet sind, die Stellung des Menschen im Naturganzen richtig zu beleuchten, verdanken wir dies nicht so sehr eigenen Beobachtungen als der besonderen Art (Methode), die Tatsachen im vollen Zusammenhang zu sehen und zu betrachten. Die organischen Gestalten anschaulich in ihrem *lebendigen Fluß* zu erfassen, sie unter bestimmte, ihnen gemäße Begriffe zu zwingen und den Ausblick auf die Gesetzlichkeit ihres Zusammenhangs zu eröffnen, ist die Aufgabe systematischer Morphologie, von deren Lösung wir eine Probe zu geben versuchten. Sie setzt (ebenso sehr wie die Kenntnis reiner Tatsachen) die Folgerichtigkeit eines spezifisch gebildeten und geschulten Denkens voraus, an der es trotz Beifall und Widerspruch der von ERNST HAECKEL geprägten Wissenschaft allzu lange gefehlt hat¹⁾.

radlinigkeit seiner ganzen und insbesondere seiner Schädelentwicklung ein besonderes und höchst bedeutsames Problem. — Darüber an späterer Stelle!

¹⁾ Der kritische Leser vgl. über diese prinzipielle Seite der Sache die folgenden Schriften des Verfassers (neben Älteren von 1911, 1913): 1. Die individuelle Entwicklung organischer Formen als Urkunde ihrer Stammesgeschichte (Kritische Betrachtungen über das sog. „biogenetische Grundgesetz“). Jena 1917. 2. Idealistische Morphologie und Phylogenetik. Jena 1919. 3. Die Cephalopoden. Fauna und Flora des Golfes von Neapel. Berlin 1921 und 1923. — Vgl. auch Vierteljahrsschr. d. naturf. Ges. Zürich 1923, 1924, 1925 u. Biol. Zentralbl. 1925, 1926.

Die Gesetze der Krystallochemie.

Von V. M. GOLDSCHMIDT, Oslo.

Vorliegende Mitteilung bringt einen kurzen Auszug aus einer größeren Abhandlung¹⁾, welche ich in den Schriften der Norwegischen Akademie in Druck gegeben habe. Es ist mir gelungen, einige allgemeine Gesetze der chemischen Krystallographie klarzustellen, Gesetze, welche die Beziehungen zwischen chemischer Zusammensetzung und Krystallform der Stoffe weitgehend beherrschen.

Diese Gesetze sind durch Studien an umfassendem neuem krystallographischen und röntgenographischem Material gewonnen worden, welches von mir und meinen Mitarbeitern seit längerer Zeit systematisch gesammelt worden ist²⁾.

¹⁾ V. M. GOLDSCHMIDT, Geochemische Verteilungsgesetze der Elemente, VII, Die Gesetze der Krystallochemie, nach Untersuchungen gemeinsam mit T. BARTH, G. LUNDE, W. ZACHARIASEN.

²⁾ Zweck dieser Experimentalarbeiten war zunächst die systematische Erkundung der Isomorphie-

Unter vielen ausgezeichneten Mitarbeitern möchte ich vor allem 3 Herren hervorheben, deren unermüdliche Arbeit die Beschaffung des Tatsachenmaterials in erster Linie möglich machte. Es sind dies: Herr Dr. G. LUNDE, welcher die meisten Verbindungen in oft sehr mühevoller Arbeit dargestellt hat, Herr T. BARTH, welcher die meisten (der insgesamt etwa 1300) Röntgendiagramme aufgenommen hat, und Herr W. ZACHARIASEN, dessen mathematische Fähigkeiten bei der Deutung und Berechnung einer sehr großen Anzahl Strukturen den Erfolg ermöglichten. Zahlreichen Fachgenossen des In- und Auslandes verdanke ich sehr wertvolles chemisches Material.

Das Problem, den gesetzmäßigen Zusammenbeziehungen, als Teilaufgabe meiner Arbeiten über die geochemischen Verteilungsgesetze der Elemente. Wie ich zeigen und begründen konnte, wird die geochemische Verteilungsweise der Elemente weitgehend durch Isomorphiebeziehungen bestimmt.

hang zwischen Krystallform und chemischer Zusammensetzung aufzudecken, ist das älteste und wichtigste Problem der Krystallographie, es ist das Ziel der Krystallochemie.

Im folgenden sollen einige der wichtigsten Gesetzmäßigkeiten aufgezählt, und durch Beispiele erläutert werden. Es ist hierbei zu bemerken, daß in dieser kurzen Mitteilung nur ein ganz geringer Bruchteil des neuen Beobachtungsmaterials auch nur erwähnt werden kann. Bezüglich aller Einzelheiten und bezüglich der eingehenden Diskussion der neuen Gesetze muß auf die ausführliche Abhandlung verwiesen werden.

Als erster und allgemeiner Satz ist der folgende zu nennen:

1. Die Krystallstruktur eines Stoffes ist bedingt durch Größe und Polarisierbarkeit seiner Komponenten; als Komponenten sind Atome (respektive Ionen) und Atomgruppen zu bezeichnen.

Wir wollen diese beiden Eigenschaften der Komponenten der Krystallbausteine, nämlich die Größe und Polarisierbarkeit, definieren und einer Analyse unterwerfen.

A. Gesetze über die Größe der Krystallbausteine.

Als Maß der Größe der Komponenten wählen wir den Radius, also den Abstand zwischen dem Zentrum und der Grenze gegen den nächsten Krystallbaustein. Wir denken uns mit anderen Worten den Krystall aus einander berührenden Wirkungssphären (respektive Wirkungskörpern höherer Ordnung) aufgebaut. Unser „Radius“ entspricht also der Vorstellung des BRAGGSchen „Atomradius“. In den folgenden Betrachtungen, welche sich auf Fragen der Raumerfüllung in Krystallgittern beziehen, werden wir nur diese „scheinbaren Größen“ der Krystallbausteine behandeln, bezüglich der Berechnung „wirklicher“ Ionenradien kann auf zahlreiche wichtige Arbeiten von H. G. GRIMM hingewiesen werden. Wir können die Wirkungssphäre zunächst, bei der Betrachtung von parameterlosen Koordinationsgittern kubischer Symmetrie, als kugelförmig betrachten.

Wir stellen folgenden Satz auf:

2. Der Radius eines Krystallbausteines ist bedingt durch Atomnummer (Ordnungszahl) und Zustand des betreffenden Atoms.

Beispielsweise seien einige Radien, gemessen in $\text{cm } 10^{-8}$, nach den uns vorliegenden Zahlen mitgeteilt, zunächst nur um den Einfluß der Ordnungszahl zu erläutern:

1^+ Li 0,78	1^+ Na 0,98	1^+ K 1,33	1^+ Rb 1,49	1^+ Cs 1,65
	2^+ Mg 0,78	2^+ Ca 1,06	2^+ Sr 1,27	2^+ Ba 1,43
	1^- F 1,33	1^- Cl 1,81	1^- Br 1,96	1^- J 2,20
	2^- O 1,32	2^- S 1,74	2^- Se 1,91	2^- Te 2,03

Sodann Radien ein und derselben Atomart in verschiedenem Ionisierungszustande, aber in nicht wesentlich polarisiertem Zustande:

4^+ Pb 0,84	2^+ Pb 1,32	0 Pb 1,74
4^+ Te 0,89	0 Te 1,43	2^- Te 2,03

Der Einfluß des Polarisationsgrades wird in einem späteren Abschnitt erörtert.

Ein und dieselbe Atomart kann somit mit ganz verschiedenem Radius auftreten, je nach dem Ionisierungszustande, und zwar stellen wir den Satz auf:

3. Der Radius steigt mit zunehmender negativer Ladung, sinkt mit zunehmender positiver Ladung. Das Steigen des „wirklichen“ Radius mit zunehmender negativer Ladung wird in gewissem Grade kompensiert durch zunehmende Coulombsche Attraktion zwischen den Krystallbausteinen, das Sinken des „wirklichen“ Radius mit zunehmender positiver Ladung wird durch die zunehmende Coulombsche Attraktion hingegen noch verschärft.

Die Frage nach der Konstanz oder Variabilität des „Atomradius“ ist folgendermaßen zu beantworten:

4. In Krystallbausteinen gleicher Ordnungszahl und gleichen Zustandes ist der „Atomradius“ in erster Annäherung konstant. In Krystallbausteinen gleicher Ordnungszahl, aber in verschiedenem Zustand, kann der „Atomradius“ sehr verschieden sein.

Der Zustand eines Krystallbausteines ist in erster Linie durch den Ionisierungsgrad des betreffenden Atoms bedingt.

Je nach dem Zustande der Krystallbausteine können wir schon bei den einfachsten Verbindungsarten eine Anzahl Gruppen von Gittertypen unterscheiden. Diese Gruppen können leicht durch Analyse der Atomabstände ermittelt werden. So gibt es eine Gittergruppe, welcher der Natriumchloridtypus der Ionengitter angehört, ebenso wie der Cäsiumchloridtypus und der Fluoridtypus.

Die Atomabstände in diesen Gittertypen sind untereinander „kommensurabel“. Eine zweite Gruppe wird von den Gittern des Zinkblendetypus, des Wurtzittypus, des Cuprittypus und den Gittern der meisten freien Elemente gebildet; auch diese Gitter sind in bezug auf Atomabstände untereinander kommensurabel. Hingegen sind Atomabstände beispielsweise des Zinkblendetypus „inkommensurabel“ mit Atomabständen beispielsweise des Cäsiumchloridtypus.

Ich stelle folgenden Satz auf:

5. Es gibt eine endliche Anzahl gegenseitig inkommensurabler Gruppen von Gittertypen, jede Gruppe charakterisiert durch einen gemeinsamen Zustand eines oder mehrerer Krystallbausteine.

Wahrscheinlich ist der Zinkblendetypus und die mit ihm kommensurablen Gittertypen charakterisiert dadurch, daß die Bausteine nicht in gewöhnlichem Sinne ionisiert sind. Der nicht-ionisierte Zustand der Bausteine im Berylliumoxyd wurde zuerst von W. ZACHARIASEN nachgewiesen, später wurde von H. GRIMM und A. SOMMERFELD die Annahme geäußert und begründet, daß alle Zink-

blende- und Wurtzit-Gitter nichtionisierte Atome enthalten. Meine und meiner Mitarbeiter Untersuchungen zeigen, daß Gitter der Typen „Zinkblende“, „Wurtzit“, „Cuprit“ und die meisten Gitter freier Elemente zu ein und derselben kommensurablen Gruppe gehören. Mein Ergebnis, daß der Radius des Atoms in Krystallgitter durch Ordnungszahl und Zustand des betreffenden Atoms *eindeutig* bestimmt ist, gilt indessen nur mit einem gewissen Grade der Annäherung, indem auch Einflüsse niedrigerer Größenordnung den Radius um relativ kleine Beträge ändern können (der sehr wesentliche Einfluß niedrigsymmetrischer Polarisierung wird im nächsten Abschnitt erörtert). Drei Arten solcher beeinflussender Faktoren konnten unterschieden und in ihrer Wirkungsweise studiert werden. Es sind dies: a) Der Einfluß der Anordnungsweise umgebender Atome. So sind die effektiven Radien in sonst kommensurablen Gittern um geringe Beträge (wenige Prozente) systematisch verschieden, beispielsweise im Cäsiumchloridgitter und Natriumchloridgitter. b) Der Einfluß der speziellen Art der umgebenden Atome (bei konstantem Gittertypus). So zeigt die Summe der Atomradien Metall-Schwefel, Metall-Selen, Metall-Tellur eine kleine Abnahme (um einige Prozente) in der Reihe vom Cadmiumsulfid zum Quecksilbertellurid. c) Der Einfluß der thermodynamischen Zustandsgroßen. Dieser äußert sich in der thermischen Änderung der Atomabstände und in der Kompressibilität der Krystalle; um diesen Einfluß zu eliminieren, der sich in gewissem Grade auch in den Wirkungsweisen a) und b) manifestiert, sollten alle Messungen an Atomabständen eigentlich in genügender Nähe des absoluten Nullpunktes und ohne äußeres Druckfeld ausgeführt werden (letzterer Umstand dürfte praktisch fast immer bedeutungslos sein).

B. Gesetze über die Polarisierbarkeit der Krystallbausteine.

1. Polarisierung.

Die Bedeutung der Polarisierbarkeit von Atomen und Ionen für das Verständnis chemischer und krystallophysikalischer Erscheinungen ist schon von mehreren Seiten hervorgehoben worden, es sei an die Darlegungen von K. FAJANS über die „Deformation“ der Ionen erinnert, sowie an F. HUNDS Untersuchungen über den Einfluß der Polarisationserscheinungen auf den Gittertypus von Verbindungen der Formel RX_2 .

Erst die Untersuchung einer sehr großen Anzahl von Krystallstrukturen, wie sie von mir und meinen Mitarbeitern systematisch durchgeführt worden ist, ermöglichte es, den Einfluß der Polarisationserscheinungen auf krystallochemische Erscheinungen weitergehend zu überblicken, und erlaubte darüber hinaus noch die Erkennung allgemeiner chemischer Gesetzmäßigkeiten.

Der Polarisationszustand eines Krystallbausteines ist von mehreren Faktoren abhängig. Diese

sind teils in den Eigenschaften des Krystallbausteines *selbst* begründet, teils in der speziellen Art der Einwirkungen von seiten der *umgebenden* Krystallbausteine, der „Nachbarbausteine“.

Die Polarisierbarkeit eines einzelnen Krystallbausteines ist in erster Linie abhängig von dessen Radius und Ladungszustand. Die Polarisierbarkeit *steigt* mit *zunehmendem* Radius des Krystallbausteines, *sinkt* hingegen mit *zunehmender positiver* Ionenladung, wie es in der bekannten Untersuchung von M. BORN und W. HEISENBERG 1924 dargelegt worden ist.

Der Einfluß der Nachbarbausteine auf den Polarisationszustand ist abhängig von *Anordnung* und *Art* dieser Nachbarbausteine. *Hohe* Symmetrie der Umgebung wirkt *vermindernd* auf die Polarisierung des Krystallbausteines, *niedrige* Symmetrie der Umgebung hingegen *erhöhend*. Die spezielle Art der umgebenden Krystallbausteine ist ebenfalls von großem Einflusse auf den Polarisationszustand des Krystallbausteines; man kann in diesem Sinne von *schwach polarisierenden* und *stark polarisierenden* Nachbarbausteinen sprechen. Die polarisierende Einwirkung eines Nachbarbausteines *steigt* mit *zunehmender Ionenladung* desselben, *sinkt* mit *zunehmendem Radius* desselben.

Einige Beispiele mögen diese Beziehungen erläutern. Stark polarisierbar sind die Ionen Se^{2-} , Te^{2-} ,

schwach polarisierbar sind Li^{1+} , Al^{3+} . Starke Polarisierung zeigt sich vor allem in Gittern vom Typus der sog. Schichtengitter, wie etwa dem Gitter des

CdJ_2 , in welchem die Ionen J eine unsymmetrische Umgebung aufweisen und stark polarisiert sind, wie zuerst F. HUND dargetan hat. Stark polarisierende Ionen sind beispielsweise Li^{1+} , Be^{2+} (bedingt

durch den kleinen Radius), Zr^{4+} , W^{6+} (bedingt durch hohe positive Ionenladung) und in noch höherem Maße etwa Si^{4+} , S^{6+} (bei denen kleiner Radius und hohe Ionenladung zusammenwirken).

Die Beziehungen zwischen Krystallstruktur und Polarisationszustand der Krystallbausteine kommen zunächst in folgendem Satze zum Ausdruck:

6. *Grenzt ein polarisierbarer Krystallbaustein einseitig an einen polarisierenden Krystallbaustein, so wird der Abstand der beiden Krystallbausteine (die Summe der Radien) verkleinert, verglichen mit der Summe der normalen Radien beider Krystallbausteine.*

So beträgt der Abstand zwischen Pb^{2+} und O^{2-} im tetragonalen Schichtengitter des PbO $2,33 \text{ \AA}$, während die normale Radiensumme von Pb^{2+} und O^{2-} $2,64 \text{ \AA}$ betragen würde, oder es kann der Abstand zwischen Cd^{2+} und J^{1-} im Schichtengitter des CdJ_2 genannt werden, der $2,98 \text{ \AA}$ beträgt, gegenüber der Summe $3,23 \text{ \AA}$ der normalen Ionenradien.

Bei besonders stark polarisierenden Krystallbausteinen kann die Verminderung der Radiensumme ein solches Ausmaß erreichen, daß inniger verbundene „Radikalbausteine“ gebildet werden, in denen von der Regel der „konstanten Atomradien“ nicht mehr viel spürbar ist. Solche Radikalbausteine sind beispielsweise $\overset{1-}{\text{NO}_3}$, $\overset{2-}{\text{SO}_4}$, $\overset{1-}{\text{ClO}_4}$. Die direkten Messungen der Atomabstände in solchen Gruppen führen stets zu Werten, welche niedriger sind, als es nach der Regel der konstanten Atomradien erwartet werden sollte, und die vor allem von Krystallart zu Krystallart wechseln, je nach der Stärke der „Polarisationswirkung“. Nur in gewissen speziellen Fällen beobachtet man „normale Atomabstände“ innerhalb solcher Radikale, diese Fälle werden in dem Abschnitte über Kontrapolarisation ihre Erklärung finden. In einigen Gittertypen werden alle Gitterabstände im Krystall beherrscht durch anomal niedrige gegenseitige Abstände der Krystallbausteine, bedingt durch Erscheinungen der „Polarisation“, ein Beispiel hierfür bietet die kubische Form des Siliciumdioxides, der Cristobalit, nach WYCKOFF mit dem Abstände $\text{Si} - \text{O} = 1,54 \text{ \AA}$, gegenüber einer normalen Radiensumme $1,71 \text{ \AA}$. Als Beispiele von Radikalen mit „innerer“ Polarisation sei CO_3 mit einem Abstände $\text{C} - \text{O} = 1,25 \text{ \AA}$ genannt, nach W. H. BRAGG's Untersuchung des Kalkspats.

2. Kontrapolarisation.

Im vorigen Abschnitte wurde erörtert, daß durch „innere Polarisation“ abgeschlossene Bausteingruppen oder Radikale im Krystallgitter bedingt werden können, und es wurden die Ionen $\overset{2-}{\text{CO}_3}$, $\overset{1-}{\text{NO}_3}$, $\overset{2-}{\text{SO}_4}$, $\overset{1-}{\text{ClO}_4}$ als Beispiele solcher Radikale genannt.

Werden solche „Radikale“ im Krystallgitter von stark polarisierenden Krystallbausteinen umgeben, so äußert sich die Einwirkung dieser Nachbarbausteine¹⁾ auf die Radikale auf eine Weise, die ich „Kontrapolarisation“ nenne. Die Kontrapolarisation äußert sich geometrisch derart, daß die Atomabstände innerhalb des „Radikals“ vergrößert werden. So wirken insbesondere die stark polarisierenden positiven Ionen mit kleinem Radius, wie $\overset{1+}{\text{Li}}$, $\overset{2+}{\text{Be}}$ oder die hoch geladenen positiven Ionen, wie $\overset{4+}{\text{Zr}}$, kontrapolarisierend auf komplexe negative

Ionen, wie $\overset{1-}{\text{NO}_3}$, $\overset{2-}{\text{SO}_4}$, $\overset{3-}{\text{PO}_4}$, wie in den folgenden Abschnitten an Beispielen erläutert werden soll.

Die kontrapolarisierende Wirkung äußert sich darin, daß die verschiedenartigen Anteile des „Radikals“ räumlich mehr und mehr voneinander getrennt werden, bis im Grenzfalle eine geometrisch vollständige „Aufspaltung“ des Radikals durch Kontrapolarisation erreicht wird.

¹⁾ Unter der Voraussetzung, daß diese Nachbarbausteine gleiches Ladungsvorzeichen besitzen wie das Zentralatom des Radikals.

Ich kann folgenden Satz aufstellen:

7. *Zusammengesetzte Bausteine (Radikale mit innerer Polarisation) können durch benachbarte stark polarisierende Bausteine mehr oder weniger räumlich gedehnt werden, diese Erscheinung wird als „Kontrapolarisation“ bezeichnet; im Grenzfalle führt diese Kontrapolarisation zur vollständigen Aufspaltung des Radikalbausteines, in extremen Fällen wird sogar ein neuartiges Radikal durch Kontrapolarisation gebildet, mit dem kontrapolarisierenden Krystallbaustein als dem einen Bestandteil, und dem abgespaltenen Teile des ursprünglichen Radikales als dem andern Bestandteil.*

Einige Beispiele mögen diesen Satz erläutern. Die rhomboedrisch spaltbaren Nitrats der Alkalimetalle, wie LiNO_3 und NaNO_3 enthalten als Krystallbausteine einerseits das einwertig positive Ion des Alkalimetalls, andererseits das negative Radi-

kation $\overset{1-}{\text{NO}_3}$. Das Ion des Alkalimetalles wirkt nun kontrapolarisierend auf das Radikation NO_3 , und zwar ist der kontrapolarisierende Einfluß des Alkalimetalles viel stärker bei Lithium als bei Natrium, da der Radius des Lithiumions nur $0,78 \text{ \AA}$ beträgt, gegenüber dem Radius $0,98 \text{ \AA}$ des Natriumions. Auf meine Veranlassung hat W. ZACHARIASEN die Lage der Atome in den Krystallen des LiNO_3 und NaNO_3 bestimmt, unter besonderer Berücksichtigung des Abstandes $\text{N} - \text{O}$ im Radikale NO_3 . Er fand, unter Benutzung neuer Messungen der optischen Konstanten aus unserm Institute die Werte

$$\text{N} - \text{O} = 1,40 \text{ \AA} \text{ für } \text{LiNO}_3$$

$$\text{N} - \text{O} = 1,15 \text{ \AA} \text{ für } \text{NaNO}_3$$

Diese Zahlen lassen die beginnende Aufspaltung durch Kontrapolarisation deutlich erkennen.

Das zweite Beispiel, für einen Fall typischer Aufspaltung, sei der Reihe der Metatitanate entnommen. Die Verbindung CaTiO_3 enthält, wie aus T. BARTHS Untersuchung hervorgeht, die Krystallbausteine Ca und TiO_3 . Wird Ca durch Mg , mit wesentlich kleinerem Radius, substituiert, so steigt die kontrapolarisierende Wirkung auf das Radikal TiO_3 , dieses wird aufgespalten, so daß die Krystallbausteine des Sauerstoffs sich zwischen strukturell fast äquivalenten Bausteinen Mg und Ti anordnen, analog der Lage der Sauerstoffatome im Korund AlAlO_3 .

Das dritte Beispiel mag den extremen Fall erläutern, daß durch besonders starke Kontrapolarisation ein ganz neuartiges Radikal im Krystallgitter entsteht; es mag hierfür der Spinell gewählt werden, in welchem durch Kontrapolarisation des Aluminatradikals in MgAl_2O_4 das neuartige Radikal MgO_4 gebildet worden ist.

C. Gesetze über die Isomorphie.

1. Gewöhnliche Isomorphie.

Eine große Anzahl isomorpher Reihen einfach zusammengesetzter Krystalle wurde untersucht, um die Gesetzmäßigkeiten der Isomorphie fest-

zustellen. Als Isomorphie bezeichne ich im folgenden die Erscheinung, daß Substanzen analoger chemischer Formel Analogie der Krystallstruktur aufweisen. Diese Definition erfordert auch eine Abgrenzung der Begriffe „analoge chemische Formel“ und „Analogie der Krystallstruktur“. Als Analogie der chemischen Formeln zweier Stoffe bezeichne ich diejenige Beziehung, daß beide Bruttoformeln analog sind, in bezug auf Gesamtanzahl der Atome und in bezug auf die Anzahl positiver und negativer Bausteine, wobei diese Bausteine entweder Atome oder Radikale sein können, und es erlaubt ist, Atome durch Radikale zu ersetzen. Als Analogie der Krystallstruktur zweier Stoffe bezeichne ich die Beziehung, daß beide Stoffe ein geometrisch ähnliches Elementärparallelepiped besitzen, in dem eine gleiche Anzahl Atome in geometrisch ähnlicher Weise angeordnet ist, derart, daß auch die Ladungsvorzeichen der einzelnen Krystallbausteine einander in beiden Gittern entsprechen. Auch hier ist es erlaubt, unter Beibehaltung der Isomorphie Einzelatome durch Radikale zu ersetzen, etwa Rb durch NH_4 .

Bisher galt das Auftreten von Isomorphie zwischen zwei Körpern für höchst launenhaft; es ließ, daß Isomorphie manchmal zwar auftritt, wo sie erwartet würde, andererseits aber anscheinend unmotiviert fehlen könnte. Es gelang mir, Regeln für das Auftreten von Isomorphie zu finden, derart, daß Verbindungen jedes gewünschten Krystalltypus in fast beliebiger Anzahl dargestellt werden konnten. Wie in meinem Satze 1 (vgl. S. 478) formuliert ist, wird die Krystallstruktur eines Stoffes durch Größe und Polarisierbarkeit seiner Komponenten bestimmt. Ich folgere hieraus und in Übereinstimmung mit meiner und meiner Mitarbeiter Erfahrung den folgenden Satz:

8. *Isomorphie tritt auf, wenn die relative Größe der Krystallbausteine und die relative Stärke ihrer Polarisierbarkeit innerhalb gewisser Grenzen bei zwei Körpern gleich sind, oder korrespondieren, vorausgesetzt, daß die chemischen Bruttoformeln beider Körper und auch der Sinn der Ladungsvorzeichen bei beiden Körpern analog sind.*

Das erste Beispiel, an welchem mittelst genauer und umfassender Untersuchungen die Gültigkeit dieses Satzes dargetan wurde, ist die lange Reihe der Strukturen vom Rutiltypus. Die Strukturen der Monorutile, der Verbindungen vom Typus TiO_2 oder ZnF_2 , sind an bestimmte relative Dimensionen der Krystallbausteine geknüpft, und zwar liegt die Grenze zwischen Rutiltypus und Fluorittypus bei einem Quotienten der Ionenradien von 0,67, die Grenze zwischen Rutiltypus und Schichtengittern (oder Molekülgittern) bei 0,4–0,5 [unter Voraussetzung nicht extrem stark polarisierbarer Bausteine¹⁾].

1) Man vergleiche: V. M. GOLDSCHMIDT: Geochem. Verteilungsges. d. Elemente Nr. VI, Über die Krystallstrukturen vom Rutiltypus, mit Bemerkungen zur Geochemie zweiwertiger und vierwertiger Elemente, nach Untersuchungen gemeinsam mit T. BARTH, D. HOLMSEN,

Ein zweites Beispiel bildet die Reihe der Perowskitstrukturen, welche sich bei Verbindungen der Formel ABX_3 findet. Diese Struktur wurde zuerst von T. BARTH bei Perowskit, Natriumniobat und Dysanalyt beschrieben. Unsere und anderer Untersuchungen ergaben dieselbe, teils kubische, teils pseudokubische Struktur für eine Reihe analog zusammengesetzter Körper, insgesamt: CaTiO_3 (BARTH), SrTiO_3 , BaTiO_3 , K_2JO_3 (BARTH), Rb_2JO_3 (BARTH), NaNbO_3 (BARTH), CaZrO_3 , CaSnO_3 , FeMnO_3 , KMgF_3 (VAN ARKEL), LaAlO_3 (ZACHARIASEN), LaGaO_3 . Allen diesen Körpern der Formel ABX_3 ist es gemeinsam, daß die Ionenradien ihrer Komponenten, wie sie aus Koordinationsgittern bestimmt werden können, in einem ganz bestimmten Größenverhältnis zueinander stehen, bestimmt durch die Formel:

$$R_A + R_X = \alpha \cdot \sqrt{2} (R_B + R_X),$$

worin der Koeffizient α zwischen 0,8 und 1,0 liegt. Sinkt der Koeffizient α unter 0,8, so tritt statt dessen ein Gitter vom Korundtypus auf, indem dann der Krystallbaustein A eine stärkere Kontrapolarisationswirkung ausübt. Steigt der Koeffizient α über 1,0, so treten andere Gittertypen auf, wie der des Kalkspats, bei weiterem Steigen des Koeffizienten der des Aragonites.

Weiter können einige Vertreter des kubischen Spinelltypus genannt werden, wie: Al_2MgO_4 , Mg_2TiO_4 ¹⁾, Li_2WO_4 , Ag_2MoO_4 , sowie bei erhöhter Temperatur Li_2CrO_4 , Li_2SO_4 , Li_2MoO_4 . Als Strukturen des Phenakittypus können genannt werden: Be_2SiO_4 , Zn_2SiO_4 , Li_2MoO_4 (bei tieferer Temperatur an Stelle des Spinelltypus, ebenso bei Li_2WO_4 und Li_2SO_4), Li_2BeF_4 . Es zeigt sich bei diesem Typus A_2BX_4 , wie die kontrapolarisierende Wir-

kung der kleinen Ionen A, nämlich Li, Be, zur Aufspaltung des Komplexes BX_4^{1+2+} führt²⁾, so daß eine Art Koordinationsgitter entsteht.

Eine Reihe systematischer Studien über das Wesen der isomorphen Mischbarkeit wurden angestellt. Es zeigt sich, daß bei einfachen Verbindungen, wie etwa Verbindungen der Formel AX oder AX_2 in Form durchsichtiger Ionengitter das Eintreten isomorpher Mischbarkeit bei Temperaturen, welche nicht sehr nahe der Schmelzkurve liegen, an bestimmte Grade der Ähnlichkeit geknüpft ist, was die Dimensionen der Bausteine betrifft. Für derartige einfache Verbindungen konnte folgende empirische Regel aufgestellt werden:

9. *Isomorphe Mischbarkeit in erheblichem Aus-*
G. LUNDE, W. ZACHARIASEN. Skrifter utgitt av det Norske Videnskapsakademi, M.-N. Kl. 1926, Nr. 1.

1) Die Verbindung Mg_2TiO_4 ist besonders interessant für den Mineralogen, da die analoge Eisenverbindung, Fe_2TiO_4 offenbar eine primäre Komponente des Titanomagnetits bildet. Direkte Versuche ergaben, daß Mg_2TiO_4 und Al_2MgO_4 aus Schmelzfluß ausgezeichnete Mischkristalle bilden.

2) Umgekehrt hat das Magnesium-Ion im Spinell sozusagen das Radikal Al_2O_4 aufgespalten.

maße und bei Temperaturen, welche nicht sehr nahe der Schmelzkurve liegen, tritt ein, wenn die Radien der betreffenden Bausteine um nicht mehr als etwa 15% (in Prozenten des kleinsten Radius) voneinander verschieden sind.

Von besonderem Interesse erschien mir die Frage, ob isomorphe Mischbarkeit in einfachsten Verbindungen auch eintritt, wenn Ionen ganz verschiedenen Baues¹⁾, aber mit ähnlichem Radius der Wirkungssphäre einander ersetzen sollen. Besonders für die Lösung einiger geochemischen Probleme erschien die Beantwortung dieser Frage sehr wichtig. Es ergab sich, daß Schmelzen der Paare CaF_2 — CdF_2 und SrF_2 — PbF_2 , beide dem Fluorittypus angehörig, ausgezeichnete Mischkristalle lieferten, welche zudem durchaus isotrop waren, also nicht jene inneren Spannungen aufwiesen, welche sonst bei Mischkristallen nicht selten sind.

Wir können daher den Satz formulieren:

10. Auch Ionen ganz verschiedenen Baues, wie zweiwertiges Cadmium und Calcium, zweiwertiges Blei und Strontium, können einander sogar in einfachsten Gittertypen isomorph ersetzen.

2. Antisomorphie.

Als *Antisomorphie* bezeichne ich eine Art von struktureller Verwandtschaft, welche sich von der gewöhnlichen Isomorphie dadurch unterscheidet, daß zwar der geometrische Bau beider Punktsysteme der gleiche ist, daß aber an *analogen Gitterorten* nicht gleichartig geladene Ionen auftreten, sondern *entgegengesetzt* geladene.

Als Beispiele von Antisomorphie können genannt werden:

ThO_2 und Li_2O , entsprechend Isofluoriten und Antifuoriten, ferner AgJ und $\text{NH}_4\text{F}^2)$, entsprechend Isowurtziten und Antiwurtziten, weiterhin gibt es Iso-Schichtengitter und Anti-Schichtengitter, wie schon in Geochem. Verteilungsges. VI dargelegt ist. Da es bei unserer heutigen Auffassung der Gitterkräfte ausgeschlossen erscheint, etwa ein positives Ion in einem Mischkristallgitter durch ein negatives Ion zu ersetzen, können wir folgenden Satz aufstellen:

10. Bei antisomorphen Kristallen erscheint gegenseitige isomorphe Mischbarkeit ausgeschlossen.

Die Mischbarkeit von Mg_2TiO_4 und Al_2MgO_4 , die oben erwähnt wurde, steht nicht im Widerspruch zu diesem Satze, da durch die Kontrapolarisation in diesen Gittern sowohl Mg, Al wie Ti als selbständige positive Ionen auftreten.

3. Polymere Isomorphie.

Als polymere Isomorphie bezeichne ich eine Art der krystallochemischen Verwandtschaft zwi-

schen zwei Krystallarten, welche derart definiert ist, daß nicht je ein Elementärparallelepiped beider Krystallarten äquivalent ist, wie bei der gewöhnlichen Isomorphie, sondern daß *ganzzahlige Multipla* der Elementärzellen einander entsprechen. Typische Fälle von polymerer Isomorphie sind in der oben genannten Abhandlung über den Rutiltypus beschrieben. Es sei an die Unterscheidung der Monorutile, wie TiO_2 , MgF_2 und der Trirutile¹⁾ FeNb_2O_6 und FeTa_2O_6 erinnert. Trirutile nenne ich diese Krystallarten, da je eines ihrer Elementärparallelepipede je drei übereinandergestellten Rutilzellen entspricht. Weiter sei an den von VEGARD beschriebenen Polyrutil ZrSiO_4 erinnert. Zu den Polyrutilen gehören ferner ThSiO_4 (in ZrSiO_4 und

ThSiO_4 wird das Radikalion SiO_4^{4-} durch das vierwertige Kation Zr^{4+} oder Th^{4+} kontrapolarisiert und aufgespalten). Im Polyrutil YPO_4 wird die entsprechende Kontrapolarisation durch das dreiwertige Ion Y^{3+} ausgeübt. Analog kann man aus beliebigen Verbindungen der Formel ABX_4 durch Substitution Polyrutile darstellen, indem man an den Platz von A ein so stark polarisierendes Ion einsetzt, daß man hierdurch das Ion BX_4 genügend aufspaltet.

In manchen Fällen wurde Mischkristallbildung zwischen polymer-isomorphen Körpern beobachtet, ein Beispiel bildet die Gruppe der Ilmenorutile und Strüverite, welche als Mischkristalle des Monorutils TiO_2 und der Trirutile FeR_2O_6 aufgefaßt werden müssen. Wir erhalten den Satz:

11. Bei polymer-isomorphen Krystallarten ist Mischkristallbildung nicht ausgeschlossen.

D. Gesetze über Polymorphie und Morphotropie.

Als Polymorphie bezeichnen wir, indem wir uns an P. v. GROTHS Definition anschließen, die von E. MITSCHERLICH entdeckte Fähigkeit vieler Stoffe, unter verschiedenen Verhältnissen verschiedene Krystallstruktur und somit auch verschiedene Krystallform anzunehmen.

Versucht man, wie meine Untersuchungen erstreben, eine möglichst eindeutige gesetzmäßige Zuordnung zwischen der chemischen Zusammensetzung der Körper und ihrem Krystallbau klarzustellen, so verlangt das Problem der Polymorphie eine besonders eingehende Bearbeitung. Bereits im Teil V der „Geochemischen Verteilungsgesetze“ (1925) wiesen ich und meine Mitarbeiter auf die Wichtigkeit der Polymorphie hin und schlossen: „Die bunte Mannigfaltigkeit der Krystallarten, das scheinbar willkürliche Auftreten

¹⁾ Wie etwa Ionen der Hauptreihe und Nebenreihe.

²⁾ Daß Ammoniumfluorid, im Gegensatz zu allen anderen Halogeniden der Alkalimetalle und des Ammoniums, hexagonal ist, beruht auf Kontrapolarisation des Radikals NH_4 durch das Fluor.

¹⁾ Lange bevor es Möglichkeiten direkter Strukturermittlung gab, hat W. C. BRÖGGER bereits auf die nahe kristallographische Verwandtschaft zwischen Rutil — TiO_2 —, und Mossit — $\text{Fe}(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6$ — hingewiesen.

und Fehlen von Isomorphie innerhalb ein und desselben Verbindungstypus, wird dann zu einem anschaulichen Bilde werden, welches uns ein regelmäßiges Ansteigen und Absinken der Stabilitätsfelder zeigt, bedingt im Grunde durch den Bau der beteiligten Atomarten.“

Der damals eingeschlagene Weg, die Probleme der Isomorphie und der Polymorphie in ihrem gegenseitigen Zusammenhange zu behandeln, und zwar mit Hilfe von Strukturuntersuchungen an möglichst zahlreichen einfachen Verbindungen, erwies sich als erfolgreich.

Um die Fragen der Polymorphie systematisch zu erörtern, müssen wir einen Rückblick auf Ergebnisse an isomorphen Reihen werfen. Nach Satz (8) (vgl. S. 481) tritt Isomorphie auf, wenn zwei chemisch analoge Körper sich nur durch solche Substitutionen unterscheiden, bei welcher die relative Größe der Krystallbausteine und die relative Stärke der Polarisierbarkeit nur innerhalb gewisser Grenzen verändert werden; diese Grenzen sind von Fall zu Fall zu bestimmen, gehorchen übrigens selbst gewissen allgemeinen Gesetzmäßigkeiten, wie andernorts gezeigt wird.

Ein Beispiel mag dies erläutern. Ersetzen wir in einem Gitter vom Perowskittypus, als Beispiel mögen wir den Perowskit selbst wählen, eine oder mehrere Atomarten innerhalb der genannten Grenzen, so wird die Perowskitstruktur nicht in ihrem Wesen geändert, die Isomorphie bleibt erhalten.

Beispielsweise können wir im CaTiO_3 , das Ca durch Sr oder Ba ersetzen, unter Beibehaltung des Strukturtypus. Ebenso können wir im CaTiO_3 das Ti durch Zr oder Sn ersetzen, ebenfalls unter Wahrung der Isomorphie. Ja wir können sogar, durch geeignete Wahl der Substituenten, alle Atomarten substituieren, ohne daß die Isomorphie verlorenggeht, wie das Beispiel KMgF_3 zeigt. Überschreiten wir indessen die Grenzen isomorpher Ersetzbarkeit durch eine Substitution, welche Radius oder Polarisations-eigenschaften der Krystallbausteine zu stark ändert, so gelangen wir zu einem neuen Gittertypus, einer neuen Krystallstrukturart, *Morphotropie* tritt ein. Dies können wir erzielen, indem wir etwa im CaTiO_3 das Ca durch Mg ersetzen, dann ergibt sich die korundartige Krystallart des Mineralen Geikielith MgTiO_3 . Oder ersetzen wir im CaTiO_3 das Ti durch Si, so ist ebenfalls die Grenze isomorpher Vertretbarkeit im Perowskittypus überschritten, wir gelangen zu den verschiedenen Krystallarten des Calciummetasilikates.

Jede isomorphe Reihe, jeder Strukturtypus hat derart sein bestimmtes Ende, seine bestimmte Grenze der Substituierungsmöglichkeit, welche durch Größe und Polarisations-eigenschaften der substituierenden Atomarten ebenso wie durch die eigenen Eigenschaften der betreffenden Strukturart festgelegt sind. Das Ende einer isomorphen Reihe, angrenzend an den Beginn einer neuen

Strukturart, erläutert uns nun das Wesen der Polymorphie. Polymorphie tritt ein, sobald bei ein und demselben Körper die *thermodynamischen* Faktoren ausreichen, um den Übergang einer solchen Reihe in die nächste Reihe zu ermöglichen. Nach meinen Erfahrungen sind es speziell die Änderungen der Polarisations- und Kontrapolarisationswirkungen mit der Temperatur, welche für das Auftreten der meisten Fälle von Polymorphie in diesem Sinne verantwortlich sind.

Eine Umschreibung mag diese Betrachtungsweise verdeutlichen. Wir mögen ein und denselben Körper mit ein und derselben Strukturart aber bei verschiedenen Temperaturen und Drucken mit sich selbst vergleichen. Wir können dann sagen, der Körper sei bei diesen verschiedenen Temperaturen und Drucken *mit sich selbst isomorph*. Wird aber durch Temperatur und Druck eine Änderung in den Eigenschaften der Krystallbausteine hervorgebracht, welche genügend stark ist, um die Grenzen der Isomorphie zu überschreiten, insbesondere eine Änderung der gegenseitigen Polarisationswirkungen, so wird das Ende der selbst-isomorphen Reihe erreicht, es tritt eine Selbst-Morphotropie ein, welche eben das *Wesen der Polymorphie* darstellt.

Ich stelle den Satz auf:

12. Die *krystallochemischen Erscheinungen der Isomorphie, Morphotropie und Polymorphie sind auf das innigste miteinander ursächlich verknüpft. Polymorphie ist die morphotrope Strukturänderung bei konstantem chemischen Bestande, bedingt durch den Einfluß der thermodynamischen Faktoren auf die Eigenschaften und die Wechselwirkung der Krystallbausteine; Polymorphie tritt ein, sobald die Grenzwerte der Selbst-Isomorphie überschritten werden.*

Ich möchte noch bemerken, daß die Herren BARTH und LUNDE als erste die Vermutung aussprachen, daß Polymorphie durch die verschiedene thermische Ausdehnung der einzelnen Krystallbausteine bedingt sein könne, ein Gedankengang, der als Vorläufer des hier aufgestellten Satzes aufgefaßt werden kann. Allerdings ist der Einfluß der thermodynamischen Zustandsgrößen in erster Linie durch Beeinflussung der gegenseitigen Polarisationserscheinungen zu deuten, wie an anderer Stelle gezeigt werden soll. Mein Ergebnis über die ursächliche Verknüpfung von Isomorphie, Morphotropie und Polymorphie kann nun angewandt werden, um nach Belieben polymorphe Körper darzustellen. Man braucht nur, anknüpfend an meine Darlegungen über Isomorphie, in einem gegebenen chemischen Stoffe solche Substitutionen vorzunehmen, daß man sich der Grenze der isomorphen Substitutionsmöglichkeit möglichst nähert. Bei jenen Körpern, welche dem Grenzgebiet beiderseits nahe stehen, gelingt es dann in der Regel, schon durch mäßige Temperaturänderungen die Morphotropie, den Umschlag der einen polymorphen Modifikation in die andere hervorzurufen, evtl. auch durch Anwendung von Druckänderungen.

Einige Beispiele, teilweise unter Wiederholung schon oben angeführter Stoffe, mögen das Prinzip erläutern.

Verbindungen ABX_3 .

Die Verbindungen ABX_3 bieten einige schöne Fälle morphotroper Reihen, welche mit Polymorphie verknüpft sind. Aus dem reichhaltigen, meist neuen Materiale an Nitraten, Chloraten, Bromaten, Jodaten, Niobaten, Carbonaten, Silikaten, Titanaten, Zirkonaten, Stannaten, Aluminaten, Gallaten, Fluorosalzen usw. dieser Formel, welches an anderer Stelle ausführlich veröffentlicht wird, seien hier nur einige bekanntere Beispiele genannt:

$LiNO_3$	$MgCO_3$	Kalkspattypus
$NaNO_3$	$CaCO_3$	
KNO_3		
KNO_3	$CaCO_3$	Aragonittypus

Die Polymorphie, respektive Morphotropie ist durch kontrapolarisierende Einwirkung des Ions A auf das Ion BX_3 bedingt.

Bemerkenswert ist auch die Morphotropie in den Reihen:

$MgTiO_3$	$AlAlO_3$	$GaGaO_3$	Korundtypus
$CaTiO_3$	$LaAlO_3$	$LaGaO_3$	Perowskittypus

Die Aufspaltung des Radikals BX_3 in der Verbindung ABX_3 führt hier sozusagen beinahe bis zur strukturellen Gleichwertigkeit der positiven Ionen A und B, so daß Isomorphie mit Stoffen der Formel A_2X_3 erreicht wird. Bei noch stärkerer Kontrapolarisation würde gewissermaßen gegenseitiger Umtausch der Rollen von A und B eintreten.

Verbindungen A_2BX_4 .

Ganz besonders schön kommt der Einfluß der Kontrapolarisation in den Beziehungen der Isomorphie, Morphotropie und Polymorphie der Verbindungen des Typus A_2BX_4 zum Ausdruck. Meine Mitarbeiter und ich haben hier bisher drei Hauptkrystallarten studiert, welche in der Reihenfolge:

Krystallart des Spinells, etwa Ag_2MoO_4 ,
 Krystallart des Phenakits, etwa Be_2SiO_4 ,
 Krystallart des Olivins, etwa K_2SO_4

nach abnehmendem Einfluß der Kontrapolarisation auf das Radikal BX_4 geordnet sind. Hierzu kämen dann noch die Krystallarten des Ca_2SiO_4 . Es sei bemerkt, daß T. BARTH und G. LUNDE an einigen Krystallarten der Spinellgruppe zuerst einen Einfluß der Atomgrößen auf das Zustandekommen der einzelnen Krystallarten beobachtet hatten.

Ein besonders geeignetes Feld zum Studium der Polymorphie und zur planmäßigen Darstellung polymorpher Körper bieten ganz allgemein diejenigen Krystallarten, in welchen kontrapolarisierbare Radikale vorkommen. Die Kontrapolarisation ist nämlich, wie ich gefunden habe, beson-

ders leicht durch die *thermodynamischen Faktoren* beeinflussbar, und man findet dann oft den Fall, daß bei ein und demselben chemischen Körper innerhalb eines relativ kleinen Intervalles von Temperatur und Druck zwei oder mehr verschiedene Krystallstrukturarten darstellbar sind. Es sei hier an die Polymorphieerscheinungen der Sulfate, Silikate, Carbonate, Nitrate erinnert. Enthält ein Körper *mehrere* kontrapolarisierbare Radikale, so ist *besonders* reiche Mannigfaltigkeit der Polymorphie zu erwarten; es sei hier nur das Beispiel des Ammoniumnitrates genannt, mit den Radikalen NH_4 und NO_3 .

Die Wirkungen der Kontrapolarisation sind stark temperaturabhängig. Die Erfahrung zeigt, daß die aufspaltende Wirkung kontrapolarisierender Kationen auf komplexe Anionen mit steigender Temperatur zuzunehmen pflegt. Eine Zunahme der Kontrapolarisation kann aber auch durch chemische Substitution erzielt werden, indem man ein noch stärker polarisierendes Kation in den Krystall einführt. Für solche Fälle kann man die Regel aufstellen:

13. Bei hoher Temperatur ist diejenige Krystallart stabil, welche mittels Substitution des kontrapolarisierenden Kations durch dessen niedriges Homologon erhalten werden könnte. Im umgekehrten Sinne wirkt dann eine Substitution des positiven Zentralatoms im komplexen Anion.

Bezüglich der Bestätigung dieser Sätze durch die Erfahrung muß ich auf die ausführliche Publikation verweisen.

Wir beherrschen demnach die Gesetze der Polymorphie und können die Erscheinungen der Polymorphie im Zusammenhang mit andern krystallochemischen Erscheinungen verstehen. Aus den genannten Sätzen und deren Verknüpfung mit der Energetik der polymorphen Umwandlung kann nun auch die Verschiebung der Zustandsfelder durch physikalische und chemische Beeinflussung verstanden werden. Beim Studium der Polymorphie sind wir nicht mehr auf empirische Feststellung zufällig dargebotener Umwandlungsercheinungen angewiesen, sondern wir können nach Belieben polymorphe Modifikationen gegebener Verbindungstypen planmäßig aufsuchen und studieren.

Nur in zwei Arten von Fällen kann es mißlingen, einen bestimmten Strukturtypus durch zielbewußte Substitution darzustellen, und zwar liegt in diesen beiden Arten von Fällen die Ursache des Mißerfolges nicht in einem Versagen des Prinzips, sondern in der nur beschränkten Anzahl von Atomarten, welche uns hier auf der Erde zur Verfügung stehen.

Die erste Art von Fällen beruht darauf, daß zur betreffenden erfolgreichen Substitution so große oder so kleine Atomarten angefordert werden müßten, daß es die Variationsgrenzen unseres Elementensystems überschritte. Wollen wir zum Beispiel durch Vergrößerung des Erdalkaliatoms von Perowskittypus der Titanate zum nächstfolgenden

Strukturtypus ABX_3 gelangen, so genügt es nicht, das Ca durch Sr oder Ba zu ersetzen (vgl. oben), sondern es müßte ein noch größeres Erdalkalium angewandt werden, vielleicht ein noch größeres als das Radiumatom. Ebenso kann ein gewisser Polymorphiefall der Metasilikate nicht realisiert werden, weil wir kein kleineres zweiwertiges Metallatom als jenes des Berylliums besitzen.

Die zweite Art von Fällen beruht darauf, daß mitunter die Eigenschaftsänderung durch Substitution gerade in einem Intervall erfolgt, in welchem keine substituierende Atomart geeigneter Eigenschaften vorliegt, so daß wir nicht Polymorphie, sondern nur Morphotropie beobachten. So ist der Sprung zwischen den Verbindungen des Bors und des Aluminiums so groß, daß die Erscheinung der Isopolymorphie meist nicht zur Beobachtung gelangt und auch nicht durch Vermittelung einer dazwischenliegenden positiv dreiwertigen Atomart studiert werden kann.

Die organische Krystallochemie mit ihren so mannigfaltigen Substitutionsmöglichkeiten wird

indessen reichen Ersatz für diese naturgegebenen Lücken der anorganischen Krystallochemie bieten.

Ich glaube, in dieser Mitteilung den Weg gezeigt zu haben, durch welchen die Krystallochemie aus einer rein deskriptiven zu einer exakten Wissenschaft wird. Die neuen Prinzipien und Arbeitsweisen, die von jetzt an die Forschung auf krystallochemischem Gebiete kennzeichnen werden, dürften gewiß auch auf andern Feldern der chemisch-physikalischen Wissenschaften und auch in der Technik nützliche Anwendung finden. Unter anderm eröffnet sich ein Ausblick auf die schon naheliegende Möglichkeit, Vorgänge der chemischen Katalyse durch Erscheinungen der Kontrapolarisation zu erklären, indem die Kontrapolarisation die Fähigkeit besitzt, das sonst in sich abgeschlossene Innere reaktionsträger Radikale durch Aufspaltung zu öffnen.

Oslo, Mineralogisches Institut der Universität, April 1926.

Besprechungen.

ARRHENIUS, SVANTE, *Erde und Weltall*. Aus dem Schwedischen übersetzt von Dr. FINKELSTEIN. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. 1926. VII, 342 S., 68 Abbildungen im Text und 2 Tafeln 14×21 cm. Preis 12,— Reichsmark.

Das vorliegende Werk ist eine Vereinigung der beiden früheren schon in vielen Auflagen erschienenen Schriften: „Der Lebenslauf der Planeten“ und „das Werden der Welten“. Obwohl auf dem Titelblatt nichts davon zu ersehen ist, scheint das Buch nur einen ersten Teil vorzustellen, und wir dürfen also offenbar noch einen zweiten erwarten, welcher die neuesten Anschauungen über das Wesen der Fixsterne und des Milchstraßensystems bringen soll, während der erste Teil sich hauptsächlich mit den Verhältnissen der Erde und der Planeten beschäftigt.

In den ersten Kapiteln die sich mit dem Ursprung der Astronomie und der Entwicklung der Chronologie befassen, werden auch die modernen Vorschläge über die Kalenderreform besprochen. Diese Gelegenheit möchte der Referent dazu benützen, auch einmal ein paar Worte gegen die Reform zu sprechen. Man kann wohl nicht leugnen, daß das Fixieren der beweglichen Feste eine wirtschaftliche Bedeutung hat, allerdings in um so geringerem Maße, je mehr die Bestrebungen die kirchlichen Feste überhaupt abzuschaffen an Boden gewinnen. Auch gegen den Beginn des Jahres mit dem Weihnachtstage wäre nichts einzuwenden; man folgte hier nur einem in früheren Jahrhunderten vielfach geübten Brauche. Dagegen scheint mir der Vorschlag die Woche aufzugeben, einen 7tägigen Zyklus, der nun schon seit vielen Jahrhunderten ununterbrochen läuft, nicht nur zu unterbrechen und mit einem neuen Anfangspunkt zu beginnen, sondern durch Einschalten eines außerhalb der Woche stehenden Tages gänzlich zu zerstören, für schlecht.

Es geht der praktische Wert, der mit einer doppelten Datierung verbunden ist, verloren, wenn alle Wochentage immer mit dem gleichen Datum zusammenfallen. Aus Datum und Wochentag kann man heute innerhalb gewisser Grenzen die Jahreszahl berechnen, ein Vorteil, der dann wegfällt. Es ver-

schwindet damit auch ein wichtiges Hilfsmittel der Erinnerung, was z. B. bei Zeugenaussagen nicht unwichtig sein kann. Endlich muß man sich die Frage erlauben, ob es wirklich wünschenswert ist, das tägliche Leben noch in einem Punkte einförmiger und grauer zu machen.

Im übrigen reiht sich das Buch in seiner glänzenden und fesselnden Darstellung würdig an die anderen Bücher des Verf. an. A. PREY, Prag.

U. S. Coast and Geodetic Survey. Annual report of the director, U. S. C. a. G. S. to the Secretary of Commerce for the fiscal year ended June 30. 1924. 8°. 80 S. mit 20 Karten und einer Abbildung (Vermessungsschiff „Discoverer“). Washington 1924, Government Printing Office.

Der vorliegende „Annual report“ ist in seinem Umfange gegen den vorjährigen (Besprechung siehe diese Zeitschr. 13. Jg., S. 174) erheblich verringert worden (80 S. gegen 149, 20 Karten gegen 38); er enthält außer einer Einleitung noch 3 Abschnitte (The Bureau's greatest needs, The Washington office, In the field). Ein 4. Abschnitt, wie er im vorjährigen Berichte mit eingehenden statistischen und Personalangaben für die geleisteten Feldarbeiten enthalten war, ist dem gegenwärtigen nicht mehr beigegeben worden. Da die allgemeinen und laufenden Arbeiten des Survey in der obengenannten Besprechung angegeben sind, so genügt es, aus dem vorliegenden Report die Fortschritte und besonderen Ergebnisse des Berichtsjahres zu erwähnen.

Wie in der Einleitung bemerkt wird, ist dieses 108. Jahr des Bestehens des C. a. G. S. als erfolgreich zu bezeichnen, besonders wegen der Ersetzung alter unbrauchbarer Vermessungsschiffe durch moderne, wodurch mit einem gutgeschulten Personal Beachtenswertes geleistet wurde. Anschließend werden dann gleich die Wünsche zur Verbesserung der Besoldungen, im besonderen zur Regelung der Ruhestandsgehälter, lebhaft zum Ausdruck gebracht. Weiter wird darauf hingewiesen, wie notwendig die schnelle Bekanntgabe der Vermessungsergebnisse zur Benutzung für die Feldmesser in den einzelnen Staaten ist; dann wird das Zusammenarbeiten (und die Fortschritte dabei) mit

den staatlichen Behörden, im besonderen mit den Armee- und Marinebehörden (Versuche mit Invarbändern zur Basismessung, Geben von besonderen Funkenzeitsignalen u. dgl.), verzeichnet. Der Küstenvermessung, die für die Auffindung der unter Wasser hoch aufragenden, für die Schifffahrt höchst gefährlichen Klippen von größter Bedeutung ist, wird fortdauernd die größte Aufmerksamkeit gewidmet. Hierbei hat sich die Beigabe von Barkassen zu einem Vermessungsmutterschiff als zweckdienlich erwiesen; die schnelle und sichere Verlegung von Kabeln und die rasche Vermessung von kleineren Häfen zum Anlaufen mit großen Schiffen ist durch dies Verfahren sehr gefördert worden. Die diesbezüglichen Fortschritte in Alaska und den Philippinen werden hervorgehoben. Sehr bemerkenswert ist ferner, daß es gelungen ist, mit dem Echolot nicht allein vertikale, sondern auch horizontale Entfernungen unter Wasser zu bestimmen, so daß es möglich geworden ist, neben der leichten Ermittlung der Meerestiefe auch den Ort des Vermessungsschiffes (Lage zur Küste) ebenso leicht festzustellen.

An geodätischen Arbeiten auf dem Lande sind im besonderen 3 Hauptprojekte nennenswert: 1. das weitmaschige Triangulationsnetz im Westen zu verengern. 2. Die Triangulation längs des 49. Parallels in Übereinstimmung mit dem Survey von Canada zu Ende zu bringen, und 3. die Triangulation in Süd-Alaska durchzuführen. Wie in der vorjährigen Besprechung schon erwähnt, wird der Wiederholung der Triangulation in Californien die größte Aufmerksamkeit gewidmet, da die bereits festgestellten Bodenverschiebungen von solcher Größe sind, daß sie dauernd weiterverfolgt werden müssen, um die größten Gefahrenzonen für zu erwartende Erdbeben angeben zu können. Aus den magnetischen Vermessungen bleiben die Vorarbeiten für die Herstellung von Karten für die Aviation erwähnenswert. Im Schlußteil der Einleitung wird hervorgehoben, wie nötig es ist, der Weiterentwicklung und den Neukonstruktionen von Vermessungsinstrumenten aufmerksam zugewandt zu sein, einige neue Erfindungen werden aufgezählt.

Im 1. Abschnitt erfahren wir wieder die unerfüllten Wünsche des Vorjahres und die neu hinzugekommenen, von denen einige angeführt sein mögen. Da die inländischen Flüsse in steigendem Maße mit Motorbooten befahren werden, so macht sich das Bedürfnis nach großmaßstäbigen Karten der Flußgebiete mehr und mehr geltend. Dazu werden größere flachgebaute Flußvermessungsboote erforderlich. Weiter müssen die lotenden Küstenschiffe zur Erhaltung der Arbeitsmöglichkeit auch im Nebel mit den entsprechenden akustischen und funktentelegraphischen Instrumenten ausgerüstet werden. Dann sind zur Sicherung der Schifffahrt an den Küsten, im besonderen in der Nähe der Flußmündungen, überall da, wo die Tätigkeit des stets bewegten Wassers fortwährend Veränderungen hervorruft, dauernde und eingehende Nachprüfungen der hydrographischen Vermessungen erforderlich. Zur regelmäßigen Durchführung aller vorgesehenen Vermessungen ist es nötig, auch die Wintermonate für die Außenarbeiten auszunutzen, das erfordert im besonderen die Einstellung eigens konstruierter größerer Vermessungsschiffe. Auf dem Festlande fehlt es an genügenden Karten für die Projekte des Wegebaues, für die Forstwirtschaft und auch für den Flugzeugverkehr. Im besonderen müssen die magnetischen Beobachtungsstationen im Westen des Landes vermehrt werden. Mehr könnte auch für die Vermessung von Alaska getan werden, wenn dort ein geeigneter Hafenplatz angelegt würde, wo Vermessungsschiffe ihre Vorräte ergänzen

und die erforderlichen Reparaturen vornehmen könnten. Im Schlußkapitel dieses Abschnittes wird darauf hingewiesen, wie wichtig eine möglichst zahlreiche Entsendung von Vertretern des Survey zu allen internationalen fachtechnischen Kongressen ist.

Der 2. Abschnitt macht uns in statistischen Angaben mit dem Personalbestand und seinen Veränderungen bekannt. Zur Zeit verfügt der Survey über 398 Beamte. Zusammengedrängt berichten die einzelnen Abteilungen (hydrographische und topographische, geodätische, kartographische, erdmagnetische, Gezeiten- und schließlich Instrumentenabteilung) über die ausgeführten Berechnungen, die neu herausgegebenen Bücher und gedruckten Vorschriften, über den ständig steigenden Verbrauch an Karten mit Diagramm. Auch die Erfahrungen der in Gebrauch genommenen neukonstruierten Instrumente werden kurz mitgeteilt. Den Schluß dieses Abschnittes bildet das Arbeitsprogramm für das kommende Jahr.

Der 3. (letzte) Abschnitt zeigt uns an der Hand der zahlreichen eingefügten Karten und Skizzen, welche Außenarbeiten im einzelnen im abgelaufenen Jahre zur Ausführung gekommen sind; dabei wurden mannigfache Sonderwünsche berücksichtigt, wie z. B. eine Feineinwägung der Wege im Yellowstone Park. In der magnetischen Abteilung wurden Untersuchungen angestellt über die störenden Einflüsse der Morgendämmerung auf Telegraphen- und Kabelleitungen. In der Gezeitenabteilung arbeiteten 7 automatische Pegelregistrierapparate während des ganzen Jahres an zahlreichen Stationen der Küsten. Neue transportable automatische Pegelregistrierapparate wurden an weniger wichtigen Stationen vorübergehend aufgestellt. Den größten Raum in diesem Abschnitt nehmen die ausgeführten geodätischen Außenarbeiten ein. Klar tritt hier hervor, welche große Bedeutung gut organisierte Vermessungen für horizontale und vertikale Aufnahmen für ein wirtschaftlich aufstrebendes Land haben. Unter diesen Arbeiten hebt sich gegenwärtig die Wichtigkeit einer gut angelegten und genauen Vermessung zur Katastrierung der Städte heraus. Verständnisvolles Zusammenarbeiten des Survey mit den Stadtverwaltungen bleibt für die gute Durchführung der Sache von ausschlaggebender Bedeutung.

Die Durchsicht des vorliegenden Reports stärkt wieder den Eindruck, daß umfangreiche Arbeiten geleistet sind, aber weit umfangreichere in diesem Lande zu tun bleiben. E. BRENECKE, Berlin-Potsdam.
JOLY, JOHN, *The surface-history of the earth*. Oxford, at the Clarendon Press 1925. 192 S., zahlreiche Textfiguren und mehrere Tafeln. 14 x 22 cm.

Der bekannte Verf. ist Professor der Geologie und Mineralogie an der Universität Dublin. Diese Tatsache bedeutet ein Programm: als Geologe ist JOLY Historiker, als Mineraloge ist er Anorganograph; und so beschreibt er denn im vorliegenden Buch die Geschichte der leblosen Erdhülle. Diese Art ist schon an sich originell. Die Verknüpfung des Historischen und des Kausalen liefert als Ergebnis periodisches Geschehen. Das gelingt dem Autor freilich nur mit Hilfe mehrerer kühner Annahmen; aber der Versuch solch großzügiger Synthese ist anregend und fruchtbar. Methodisch bedeutungsvoll und nachahmenswert ist besonders die Verwendung radioaktiver, gravimetrischer, thermischer und seismologischer Daten.

JOLY benutzt hauptsächlich zwei neuere Errungenschaften: erstens die Erkenntnis der *Gesteinsradioaktivität* und zweitens die Lehre von der *Isostasie*. Diese beiden Faktoren haben nach JOLY wiederholt, und zwar abwechselnd, in die Erdgeschichte eingegriffen und den

Rhythmus von ozeanischen Transgressionen sowie Regressionen nebst dem Aufsteigen der Kettengebirge geschaffen, der sich auch fernerhin fortsetzt.

Die *Isostasie*, deren Lehre viele Anhänger, aber auch Gegner hat, bedeutet bekanntermaßen hydrostatisches Gleichgewicht zwischen schweren und leichteren Gesteinsmassen. Inseln und Kontinente samt Gebirgen tauchen — wie Eisberge ins Wasser — in einen dichteren Untergrund ein, der sich zwar nicht gegen Kräfte von kurzer Wirkungszeit, wohl aber gegen lange andauernden Druck plastisch verhält, wie das z. B. beim Pech der Fall ist. Nach Störungen sucht sich das Gleichgewicht erneut einzustellen, teils säkular, teils ruckweise bei Erdbeben. Die Annäherung an Isostasie ergibt sich daraus, daß die wegen der tatsächlichen Dichteunterschiede und Höhendifferenzen an der Erdoberfläche zu erwartenden Schwereanomalien und Lotabweichungen in Wirklichkeit nur teilweise oder stellenweise vorhanden sind. So wird anscheinend der Überschuß der Gebirgsmassen über die Masse der weniger dichten und niedrigen Ozeane mehr oder weniger dadurch ausgeglichen, daß der Untergrund unter den Meeren größere Dichte besitzt als das relativ lockere Material der Gebirge. Unterhalb der sog. Ausgleichsfläche, deren Tiefe zu 60–120 km geschätzt wird, herrschen in einem und demselben Niveau keine Dichteunterschiede mehr; Gebirgsbildung kann demnach nicht unter diese Tiefe hinabreichen. Der Untergrund, in dem die Kontinente usw. schwimmen, ist nach JOLY überall einheitlich basaltisch, worauf u. a. die Tatsache hinweist, daß die sog. Plateaubasalte allorts auffallend gleiche chemische Zusammensetzung zeigen.

Alle Basalte enthalten nun eine kleine, aber deutlich nachweisbare Menge radioaktiver Substanzen, die natürlich eine Quelle ständiger Wärmeentwicklung darstellt. Über dem schwach radioaktiven (basischen) Basaltmagma lagern als oberste kontinentale Schichten die stärker aktiven (sauren) Gesteine, wie Granite, Porphyre u. a., deren Aktivität hinreicht, um die durch Ausstrahlung von den Kontinenten verloren gehende Wärme zu kompensieren. Es folgt hieraus, daß die radioaktive Wärme, die unmittelbar unter diesen kontinentalen Schichten in dem Basalt erzeugt wird, keinen Abfluß nach oben hat: das Basaltmagma muß sich allmählich erwärmen und kommt zum Schmelzen. Ist dieser Fall eingetreten, so gehen große Veränderungen an der Erdoberfläche vor sich. Das spez. Gewicht der geschmolzenen Lava ist niedriger als das des festen Magmas; die in dem Magma schwimmenden Kontinente sinken daher tiefer ein: große Teile des Festlandes werden vom Ozean überflutet.

Da das sich ausdehnende basaltische Substrat Zugkräfte auf das Hangende ausübt, und da der Meeresboden über ihm viel dünner ist als die Kontinente, so

werden besonders im Meeresboden und an den Küsten Risse auftreten, durch die die stark gespannte Basaltlava austritt; aber auch auf dem Festland kann dergleichen erfolgen, wie die gewaltigen Basaltdecken (Plateaubasalte) des Dekkan in Vorderindien beweisen.

Dieser Zustand der geschmolzenen Lavamassen bleibt aber nicht lange bestehen. Die leichtbewegliche, der Anziehung des Mondes unterliegende Basaltmasse gibt ihre Wärme an die unter dem Boden der Ozeane liegenden kälteren Teile ab. Die Temperatur unter den Kontinenten und unter dem Basaltboden sinkt, die Lava erstarrt von neuem. Diese Erstarrung ist natürlich mit einer Erhöhung des spez. Gewichtes verbunden. Die Kontinente werden wieder emporgehoben, die Ozeane ziehen sich von großen Teilen des Festlandes zurück, neue Gebirge werden gebildet, deren Höhe Tausende von Metern betragen kann.

Die Zeit, die notwendig ist, das Schmelzen des Magmas unter den Kontinenten zu bewirken, schätzt JOLY auf 30–50 Millionen Jahre; die Abkühlung erfolgt dann viel schneller und ist in wenig Jahrtausenden beendet. JOLY glaubt im ganzen sechs solcher „Revolutionen“ während der geologischen Erdgeschichte feststellen zu können. Für die Dauer der Oberflächen-geschichte unserer Erde ergäbe dies also einen Wert von höchstens 200–300 Millionen Jahren. Diese Zahl für das Alter der festen Erdkruste ist nun mindestens fünfmal niedriger, als sich aus den Altersbestimmungen aus dem Uranbleigehalt radioaktiver Mineralien ergibt. JOLY hält deshalb diese letzten Angaben für viel zu hoch und bringt eine Anzahl Gründe dafür, die seine Ansicht stützen sollen. Es ist hier nicht der Platz, auf diese sehr wichtigen Fragen einzugehen. Nach Ansicht der Referenten können die Altersbestimmungen der festen Erdkruste nach der sog. Bleimethode ein solches Maß von Sicherheit beanspruchen, daß man mit einem Mindestalter der festen Erdkruste von 1500 Millionen Jahren rechnen muß. Mit Bezug auf die oben geschilderten „Erdrevolutionen“ ist daraus der Schluß zu ziehen, daß entweder ihre Dauer oder ihre Anzahl beträchtlich unterschätzt worden ist.

Wenn hier also auch noch mancherlei Fragen späterer Zeit überlassen bleiben müssen, so sehen wir doch in den JOLYschen Erklärungen der rhythmischen Oberflächenbewegungen der Erde eine Arbeitshypothese, die sich auf dem Boden experimenteller Tatsachen aufbaut und eine Reihe bisher rätselhafter Beobachtungen unter einem einheitlichen und neuen Standpunkt zusammenfaßt. Das Buch von JOLY wird daher allen an erdgeschichtlichen Fragen interessierten Lesern hohen Genuß bereiten. Der Genuß wird noch erhöht durch die vorbildliche Ausstattung des Werkes und die wunderschönen geologischen und alpinen Landschaftsbilder.

O. HAHN. A. JOHNSEN.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Der Herausgeber hält sich für die Zuschriften und die vorläufigen Mitteilungen nicht für verantwortlich.

Zur Frage der physikalisch-chemischen Charakterisierung der Proteine.

(Vorläufige Mitteilung.)

Es ist von besonderem praktischen wie auch theoretischen Interesse, eine Methode zu besitzen, die in einwandfreier Weise gestattet Proteine zu charakterisieren. Eine solche Methode sollte sich auf folgendem Gedankengang aufbauen lassen: Bekanntlich erhält man durch Zufügen von Kupfersalzen zu Eiweiß-

stoffen in alkalischer Lösung die sog. Biuret-Reaktion, eine charakteristische violette Färbung. Da ähnliche Färbungen auch von anderen Stoffen, wie eben dem Biuret, gegeben werden, liegt es nahe anzunehmen, daß es sich um eine Komplexbildung des Kupfers mit dem Eiweiß handelt. Nun weiß man nach neueren Untersuchungen, daß auch Stoffe in kolloider Lösung imstande sind, gut gekennzeichnete chemische Gleichgewichte zu geben. Daher schien es nicht ausgeschlossen, daß möglicherweise komplexe Ionen von

Kupfer und Eiweiß entstehen, und daß demgemäß eindeutig gegebene Kupferionenkonzentrationen in solchen Proteinlösungen vorhanden sind. Es wurden deshalb diese Kupferionenkonzentrationen durch potentiometrische Messungen zu bestimmen gesucht und namentlich geprüft, ob sich auf diesem Wege verschiedene Proteinarten unterscheiden lassen. Wir benutzten bisher nur die Serumproteine, da die Unterscheidung von Globulin und Albumin uns zunächst wichtig schien. Es wurde Euglobulin und auf der anderen Seite das Gemisch von Pseudoglobulin + Albumin untersucht. Wir gewannen sie auf elektrodialytischem Wege aus Rinderserum. Die bisherigen Ergebnisse der Messung elektromotorischer Kräfte, bei denen die Kupfereiweißlösungen gegen eine $m/10$ Kupfersulfatlösung geschaltet waren, finden sich in den nachstehenden Tabellen 1 und 2.

Tabelle 1. *Euglobulin.*

Eiweiß-Gehalt in %	Farbenskala	Konzentr. Gang der Cu-Ionen
0,005	Lösg. wasserklar. Flocken abgesetzt	$\left. \begin{array}{l} \text{Von} \\ \sim 10^{-9} \\ \text{bis} \\ \sim 10^{-11} \end{array} \right\}$
0,01	Lösg. leicht blaugrün, grüne Flocken	
0,03	Lösg. leicht getrübt, blau mit einer Spur grün	
0,06	hellblau	
0,11	dunkelblau	
0,22	blau mit Spur rot	
0,45	blaurot gegen blau	
0,9	blaurot	
1,8	rotblau	
3,6	rotblau	

Tabelle 2. *Pseudoglobulin + Albumin.*

Eiweiß-Gehalt in %	Farbenskala	Konzentr. Gang der Cu-Ionen
0,01	Flocken abgesetzt, Flüssigkeit farblos	$\left. \begin{array}{l} \text{Von} \\ \sim 10^{-9} \\ \text{bis} \\ \sim 10^{-11} \end{array} \right\}$
0,02	Flocken, Flüssigkeit blaugrün	
0,03	leicht Trübung, Lösg.	
0,05	hellblau	
0,12	blau	
0,25	dunkelblau	
0,5	blau mit Spur rot	
1,0	blaurot	
2,0	rotblau	
	rotblau	

Ein Unterschied zwischen beiden Substanzen ist nicht zu verkennen, zumal auch der ψ -c Kurvengang ($\psi = E.M.K.$ der resp. Kette) bei beiden Körpern ein unterschiedlicher ist. Es scheint sich auch um wirkliche Gleichgewichte zu handeln, wenn auch das Alter und die Einwirkungsdauer des Alkalis genau zu berücksichtigen sind. Die Untersuchung wird fortgesetzt, und zwar soll mit dem Verhalten der Eiweißkörper das des Biurets und ähnlicher Stoffe verglichen werden. Es wird auch lohnend sein, die Veränderung der Färbung der Lösungen bei Änderung der Eiweißkonzentration optisch zu verfolgen.

Berlin-Dahlem, den 27. März 1926. Kaiser Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie.
G. ETTISCH und W. BECK.

Eine einfache Absorptionmethode im Ultrarot.

Die Aufnahme der Reststrahlenspektren von Krystallen scheitert vielfach an der Schwierigkeit, geeignete Präparate für die Untersuchung der Eigenfrequenzen herzustellen. Absorptionsmessungen fester Substanzen müssen wegen der sehr geringen Durchlässigkeit, die die Krystalle gewöhnlich für lange Wellen auch in der Umgebung von Stellen anomaler

Dispersion haben, an sehr feinen Schichten durchgeführt werden. Bei der Verwendung von Dünnschliffen (SCHAEFER) ist man auf gut kristallisierende Substanzen angewiesen, der Methode, mikrokrystalline Stoffe auf Unterlagen aufzukristallisieren oder zu sublimieren (REINKOBER), sind schon wegen der erforderlichen Trägerplatten nur bestimmte Krystalle und Spektralgebiete zugänglich.

Wir haben einfach ganz feine Krystallpulver in hauchdünner Schicht zunächst auf Steinsalzplatten aufgestäubt, so daß die vorher glasklar polierte Platte eine milchige Trübung zeigte. Diese Schichten werden mit einer zweiten Steinsalzplatte bedeckt und die beiden Platten am Rande so fest verklebt, daß das Pulver vor Feuchtigkeit geschützt ist und sich nicht verschieben kann. Die aufgenommenen Spektren, bezogen auf die Intensität der durch zwei genau gleiche Steinsalzplatten ohne Zwischenschicht hindurchgegangenen Strahlung, sind, wenn man während einer Meßreihe immer die gleiche Stelle der Schicht durchstrahlt, bei verschiedenen Präparaten derselben Substanz sehr genau reproduzierbar. Freilich muß man auf absolute Messungen der Absorptionskoeffizienten verzichten.

Auf die beschriebene Weise haben wir bei regulären und hexagonalen Oxyden neben den Grundschrwingungen noch mehrere Oberschwingungen festgestellt, und sogar in einem Falle (Berylliumoxyd), in dem die Strukturbestimmungen mit Röntgenstrahlen nicht eindeutig waren, den hexagonalen Aufbau bestätigen können. Der Vorteil der Methode besteht darin, daß sie für mikrokrystalline und amorphe, schwer schmelzbare, schwer lösliche oder chemisch leicht angreifbare Stoffe anwendbar ist. Als Trägerplatten kann man jede durchsichtige Substanz verwenden (z. B. Quarz, Flußspat, Sylvin), vor allem auch Zaponlackhäutchen¹⁾. So ist der ganze ultrarote Spektralbereich, insbesondere auch das Gebiet von 20–40 μ , Absorptionsmessungen zugänglich. Eine Verfälschung der Spektren durch selektive Absorption infolge der Zerstreuung der Strahlung an den Krystalliten kommt, wie sich aus der Beugungstheorie des Lichtes an kleinen Teilchen leicht überschlagen läßt, bei den betrachteten ultraroten Wellenlängen und submikroskopischer Zerteilung nicht in Frage.

Die ausführlichen Messungen, zu denen wir die Mittel teilweise dem Elektrophysikausschuß der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft verdanken, werden von der einen von uns in der Dissertation veröffentlicht werden.

Berlin-Dahlem, den 31. März 1926, Kaiser Wilhelm-Institut für Faserstoffchemie.

G. LASKI. S. TOLKSDORF.

Über die Quantelung des Rotators und die Koordinatenwahl in der neuen Quantenmechanik.

Der Rotator fällt als cyclisches System zunächst außerhalb des Schemas der neuen Quantenmechanik, die von BORN und JORDAN bekanntlich nur für Koordinaten aufgestellt wurde, die periodische Funktionen der Zeit und nicht, wie der Winkel φ , der Zeit proportional sind. Diese Schwierigkeit läßt sich nun sehr einfach durch Einführung der bekannten POINCARÉschen

Berührungstransformation $q = \sqrt{2J} \cos w$ $p = -\sqrt{2J} \sin w$ beheben.

¹⁾ Vgl. M. CZERNY, Verhandl. d. dtsh. phys. Ges. 1925, S. 8.

die Librations- und cyclische Bewegungen ineinander überführt. Die Durchführung der Rechnung ergibt dann zwangsläufig die bekannte Halbzahligkeit der Rotationsterme.

Es läge nun der Gedanke nahe, diese sehr einfache Methode auf alle gequantelten Systeme anzuwenden, die ja nach Einführung der Wirkungsvariablen durchweg cyclische Systeme geworden sind. Dies scheitert jedoch an dem Umstand, daß der BORN-JORDANSche Matrizenkalkül nicht für beliebige Koordinaten, die in der klassischen Mechanik periodische Funktionen der Zeit sind, richtige Resultate liefert, sondern nur für kartesische bzw. solche, die dieselben Perioden haben wie die kartesischen.

Für die nähere Begründung sowie die Einzelheiten der Rechnung sei auf die bald erscheinende Publikation in der Zeitschr. f. Phys. verwiesen.

Wien, Institut für theoretische Physik der Universität, März 1926. OTTO HALPERN.

Albrecht Penck, die Meereskunde und die „Meteor“-Expedition.

Herr A. PENCK hat sich in letzter Zeit mehrfach in Aufsätzen mit der „Meteor“-Expedition und, für jedermann verständlich, mit dem der Wissenschaft leider so früh entrissenen A. MERZ beschäftigt, das Lebenswerk dieses Forschers, seines Schülers, würdigend. Es sind Herrn PENCK dabei eine Reihe Irrtümer wissenschaftlicher und auch sozusagen geschäftlich-historischer Art unterlaufen. Es handelt sich um 3 Artikel PENCKs, betitelt: 1. Die Deutsche Atlantische Expedition¹⁾; 2. ALFRED MERZ²⁾; 3. ALFRED MERZ, Die Deutsche Atlantische Expedition auf „Meteor“³⁾. Ich habe die „Naturwissenschaften“ um die Aufnahme meiner Ausführungen gebeten, weil die „Meteor“-Expedition alle naturwissenschaftlichen Kreise, nicht bloß die geographischen, angeht, und weil die Literaturzeitung, die ja fast ausschließlich geisteswissenschaftlichen Interessen dient, Erwiderungen überhaupt nicht annimmt.

1. Im ersten Artikel vom Herbst 1925 (Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde S. 248) steht, daß „die Deutsche Seewarte weder an der Planlegung noch an der Ausrüstung der „Meteor“-Expedition beteiligt sei“. Es ist mir ein Bedürfnis, anzuerkennen, daß der Plan des Unternehmens in seiner charakteristischen Anlage der Querschnitte von A. MERZ stammt; die Seewarte hat, nachdem der damalige Präsident Herr CAPELLE ohne mein Zutun eine Zeitlang eine ganz andere Idee vertreten hatte, den Plan akzeptiert. Jeder sieht ein, daß es ein Fehler gewesen wäre, die Seewarte nicht zu beteiligen; die Seewarte ist laufend mitbeteiligt gewesen, insbesondere auch an der Ausrüstung. Der Präsident saß von Anfang an mit in der Kommission für die Expedition. Ich selbst habe dienstlich in der Seewarte und auf Veranlassung der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft in Innsbruck im September 1924 an den tagelangen Beratungen dieser Kommission über die Aufgaben, Reisewege und Ausrüstung der Expedition mitgewirkt; ich habe über die Aufstellung der Lotmaschinen des „Meteor“ nach Inaugenscheinnahme des Schiffes Ratschläge erteilt, für die A. MERZ mir seinen Dank ausgesprochen hat. Die Seewarte hat eine große

Zahl Karten und Bücher und auch Instrumente zur Ausrüstung hergegeben, was sogar in der Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde 1926, S. 70, 71, 73 zu lesen ist (Spezialbarometer, Spiegeltheodolit usw.), ganz abgesehen von geistigem Gut, z. B. hinsichtlich der Interferometerfrage, ganz abgesehen auch von der Teilnahme zweier Beamten der Seewarte.

2. In der Dtsch. Literaturzeit. steht S. 27 und 31, daß ich, weder dienstlich noch persönlich mit der Expedition in Verbindung stehend, über die Aufgaben der Unternehmung nicht völlig zutreffende Angaben in den Ann. d. Hydrographie 1925, S. 145 machen können, daß er — PENCK — darum die Öffentlichkeit orientiert habe, daß ich z. B. irrtümlicherweise mitgeteilt hätte, „Meteor“ würde an entlegenen Stellen (Süd-Georgien) Ortsbestimmungen von früheren Jahren im Hinblick auf A. WEGENERS Verschiebungstheorie wiederholen. Was das Fehlen der Verbindung mit der Expedition betrifft, so zeigt das in meinem Absatz 1 Gesagte das Gegenteil. Für den Aufsatz in den Ann. der Hydrographie stand mir eigene Kenntnis und amtliches Material reichlich und genügend zur Verfügung. Die Wiederholung der Ortsbestimmung war mir in der Marineleitung ausdrücklich als Aufgabe — natürlich Nebenaufgabe — bezeichnet worden; bestätigt wird dies durch ein Telegramm des „Meteor“ vom 14. II. 1926: „die beabsichtigten astronomischen Kontrollbeobachtungen auf Süd-Georgien (Moltkehafen) konnten nicht erledigt werden, weil die andauernd starke Bewölkung die Beobachtungen verhindert hat.“

Das genügt wohl.

3. Es ist nicht richtig, daß seit NATTERER die Chemie des Meeres vernachlässigt worden sei (Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde 1925, S. 246) — ich erinnere nur an die vielen Arbeiten der Kieler hydrographisch-biologischen Schule, an die neuen von B. SCHULZ u. a. — es ist nicht richtig, daß wir MERZ den wichtigen Nachweis verdanken, daß die Temperatur der Wasseroberfläche des Meeres höher ist als die der darüberliegenden Luft: dies wurde schon 1890, also 21 Jahre früher, in einem grundlegenden Aufsatz von W. KÖPPEN und danach noch mehrfach, vor MERZ, behandelt.

4. Es ist nicht richtig, daß MERZ und BRENNECKE gleichzeitig (Dtsch. Literaturzeit. a. a. O. S. 28) oder MERZ sogar vor BRENNECKE (Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. 1926, S. 94), die neuen Anschauungen über die großen Wassenumsetzungen im Ozean — auf deren Prüfung letzten Endes die „Meteor“-Expedition hinausläuft — gewonnen hat. Es ist zur Not begreiflich, daß Herr PENCK unter dem frischen Eindruck des so außerordentlich tragischen Todes seines Schülers die Leistungen von A. MERZ derart heraushebt, daß der eine oder andere Forscher auf gleichem Gebiete dabei zu kurz kommt. Aber mit derselben Pietät, die Herrn PENCK die Feder geführt hat, fühle ich die Pflicht für W. BRENNECKES Leistung einzutreten, weil es sich um einen ebenfalls verstorbenen Kollegen der Seewarte handelt. Viele Jahre vor MERZ (1922) hat BRENNECKE bereits im Jahre 1911 in seinen Reiseberichten von der „Deutschland“-Expedition (z. B. Ann. d. Hydrographie 1911, S. 642 und 644) ganz unmißverständlich geschrieben: „Das Hauptergebnis unserer Reihemessungen ist die Feststellung eines Tiefenstromes in etwa 1500—3000 m Tiefe, der vom Nordatlantischen Ozean nach Süden vordringt und durch hohe Temperatur und hohen Salzgehalt sich von der über- und unterlagernden Schicht abhebt.“ Zweifellos sind diese Berichte im Institut für Meereskunde schon vor dem Kriege genügend gewürdigt und auch Herrn PENCK bekanntgeworden. Sie sind der wissenschaftliche Ausgangspunkt für die Umwälzung

¹⁾ Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde 1925, S. 243—251.

²⁾ Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde 1926, S. 81—102.

³⁾ Dtsch. Literaturzeit. 1926, H. 1, S. 26—32.

(Diese Zeitung nimmt Entgegnungen grundsätzlich nicht auf.)

geworden, die sich allmählich in unseren Vorstellungen über die ozeanischen Zirkulationen vollziehen. Für die Geschichte der Ozeanographie ist dieser Punkt, wie man voraussehen kann, von außerordentlicher Wichtigkeit.

Ich möchte mich für diesen Standpunkt besonders auf das Urteil eines so hochgeschätzten und neutralen Ozeanographen wie Prof. O. PETTERSSON, Göteborg, berufen, des Gründers der internationalen Meeresforschung, der als Nestor unseres Fachs 1924 im „Ymer“ (Stockholm, H. 4, S. 405–422), einen langen Nachruf für seinen soviel jüngeren Fachgenossen BRENNÉCKE veröffentlicht hat, den man nachlesen wolle. PETTERSSON schildert den großen wesentlich horizontalen Wasseraustausch zwischen S und N und N und S in den verschiedenen Etagen, stellt die Leistungen BRENNÉCKES in dieser Hinsicht im Süden in eine Linie mit den entsprechenden Forschungen F. NANSENS im Norden und schreibt u. a., daß die neuen Ansichten sich seit 1912 (!) allmählich durchgesetzt haben auf Grund der Aufzeichnungen der deutschen Südmeer-Expedition, d. h. eben BRENNÉCKES Beobachtungen auf der „Deutschland“. „MERZ und WÜST haben dies in den Diagrammen wiedergegeben“ (1923), heißt es bei PETTERSSON.

MERZ bleibt immer das große Verdienst, mit Energie und unter Heranziehung auch älterer Messungen des „Challenger“ und der „Gazelle“, die nun erst mit Sicherheit zu deuten waren (KRÜMMEL, Ozeanographie, I, S. 341), der umwälzenden Anschauung, die wir heute alle im Grundsatz teilen, zum Durchbruch verholfen zu haben. Neue Anschauungen setzen sich fast stets nur unter gewissen Schmerzen und Kämpfen durch, bei deren Austragung peinliche Gerechtigkeit angestrebt werden muß. Zur Zeit sind wir in der Periode der Meeresforschung, die von der früheren, damals allein möglichen beschreibenden und bestenfalls konstruktiven Methode überführen wird zu einer mathematisch-physikalischen Behandlung der Probleme; der Vorgang

ist ganz ähnlich zu bewerten wie auf dem Gebiete der Meteorologie, die hierin schon ungemein viel weiter fortgeschritten ist.

Die mannigfachen Spitzen, die Herr PENCCK seinen 3 Aufsätzen eingefügt hat, wären nur dann verständlich, wenn die neue ozeanographische Richtung von der Seewarte oder mir bekämpft würde, was natürlich nicht der Fall ist; sie waren also durchaus überflüssig und unvorsichtig. Auch könnte die Liste der Irrtümer Herrn PENCCKS vermehrt werden, z. B. hinsichtlich der Bewertung der „Valdivia“-Tiefsee-Expedition.

Im übrigen möchte ich recht sehr zur Einigkeit und Einigung mahnen. Meine Bemühungen an verschiedenen maßgebenden Stellen seit vielen Monaten gehen nach dieser Richtung. Das letzte Ziel dieser Zeilen ist auch, nach tunlichster Ausräumung der wesentlichen Irrtümer und Mißverständnisse, eine Plattform zu schaffen für einen neuen Anlauf aller ozeanographischen Tätigkeit in Deutschland. Ob Herr PENCCK für diesen Standpunkt zu haben ist, wird die Zukunft lehren. Die 3 Aufsätze A. PENCCKS sind diesem Ziele leider nicht förderlich; er hat zuviel beweisen wollen und dadurch unvermeidbar die Kritik herausgerufen.

Hamburg, den 26. April 1926.

G. SCHOTT.

Bitte an die Fachgenossen, die auf dem Gebiete der Lufterlektrizität arbeiten. Wir arbeiten gegenwärtig an einem größeren zusammenfassenden Werke über Lufterlektrizität; unsere Arbeit ist aber dadurch sehr erschwert, daß uns infolge der großen Notlage der österreichischen Universitäten nur wenig Zeitschriften und fast keine ausländischen zur Verfügung stehen.

Wir wären daher den Fachgenossen zu besonderem Danke verpflichtet, wenn sie uns ihre Veröffentlichungen auf diesem Gebiete sowie auf den angrenzenden Nachbargebieten zusenden würden.

Prof. H. BENNDORF und Prof. V. F. HESS, Physikalisches Institut der Universität Graz (Österreich).

Zoologische Mitteilungen.

Die Wärmeregulierung des überwinternden Bienenvolks hat L. ARMBRUSTER in seinem Buch „Der Wärmehaushalt im Bienenvolk“ (Berlin: Verlag Pfenningstorff 1923) auf Grund jahrelanger mühevoller Registrierungen des Imkers RAMBERT (Sondershausen) und der Beobachtungen anderer Autoren dargestellt und damit einen bisher geheimnisvollen Abschnitt des Bienenlebens wesentlich geklärt.

Es ist eine allbekannte Tatsache, daß die Bienen im Winter nicht bei stillgelegtem Stoffwechsel erstarren, sondern der Nahrung bedürfen und durch Flügelschwirren und gesteigerte Atmung eine erheblich über der Außentemperatur liegende Wärme im Stock aufrecht erhalten. Dies „Heizen“ der Bienen erfolgt nun nicht regellos, sondern rhythmisch, andererseits aber auch nicht in einfacher Abhängigkeit von den Schwankungen der Außentemperatur, vielmehr treten die durch das Heizen erzeugten Temperatursteigerungen in der Traubenmitte gerade bei einigermaßen konstanten Außenbedingungen in bestimmten gleichmäßigen und selbständigen Intervallen hervor.

Die auf den Waben hängende Traube ruht nicht in lebloser Erstarrung sondern ist in ständiger Bewegung begriffen. Die „Hautbienen“, welche überall radiär mit nach innen gestellten Köpfen als äußerste Schicht der Traube der zudringenden Kälte des Stockes mit ihren dicht behaarten Hinterleibern Trotz bieten, können ihren Platz nur eine Zeitlang behaupten: sobald ihre Körpertemperatur sich auf etwa 13° abgekühlt

hat, müssen sie der drohenden Kältestarre ausweichen. Sie tun das, indem sie eine nach der andern in das Innere der Traube vordringen, wo sie nun ihrerseits die bisher hauptsächlich von ihnen allein gehütete Wärme genießen, während andere Bienen in die Hautschicht versetzt werden und die Abwehrstellung gegen den kalten Raum einnehmen. Da durch die eindringenden Hautbienen der Wärmeverrat der Traube allmählich aufgebraucht wird, muß die Ablösung immer schneller und häufiger stattfinden, bis schließlich, wenn auch die Traubenmitte bis auf nahe an 13° abgekühlt ist, die Unruhe allgemein wird. Das Volk geht von der Verteidigung gegen die Kälte zum Angriff über: die Traube löst sich und das Heizen beginnt. Der größte Teil der Tiere sitzt, heftig schwirrend und atmend, auf den Waben, während die Futterhohler ihnen bei dieser erschöpfenden Arbeit aus den Vorratzzellen Nahrung zutragen und sie füttern. Im kurzen Verlauf einer halben bis ganzen Stunde haben die gesteigerte Atmung und Muskeltätigkeit der schwer arbeitenden Tiere die Temperatur des gelockerten Bienenhaufens auf durchschnittlich etwa 25,2° gesteigert, das Heizen wird abgebrochen und die Traube im Laufe der nächsten 3 Stunden geschlossen, um die errungene Wärmelinie wieder im Abwehrkampf zu behaupten, bis sie in den Stunden des „Kühlfalles“ abermals schrittweise verlorengeht und durch einen neuen „Heizsprung“ wieder erobert werden muß.

Natürlich muß die Dauer dieses Kühlfalles von

dem Temperaturgefälle zwischen Traubenmitte und Stockluft abhängen, und nur bei einigermaßen konstanter Witterung werden sich die Heizsprünge in den gleichmäßigen Zeitintervallen von etwa 22 Stunden folgen, wie ARMBRUSTER sie in den regelmäßigsten Teilen der Kurve eines Volkes findet. Auf Störungen von außen oder in dem Befinden der Bienen reagiert die Temperaturkurve sofort mit Unregelmäßigkeiten. Dieser eigentliche Winterhaushalt der Bienen mit seinen bei günstigen Bedingungen regelmäßigen Lammertschen Perioden währt ungefähr bis Anfang Februar, am deutlichsten dürften die Perioden im Dezember und Januar zu bemerken sein.

Aus dem durchschnittlichen Nahrungsverbrauch eines überwinternden Bienenvolkes läßt sich berechnen, daß während einer Lammertschen Periode durchschnittlich etwa 20 g Kohlenhydrate umgesetzt werden. Der respiratorische Quotient der Winterbienen beträgt nach REIDENBACH bei 18,3° C recht genau 1, nach MILNER-DEMUTH bei 8° 0,94. Die Kohlenhydrate müssen also ziemlich vollständig zu Kohlensäure und Wasser verbrannt werden, was einer Wärmeerzeugung von 80 großen Calorien und einer Umwandlung von 15 l Sauerstoff in Kohlensäure durch das ganze Volk entsprechen würde. Der Energieumsatz für ein einzelnes Tier läßt sich aus den von ARMBRUSTER angegebenen Zahlen zu etwa 5 kleinen Calorien während einer Periode berechnen.

Im Sommer, zumal während der Zeit des Brutgeschäftes, liegen die Wärmeverhältnisse durchaus anders. Bei ihrer Darstellung stützt ARMBRUSTER sich einerseits auf fortlaufende Lammertsche Kurven aus den Jahren 1894/95, andererseits auf sehr eingehende Messungen von GATES. Die Reiztemperatur für die Heizreaktion liegt jetzt mit Rücksicht auf die äußerst wärmebedürftige Brut viel höher als im Winter, statt bei 13 bei etwa 34°. Schon bei 34,5° wird die Heizreaktion gestoppt, und bei 35° setzt eine Kühlreaktion ein, indem die Bienen am Flugloch fächeln und bei noch stärkeren Temperaturanstiegen das Brutnest räumen, so daß die Abkühlung durch den Fächelstrom ganz ungehemmt wirken kann. Mit Rücksicht auf das in sehr engen Grenzen eingeschlossene Entwicklungsoptimum der Bienenbrut liegt also hier der Temperaturintervall, innerhalb dessen geheizt wird, nur zwischen 34 und 34,5°, während der winterliche Heizsprung die Temperatur durchschnittlich von 13,1 auf 25,2° steigert.

Die Bedeutung der Schweresinnesorgane bei den Medusen. Soweit die Sinnesorgane die Bedeutung haben, ihren Träger über den Zustand seiner Umwelt oder von Teilen seines eigenen Körpers zu unterrichten, besteht ihre Aufgabe in der Perzeption zeitlich oder räumlich geordneter und dadurch — soweit es sich um Außenreize handelt — eine Raumorientierung ermöglichender Reize. Daneben sind aber zahlreiche Fälle bekannt, in denen die Sinnesorgane durch Aufnahme gleichmäßig wirkender Reize lediglich Erregung überhaupt zu liefern haben. Je nach der Verwertung, welche die Reize finden, kann man sie demnach einteilen in orientierende und schlechthin erregende oder stimulierende. Der Reizerfolg orientierender Reize ist seiner Natur nach vorübergehend, wie die Beinbewegungen eines Insekts oder die Wachstumskrümmungen eines Polypen, die sich in die Lichtrichtung einstellen. Dagegen ist der Reizerfolg eines stimulierenden Reizes seiner Natur nach dauernd, wie der vom Labyrinth erzeugte Muskeltonus eines Wirbeltieres oder die rhythmischen Schwimmbewegungen der Medusen, welche von den am Glockenrand gelegenen

sog. Randkörpern ausgelöst werden. Vielfach gehen von ein und demselben Organ sowohl orientierende als stimulierende Wirkungen aus. So erzeugen die Facettenaugen der Insekten einerseits Einstellungsbewegungen, während sie andererseits den Tonus der Muskulatur beeinflussen. Es leuchtet ein, daß für die Erzeugung von Erregung überhaupt besonders einfach gebaute Sinneswerkzeuge ausreichen, und es liegt nahe, bei einer vergleichend physiologischen Darstellung der Sinnesorgane von solchen auszugehen, welchen ausschließlich diese Bedeutung zukommt, wie z. B. den Schwingkölbchen der Zweiflügler nach v. BUDDENBROCK. Von einem solchen Organ können dann theoretisch auf zwei Wegen der Orientierung dienende Organe abgeleitet werden. Wenn sich die von einem vorübergehenden Reiz erzeugte Erregung rasch wieder ausgleicht, so können durch die Verwertung zeitlicher Reizunterschiede Schreckreaktionen entstehen. Der Übergang zwischen einem stimulierenden und einem der Auslösung von Schreckbewegungen dienenden Organ wäre da gegeben, wo etwa ein Lichtsinnesorgan bei Aufenthalt des Tieres im Hellen erhöhte Bewegungstätigkeit auslöst (Photokinese). Auch ohne Unterschiedsreaktion würde ein solches Tier, wenn sein natürlicher Aufenthaltsort die Bedingungen dafür aufweist, sich meistens im Dunkeln befinden. Dagegen läßt sich ein Organ, welches Schwerewirkungen in Erregung verwandelt, nicht auf diesem Wege in ein orientierendes Organ überleiten, da ja die Schwerkraft immer und überall wirksam ist. Hier kommt nur die Ausnutzung räumlich geordneter Reizunterschiede durch die Sinnesfläche in Frage, etwa in der Form getrennter Leitungsbahnen von mehreren, in verschiedenen Körperlagen von einem Statolithen erregten Sinnesflächenteilen zu verschiedenen Muskelgruppen. Auf diesem Prinzip beruhen die echten Orientierungsreaktionen, die sog. topischen Reaktionen derjenigen Tiere, deren Nervensystem in Zentren und Leitungsbahnen geschieden ist.

Eine andere Frage ist es aber, ob auch die Natur in der Phylogenese einen dieser Ableitung entsprechenden Weg genommen hat. LEHMANN¹⁾ hat, da er für die Randkörper der Medusen keine statische Funktion nachweisen konnte, ihre Bedeutung als Stimulationsorgane aber feststeht, den Schluß gewagt, daß diese Sinneskörper phylogenetische Vorstufen der bei den Bilaterien verbreiteten statischen Schweresinnesorgane und auch der mit diesen in enger Beziehung stehenden Gehörorgane darstellten. Das war in doppelter Hinsicht gefährlich. Einerseits lassen sich von den Cölenteraten mit ihrer radiären Symmetrie und ihren nur als Nervenetz ausgebildeten Nervensystemen schwerlich Schlüsse ziehen auf die phylogenetischen Vorläufer der ganz anders organisierten Bilaterien, andererseits ist ja die Beweiskraft negativer Versuchsausfälle immer nur sehr bedingt. Neuerdings hat denn auch FRÄNKEL in seiner Arbeit „Der statische Sinn der Medusen“ (Zeitschr. f. wiss. Biol., Abt. C: Zeitschr. f. vergl. Physiol. 2, Heft 6. 1925) für die im Golf von Neapel häufige Cetylörhiza den Beweis erbracht, daß ihre Randkörper doch im Dienste der Gleichgewichtserhaltung stehen, und damit ist der Hypothese LEHMANNs vollends der Boden entzogen. Sinnesorgane, welche wahrscheinlich allein der Stimulation dienen, kennen wir jetzt nur bei einer sehr abgeleiteten Tiergruppe in den Schwingkölbchen der Fliegen und den bei Insekten verbreiteten Punktaugen. Bei niederen Bilaterien und Protozoen

¹⁾ Die Sinnesorgane der Medusen. Zool. Jahrb., Abt. f. allg. Zool. 39, 1923.

sehen wir ebenso wie seit FRÄNKELS Untersuchung bei den Cölenteraten stets stimulierende und orientierende Wirkung der Sinnesorgane bzw. -organelle Hand in Hand gehen. Will man sich eine Vorstellung von der Phylogenie der Differenzierung reizbarer Strukturen bilden, so liegt es wohl näher, anzunehmen, daß die Ausbildung solcher Differenzierungen ursprünglich der Orientierung diene, und daß erst später daneben selbständige Bildungen für die Versorgung des Nervensystems mit Erregung und auch für die Verbindung verschiedener Körperfunktionen auftraten.

Der Mechanismus, durch den die Medusenrandkörper eine Gleichgewichtserhaltung ermöglichen, ist insofern sehr interessant, als er die Eigentümlichkeiten des als Nervenetz ausgebildeten Nervensystems der Medusen deutlich hervortreten läßt. Da die Erregung von jedem der acht am Rand der Glocke verteilten Randkörper zu allen Teilen der Muskulatur fließen kann, ist das Prinzip der getrennten Leitungsbahnen hier nicht anwendbar. Es ist ersetzt durch die Eigenschaft der Nervenetze, die Erregung mit starkem Dekrement zu leiten, d. h. den Erregungsgrad mit fortschreitender Entfernung von der Ursprungsstätte der Erregung zu verringern. Bei schief gestellter Medusenglocke, wenn die jeweils oben liegenden Statolithen das zugehörige Sinnesepithel am stärksten belasten, während die seitlich und unten gelegenen mehr oder weniger frei schweben, ist daher der Tonus in dem oben liegenden Teil der Glocke am größten. Dieser Glockenteil bleibt dadurch während der Entspannung nach einer Kontraktion in einem bestimmten Grade eingekrümmt, seine Erschlaffung geht weniger weit als die der übrigen Glocke. Bei der nun folgenden Kontraktion, die überall maximal und daher gleich ist, fördert infolgedessen die untere Glockenhälfte mehr Wasser, und zwar mit einer günstigen Richtung des Rückstoßes nahezu direkt nach hinten, während der obere eingekrümmte Glockenteil weniger Wasser schräg in Richtung auf den Magenstiel zu wirft. Der an den unteren Glockenteilen wirksamere Rückstoß richtet die Meduse auf.

Die durch Schiefelage abgeänderte Schlagart ist also ihrer Natur nach geeignet, das Tier in seine Normallage zurückzudrehen. Es wäre nun freilich denkbar, daß eine solche Rückdrehung in Wahrheit unabhängig davon rein durch die Massenverteilung im Körper zustande käme. Bisher erklärte man die bei Medusen verbreitete Normallage mit aufwärts gekehrter Glocke vielfach mit der Annahme, daß sie im stabilen Gleichgewicht schwammen infolge der Schwere des abwärts hängenden Magenstiels und des geringen spezifischen Gewichtes der Gallerte an der Glockenoberseite. Störte aber FRÄNKEL die normale Massenverteilung seiner Versuchstiere, indem er den Mundstiel abtrug oder ein Stück Bleidraht am Glockenrande befestigte, so vermochten sie nach anfänglichem Umkippen trotzdem die Normallage wiederzugewinnen und zu behaupten, eben infolge der oben geschilderten Abänderung der normalen Schlagart bei Schiefelage, die dadurch als typische Kompensationsbewegung erwiesen ist. Daß diese tatsächlich von den jeweils oben liegenden Randkörpern ausgeht, wurde durch Ausschaltversuche sichergestellt: wurden bei einem in schräger Lage fixierten Tier die drei oberen Randkörper ausgeschnitten, so trat auch am oberen Glockenrand völlige Erschlaffung ein; war nur ein Randkörper erhalten, so traten rhythmische Kontraktionen überhaupt nur auf, wenn er oben lag, und zwar als Kompensationsbewegungen.

Der Medusenrandkörper stellt das einfachste bisher bekannte ideale Sinnesorgan dar, das alle für diese Organe bekannten Funktionen in sich vereinigt: als

Stimulationsorgan ruft er eine kontinuierliche Wirkung in der Erzeugung des Muskeltonus, eine konstant rhythmische in der Auslösung der Schwimmbewegungen hervor. Die Eigenart des Nervensystems der Medusen und die eigentümliche Lage der Randkörper in gleichen Abständen rings um den Glockenrand bringen es mit sich, daß sie dabei gleichzeitig der Orientierung dienen.

Die Lichtorientierung der Landasseln. Die Einstellungsbewegungen mancher Tiere gegen gerichtete Reize, wie z. B. die geotropen und heliotropen Wachstumsbewegungen vieler Polypen, lassen sich an entsprechende Erscheinungen bei Pflanzen ohne weiteres anschließen. Unter den als Taxien bezeichneten Ortsbewegungsreaktionen von Einzellern und selbst von manchen Metazoen sind schon früh Fälle bekannt geworden, in denen eine quantitative Beziehung zwischen der Stärke des Reizes und derjenigen der Antwortreaktion erkennbar war. Die Einfachheit und Durchsichtigkeit solcher Erscheinungen bot eine vielversprechende Handhabe, die Abhängigkeit des tierischen Verhaltens von der jeweiligen Konstellation der Umweltfaktoren von diesem Punkt ausgehend zu beweisen und aufzuklären. Die bekannten Vorstöße, welche LOEB mit seiner „Tropismentheorie“ in dieser Richtung unternommen hat, zeigten aber eine allzu schematische Auffassung der beteiligten nervösen Prozesse: Der Reiz wird in der Regel nicht einfach von einem Perzeptions- zu einem bestimmten Erfolgsorgan fortgeleitet, sondern er wirkt durch „Auslösung“ der Antwortreaktion und unterliegt in seiner Wirksamkeit den Einflüssen anderer innerer und äußerer Faktoren. Die völlige Vernachlässigung dieser beiden Grunderscheinungen der Reflexphysiologie bei seiner Behandlung der Orientierungserscheinungen rief denn auch auf allen Seiten den entschiedensten Widerspruch gegen die ganze LOEBsche Betrachtungsweise hervor.

Dabei schoß ein Teil der Gegner LOEBs über das Ziel hinaus. Auf der einen Seite sollten alle Orientierungen der niederen Tiere nach der Methode von Versuch und Irrtum zustande kommen, andererseits wurden alle Wirkungen gerichteter Lichtreize, die zu einer festen Einstellung gegen die Lichtquelle führen, auf ein Schema zurückgeführt, nach dem das Bild der Lichtquelle auf einer bestimmten (oder auch beliebigen) Netzhautstelle festgehalten wird. Der bekannteste Fall dieser Art ist die Fixierreaktion, die in letzter Zeit für verschiedene Wirbellose sehr gut analysiert worden ist. Daneben existiert aber noch ein anderer, von KÜHN als Tropotaxis bezeichneter Einstellungsmechanismus gegen gerichtete Reize. Diese tropotaktischen Reaktionen, bei denen der Organismus sich so einstellt, daß symmetrische Körperregionen bzw. Sinnesflächen-teile von der gleichen Reizenergiemenge getroffen werden, hatten den Überlegungen LOEBs zum Ausgang gedient, und daher kam es wohl, daß ihr Vorhandensein für den Lichtsinn wenigstens der Vielzeller überhaupt in Abrede gestellt wurde. Der Irrtum LOEBs war aber nur der, daß er voreilig ganz allgemein eine unabhängige Fortleitung der auf beiden Körperseiten empfangenen Erregungen zu antagonistischen Muskelgruppen annahm (was freilich höchstens da gelten kann, wo die Einstellung lediglich durch den Muskeltonus bedingt ist), und die Einstellung in eine Erregungssymmetrie, wie sie bei der Tropotaxis vorliegt, kann auch auf der Grundlage geschehen, daß die beiderseitigen Erregungen schon im Zentralorgan einander beeinflussen, so daß entweder bei gegenseitiger Aufhebung der beiden Erregungen gar kein Bewegungsimpuls zur Muskulatur weitergeleitet wird, oder aber

ein solcher, der bereits die Resultierende der beiden Erregungen darstellt.

Die Untersuchung von A. MÜLLER, „Über Lichtreaktionen von Landasseln“ (Zeitschr. f. vergl. Physiol. 3, H. 1. 1925), hat einwandfrei ergeben, daß hier sowohl bei positiver als auch bei negativer Phototaxis eine echte tropotaktische Einstellung vorliegt.

Ein von der Seite beleuchtetes negatives Tier wendet sich von der belichteten Seite ab ins Dunkle. Wird das Tier einseitig geblendet durch Überstreichen des Auges mit einem undurchsichtigen Lack, so erfolgt bei Belichtung der sehenden Seite eine Wendung in gleichem Sinn. Es ist dabei gleichgültig, ob das Licht von vorn, seitlich, hinten oder auch von oben ins Auge fällt: wird bei verschiedenen Tieren das eine Auge ganz, das andere teilweise geblendet, wobei bald der eine, bald der andere Augenteil freibleibt, so erfolgt die Wendung stets vom sehenden Auge fort. Die verschiedenen Augenteile lösen also bei Reizung den gleichen Wendereflex aus. Im diffusen Licht oder bei Oberbeleuchtung führt dieser Mechanismus bei einseitig geblendeten Tieren zu ständigen Kreisbewegungen nach der Seite des geblendeten Auges. Wird nun das beiderseits sehende Tier der Einwirkung zweier sich rechtwinklig kreuzender Bündel parallelen Lichtes von gleicher Intensität ausgesetzt, so bewegt es sich auf der Winkelhalbierenden der beiden Strahlenrichtungen. Die Erregungen in beiden Augen, welche einzeln wirkend eine Wendung nach der unbelichteten Seite erzeugen würden, heben sich also gegenseitig auf, sobald das Tier sich so eingestellt hat, daß beide Augen gleichviel Licht erhalten, wie es bei Einstellung in die Diagonale der Strahlenrichtungen der Fall ist. Dementsprechend weicht das Tier bei Herabminderung der Intensität des einen Lichtes nach der Seite des schwächeren Lichtes aus der Richtung der Diagonale ab, wodurch offenbar erreicht wird, daß mehr Licht von der schwächeren Lichtquelle in das Auge der betreffenden Seite gelangt, als von der stärkeren Lichtquelle in das der entgegengesetzten Seite. In gleicher Weise kommt bei Prüfung zwischen zwei gleichen

Lichtern und teilweiser Bedeckung eines Auges eine Abweichung nach der Seite des behandelten Auges zustande. Schließlich ließen sich auch die auf diesen beiden Wegen erhaltenen Abweichungen gegenseitig aufheben: ein rechts vorn geblendetes Tier wich nach rechts aus der Diagonale der Richtungen zweier gleichstarker Lichter ab, und wenn nun die Intensität des linken Lichtes auf $\frac{1}{3}$ herabgesetzt wurde, trat eine Verschiebung der Laufrichtung zur Diagonale hin ein. Bei noch weiterer Abdämpfung des linken Lichtes endlich wich das Tier nach links ab, da jetzt bei Diagonaleinstellung die von dem rechten, teilweise bedeckten Auge empfangene Reizmenge überwiegt.

Befindet sich das Versuchstier nicht in negativem, sondern in positiv phototaktischem Zustand, was bei der Rollassel *Armadillidium* durch länger dauernde Belichtung erzielt werden kann, so zeigt die Analyse des Einstellungsmechanismus durch teilweise Blendung und Prüfung zwischen 2 Lichtquellen, daß hier das genaue Gegenstück zu dem Verhalten in negativem Zustand, also positive Tropotaxis vorliegt. Besonders wichtig ist, daß das einseitig geblendete Tier Kreisbewegungen nach der Seite des sehenden Auges ausführt, solange Licht in das Auge fällt, so daß es dem Tier unmöglich ist, die Lichtquelle zu erreichen: es irrt stets nach der Seite des sehenden Auges vom Lichte ab. Hierdurch wird der Unterschied tropotaktischen Verhaltens gegenüber telotaktischer Einstellung ganz deutlich, denn im letzteren Fall kann das Tier auch in einäugigem Zustand zur Lichtquelle kommen, indem es während seiner Ortsbewegung das Bild derselben auf der Fixierstelle des sehenden Auges festhält. Sobald dieses Bild infolge einer seitlichen Bewegung des Tieres von der Fixierstelle abgelenkt, löst es auf den verschiedenen anderen Teilen der Netzhaut verschiedenartige Wendereaktionen aus, durch die es wieder auf die Fixierstelle zurückgebracht wird. Zahlreiche Insekten zeigen dieses Verhalten, das einen von dem der Asseln deutlich verschiedenen Einstellungsmechanismus beweist.

K. HENKE, Göttingen.

Über einen möglichen Zusammenhang zwischen der abnorm hohen Dichte einiger Fixsterne, der Hessschen Weltraumstrahlung und der Entstehung der Elemente.

Drei kosmische Probleme erregen seit einiger Zeit ein besonders großes Interesse: 1. Der Ursprung der Hessschen oder Weltraum- oder Höhenstrahlung, die als äußerst harte und durchdringende Röntgen- oder γ -Strahlung besonders auf hohen Bergen zu beobachten ist und aus dem Weltraum zu stammen scheint. 2. Der Ursprung der radioaktiven Atome von höchstem Atomgewicht, deren beständiger Zerfall wahrscheinlich alle übrigen Elemente entstehen läßt, und dazu kommt neuerdings 3. die Entdeckung der Sterne von abnorm hoher Dichte, die Werte von 50 000 g/ccm erreicht. Da mir die Entdeckung dieser Sterne als eine sehr willkommene Ergänzung erscheint zu Vorstellungen, die ich mir schon lange über den Ursprung der Hessschen Strahlung und die Entstehung der schwereren Elemente gemacht habe¹⁾, so möchte ich hier über diese Vorstellungen im Zusammenhang berichten:

Nach der Theorie von RUTHERFORD-BOHR wird die Anziehungskraft zwischen den Elektronen und dem

positiv geladenen Kern des Atoms durch die Zentrifugalkraft überwunden. Beim Fehlen einer Umlaufgeschwindigkeit müßte das Elektron auf den Kern stürzen. Es kann aber sicher keine Seltenheit sein, daß ein Elektron, dem diese Bewegung fehlt, in die Nähe eines Kernes gerät, und dann müßte in vielen Fällen nach den Gesetzen der Elektrostatik und der Mechanik eine Vereinigung von Kern und Elektron erfolgen. Diese Elektronen könnten aus demselben Atom stammen, wenn durch eine äußere Ursache die Bewegung des Elektrons gestört wird, oder es kann auch ein fremdes Elektron sein, das zufällig in die Attraktionssphäre des Kernes gerät. Einen gewissen Schutz vor eindringenden Elektronen können die eigene Elektronenhülle des Atoms und auch die im Kern enthaltenen Elektronen bieten. Dieser Schutz muß aber um so geringer werden, je weniger Elektronen das Atom enthält. In ionisiertem Wasserstoffgas, das neben Molekülen auch freie Wasserstoffkerne und Elektronen in ungeordneter Bewegung enthält, müßte dieser Vorgang daher wohl am häufigsten erfolgen. Man nimmt aber heute wohl allgemein an, daß diese Vereinigungen von Kernen und Elektronen nicht vorkommen, denn sie würden eine fortwährende Umwandlung von chemischen Elementen durch Auf-

¹⁾ Zeitschr. f. angew. Chem. 37, 827. 1924. Vortrag, gehalten in der Niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde. Bonn, Juli 1925. Referate: Sitz.-Ber. der Gesellschaft 1926. Zeitschr. f. angew. Chem. 38, 971. 1925.

nahme von Elektronen durch die Atomkerne ergeben, was bisher nie beobachtet worden ist, falls sich nicht die Umwandlung von Quecksilber in Gold doch noch bestätigen sollte. Anstatt nun zu fragen, wie es kommt, daß diese Vereinigungen nicht erfolgen, nehme ich an, daß sie, besonders beim Wasserstoff, tatsächlich erfolgen und sich nur infolge ihrer Seltenheit gewöhnlich der Beobachtung entziehen. Die Seltenheit des Vorganges würde auch vollständig mit den Gesetzen der Elektrostatik und der Mechanik übereinstimmen, da nur ein wirklicher Treffer des Elektrons auf den Kern zu einer dauernden Vereinigung führen kann. Die Treffer werden aber wegen der sehr kleinen Größe des Elektrons und des Kernes nur sehr selten sein. Quantentheoretisch kann die Seltenheit durch eine große Unwahrscheinlichkeit des Überganges aufgefaßt werden¹⁾. Den Stoß muß man als vollständig unelastisch annehmen, da sich alle abstoßenden Kräfte als elektrostatische erwiesen haben und diese bei den entgegengesetzten Ladungen nicht vorhanden sind. Deshalb muß das Elektron am Kern haftenbleiben. Quantentheoretisch würde der Vorgang einem Sprung auf die Bahn Null entsprechen, weshalb sie mit der Aussendung einer Strahlung von außerordentlicher Härte verbunden sein muß.

Die Bedingungen für die Vereinigung von Elektronen und Wasserstoffkernen müssen in der Wasserstoffatmosphäre der Erde in hohem Maße erfüllt sein. Denn durch die Strahlungen der Sonne wird der Wasserstoff ionisiert und die starke Verdünnung des Gases muß die Bildung von Atomionen oder freien Wasserstoffkernen begünstigen. Die Wiedervereinigung wird in der Regel Wasserstoffatome geben. Die seltenen Volltreffer von Kern und Elektron müssen aber zur dauernden Vereinigung und zur Aussendung der harten Strahlung führen. Der Ursprung der „Weltraumstrahlung“ wären danach die höchsten Schichten der Atmosphäre²⁾.

Die Existenz solcher Aggregate von Elektronen und Wasserstoffkernen oder Protonen wurde schon von RUTHERFORD³⁾ und NERNST⁴⁾ angenommen. NERNST nannte sie „Neutronen“. Sie wären die Atome eines chemischen Elementes mit der Ordnungszahl Null, das man als „Neutronium“ bezeichnen könnte. Chemisch müßte es das ausgeprägteste Edelgas sein und tatsächlich ist auch im periodischen System des Verf.⁵⁾ gerade noch ein Platz für das Edelgas mit der Ordnungszahl Null über dem Helium frei.

Wir wollen nun das weitere Schicksal der Neutronen nach ihrer Bildung verfolgen. NERNST⁶⁾ nimmt an, daß sie ein Gas bilden, das den ganzen Weltraum erfüllt und mit dem Weltäther identisch ist. Tatsächlich müßte es in vieler Beziehung die Eigenschaften haben,

die wir dem Weltäther zuschreiben müssen. Hierzu gehört vor allem das Durchdringungsvermögen der Neutronen durch jede Materie infolge ihrer subatomaren Größe und des Fehlens eines umgebenden elektrischen Kraftfeldes in etwas größerer Entfernung. Da das Neutronium weder durch physikalische noch durch chemische Mittel gebunden werden kann, so wird es überhaupt keine Möglichkeit geben, seine Existenz direkt nachzuweisen.

Eine Eigenschaft müßte jedoch das „Neutronium“ von anderen Gasen und vom Weltäther unterscheiden: Das Fehlen der Elastizität der Atome oder Molekeln, verbunden mit einer Schwere, die genau gleich derjenigen der Wasserstoffatome ist. Infolgedessen müssen dem Neutronium die Elastizität oder das Expansionsvermögen fehlen. Die Schwerkraft wird aber bewirken, daß die Neutronen mit dem Moment ihrer Bildung mit der Geschwindigkeit des freien Falles zu fallen beginnen und infolge ihres fast hemmungslosen Durchgangsvermögens durch jede Materie und sogar quer durch die Atome ihren Fall bis ins Zentrum der Erde oder anderer Sterne fortsetzen werden. Als Weltäther kommt daher das Neutronium nicht in Betracht. Durch die geringe Hemmung durch die wahre Raumerfüllung der Atome, also die Elektronen und Atomkerne, und durch die Anhäufung der Neutronen in den Sternzentren, wird aber die Bewegung der Neutronen im Zentrum aperiodisch zur Ruhe kommen. Die Neutronen werden sich z. B. im Erdmittelpunkt in dichtester Packung ansammeln und dabei auch die interatomaren Räume der schon früher vorhandenen Atome im Innern der Erde ausfüllen. Diese Masse, die man als feste Lösung verschiedener Elemente in dem festen Neutronium betrachten kann, hat natürlich eine außerordentlich hohe Dichte, die sich annähernd leicht berechnen läßt, da sie stets aus Elektronen und Protonen in dichtester Packung und in gleicher Anzahl bestehen muß.

Die Dichte der Elektronen in dichtester Packung ergibt sich aus dem annähernd bekannten Radius $R = 3 \cdot 10^{-13} \text{ cm}$ ¹⁾ und ihrer Masse $0,9 \cdot 10^{-27} \text{ g}$ zu $D = 0,4 \cdot 10^{10} \text{ g/cm}^3$ oder 4 Milliarden. *Gewicht von 1 cm = 4 Tonnen!*

Die Protonen sind sicher sehr viel kleiner als die Elektronen. Die Annahme, daß ihre gesamte Masse elektromagnetischer Natur ist, führt zum Radius $R = 10^{-16} \text{ cm}$. Ihre Masse ist gleich der Masse des Wasserstoffatoms $M = 1,6 \cdot 10^{-24} \text{ g}$ oder 1800 mal größer als die Masse eines Elektrons. Hieraus ergibt sich die minimale Dichte der Protonen, wenn wir annehmen, daß sie von gleicher Größe sind wie die Elektronen, zu $D = 7 \cdot 10^{12} \text{ g/ccm}$ oder 7 Billionen. *Gewicht von 1 cm = 7000 Tonnen!*

Rechnen wir aber mit dem kleineren Wert $R = 10^{-16} \text{ cm}$, so bekommen wir eine Dichte von $D = 0,2 \cdot 10^{24} \text{ g/ccm}$. *Gewicht von 1 cm Protonenmasse gleich 200 Billionen Tonnen!*

Für die weitere Rechnung wollen wir aber nicht mit dieser ungeheuren Dichte rechnen, sondern mit der Annahme, daß die Protonen und Elektronen gleiche Größe haben. Wir erhalten dann als Minimalwert für die Dichte einer Masse, die zu gleichen Teilen aus Protonen und Elektronen besteht, $D = 4 \cdot 10^{12} \text{ g/ccm}$ oder 4 Billionen. *1 cm = 4000 Tonnen!* Das wäre also der Minimalwert für das feste Neutronium oder die feste Lösung beliebiger Elemente in ihm.

Könnten wir die Gesamtmasse der Erde auf diese Dichte bringen, so würde sie eine Kugel von nur

¹⁾ Die interessanten Untersuchungen von C. RAMSAUER über die Bewegung langsamer Elektronen durch Atome (Ann. d. Phys. 66, 546. 1921, und Fortsetzungen) brauchen keinen Widerspruch zu den Ansichten des Verf. zu bilden. Vgl. auch F. HUND, Zeitschr. f. Physik 13, 241. 1923.

²⁾ Die gleiche Ansicht scheint neuerdings MILLIKAN in einem Vortrag der Amerikanischen Nationalen Akademie der Wissenschaften geäußert zu haben.

³⁾ BAKER-Vorlesung: Über die Kernstruktur der Atome. 1921, S. 28. Übersetzung von ELSE NORST.

⁴⁾ Theor. Chemie. Aufl. 11–15. 1926 S. 464.

⁵⁾ Vortrag Naturforscherversammlung in Innsbruck 1924. Wandkarte des per. Systems für Hörsäle. Leipzig: Köhler u. Volckmar 1925.

⁶⁾ l. c.

¹⁾ Z. B. M. BORN, Aufbau der Materie. 1922, S. 10.

700 m Radius ergeben. Ein Neutroniumkern von 15 km Radius im Innern der Erde würde genügen, um der Erde eine mittlere Dichte von 53 000 g/ccm zu erteilen, also annähernd die höchste Dichte, die an Sternen festgestellt worden ist. Nach den hier entwickelten Ansichten ist diese Dichte noch verschwindend klein gegen die Dichten der Elektronen und Protonen und die Dichten, die vielleicht in den innersten Kernen aller Sterne vorkommen. *Ich halte es daher für wahrscheinlich, daß die Sterne mit abnorm hoher Dichte zum größten Teil eine gewöhnliche Dichte haben und nur in einem verhältnismäßig kleinen Kern Dichten von etwa 4 Billionen.*

Das Vorkommen so dichter Kerne in Sternen könnte auch durch so hohe Drucke im Innern erklärt werden, daß die Elektronenbahnen in den Atomen so weit gestört werden, daß die Zentrifugalkraft die elektrostatische Anziehungskraft nicht mehr aufheben kann, und ein vollständiges Zusammenbrechen des Atomgebäudes erfolgt. Das wäre jedoch nur bei Sternen von abnorm hoher Masse zu erwarten, was bei den Sternen mit abnorm hoher Dichte durchaus nicht der Fall ist.

Gleichgültig wie sich die dichten Kerne gebildet haben, erscheint es einleuchtend, daß diese Massen von Elektronen und Protonen in dichtester Packung die Geburtsstelle für alle chemischen Elemente bis zu den höchsten Atomgewichten sind.

So phantastisch die hier entwickelte Hypothese auf den ersten Blick auch erscheinen mag, beruht sie doch nur auf einer konsequenten Anwendung bekannter Naturgesetze, und dabei ist sie imstande, drei fundamentale Probleme des Kosmos einheitlich zu lösen.

Zum Schluß möchte ich aber noch darauf hinweisen, daß der Wasserstoff der Atmosphäre nicht die einzige Quelle für die Protonen und Elektronen zu sein braucht, aus denen sich die Neutronen bilden. Es erscheint mir eine bisher zu wenig beachtete Tatsache zu sein, daß sowohl die Größe der Ladung der Protonen und der Elektronen, als auch wahrscheinlich ihre Anzahl im Kosmos genau gleich groß zu sein scheinen. Das ist besonders auffallend und interessant, weil Protonen und Elektronen in allen anderen Eigenschaften außerordentlich verschieden sind. Diese Tatsache zwingt einfach zur Annahme, daß zwischen Elektronen und Protonen ein enger genetischer Zusammenhang bestehen muß, in der Weise, daß stets gleichzeitig ein Elektron und ein Proton entstanden ist oder entsteht. Zur Beantwortung, wo und wie sie entstehen, möchte ich die Hypothese von W. NERNST¹⁾ übernehmen, nach der ein Umsatz zwischen Weltraumenergie und Materie erfolgen soll. Es erscheint mir nur als ausgeschlossen, daß, wie W. NERNST es annimmt, aus der Weltraumenergie direkt die radioaktiven Atome vom höchsten Atomgewicht entstehen. Ich nehme an, daß sich zuerst die elementarsten Bausteine der Atome, und zwar stets gleichzeitig je ein Elektron und ein Proton, bilden. Ihre Vereinigung zu Neutronen könnte dann eine wirkliche „Weltraumstrahlung“ hervorrufen. Die Bildung von Atomen vom höchstem Atomgewicht aus ihnen erfolgt aber erst, nachdem sie sich im Innern der Sterne zu kompakten Massen angesammelt haben.

Bonn, März 1926.

A. VON ANTROPOFF.

¹⁾ Das Weltgebäude im Lichte der neueren Forschung. 1921, S. 4, 33, 36, 58–60.

Astronomische Mitteilungen.

Die Bahn des Planeten 1036 Ganymed (Astr. Nachr. 5410). Dieses am 23. Oktober 1924 auf der Hamburger Sternwarte in Bergedorf von W. BAADE entdeckte Objekt, damals etwa 10. Größe, erregte durch seine außerordentliche geozentrische tägliche Bewegung (+ 5^m in Rektaszension und 39' in Deklination gegenüber ungefähr – 0^m.8 in Rektaszension und 0–5' in Deklination bei normalen Bahnen) sofort die Aufmerksamkeit der Beobachter und Rechner in hohem Maße. Da man trotz des fixsternartigen Aussehens bei der abnormen Bewegung zunächst nicht wissen konnte, ob man es tatsächlich mit einem kleinen Planeten zu tun habe, so wurden zum Zwecke gesicherter Verfolgung aus den allerersten Beobachtungen parabolische Bahnelemente gerechnet, an deren Stelle aber bald elliptische mehrerer Rechner traten, deren Bahnen je nach den durchlaufenen und der Rechnung zugrunde gelegten heliozentrischen Bögen eine mehr oder minder große Sicherheit aufwiesen. Aus 3 Beobachtungen mit 32tägigem Intervall rechnete G. STRACKE damals eine Bahn, die die Grundlage seiner jetzigen Arbeit bildet. Sie enthält den Vergleich dieser vorläufigen Bahn mit dem dem Autor bis zum Abschluß der Arbeit bekanntgewordenen 398 Beobachtungen des Planeten, die sich, in der ersten Zeit der größten Helligkeit natürlich stark häufend, von der Entdeckung bis zum 22. März 1925, wieder einer photographischen Beobachtung BAADES, erstrecken. Mittlerweile sind noch eine Reihe weiterer Messungen bekannt geworden, keine jedoch von späterer Epoche, auch nicht solche der Südhälfte, für die die Beobachtungsbedingungen bessere blieben als für die Nordhemisphäre. Die Verbesserung der vorläufigen Bahn ergab die folgenden Elemente:

Epoche 1924 Dez. 31. 5 m. Z. Gr.

$$\left. \begin{array}{l} M = 21^{\circ} 16' 58''.1 \\ \omega = 130^{\circ} 38' 0''.3 \\ Q = 216^{\circ} 27' 22''.3 \\ i = 26^{\circ} 8' 50''.0 \\ \varphi = 32^{\circ} 38' 21''.2 \\ \mu = 814''.4452 \\ \log a = 0.426 096 \end{array} \right\} \text{Äqu. 1925.0}$$

Die Elemente zeigen große Ähnlichkeit mit denen der beiden Planeten 719 Albert und 887 Alinda, so daß in den ersten Tagen nach der Entdeckung die Vermutung aufgetaucht war, man habe es in dem neuen Planeten mit dem verlorenen und noch nicht wiederaufgefundenen 719 Albert zu tun. Doch kann Albert nicht die Helligkeit von Ganymed erreichen; die mittlere Helligkeit des ersteren ist 14.5, die des zweiten 10.6, kann aber in der günstigsten Opposition der geringsten Erdentfernung von 0.25 astronomischen Einheiten bis 7.6 Größe ansteigen. Am Schlusse seiner Arbeit gibt STRACKE noch die Positionen dreier früheren Oppositionen an, um eine etwaige Auffindung auf damaligen Aufnahmen zu ermöglichen.

Die diesjährige Opposition des Planeten ist am 3. Februar, seine Helligkeit wegen der Entfernung von 2.82 astronomischen Einheiten nur von der 15.7 Größe. Sein Durchmesser errechnet sich unter Zugrundelegung einer Albedo von 0.24 zu 86 km.

Zum Schlusse möge noch erwähnt werden, daß, wie schon früher bei kleinen Planeten, am deutlichsten 1901 bei Eros, auch bei Ganymed von verschiedenen Beobachtern in Babelsberg, Bergedorf und Heidelberg eine Veränderlichkeit der Helligkeit festgestellt wurde,

die aber einen völlig unregelmäßigen Charakter trug. Diese Helligkeitsänderungen schrieb man früher Flecken auf der Oberfläche der Planeten zu, wahrscheinlicher jedoch ist es, wie M. HAARWOOD im Harvard Circular 269 bei einer Kritik aller hierfür bisher gegebenen Erklärungen angibt, daß die Änderung einer Art von Spiegelreflexion an krystallinischen Gesteinsflächen zuzuschreiben ist. Trotz der Periodizität der Rotation der Planeten könnte dies zufolge der wechselnden Stellung von Erde und Planet zueinander einen unperiodischen Verlauf der Helligkeitsschwankungen hervorrufen.

JULIUS DICK.

Die Verteilung und die Zahl der nicht-galaktischen Nebel untersucht F. H. SEARES im Astrophys. Journ. 62, 168. Er verwendet dabei die Zählungen dieser Objekte, die FATH 1913 auf den Aufnahmen von 139 der KAPTEYNschen Selected Areas ausgeführt hat. Die Platten wurden mit einer Stunde Belichtung mit dem 60-zölligen Spiegel auf dem Mt. WILSON aufgenommen und enthalten in der Nähe der optischen Achse Sterne bis zur 18^m.6 Größe. Die untersuchten 139 Felder verteilen sich nicht über den ganzen Himmel, etwa $\frac{3}{8}$ von ihm konnten nicht beobachtet werden. Häufig sind die Felder auch schon etwas zu weit voneinander entfernt, um in genügender Weise den Effekt lokaler Unregelmäßigkeiten in der Verteilung der Nebel erkennen zu lassen. Aber trotz dieser Nachteile sind die Prüffelder für die vorliegende Aufgabe gut geeignet, weil ihre Auswahl von dem Vorkommen der Nebel völlig unabhängig getroffen worden ist.

In der FATHschen Liste kommen verhältnismäßig wenig diffuse und planetarische Nebel vor. Sie enthält in der Hauptsache nicht-galaktische Nebel, unter denen die kleinen, elliptischen Gebilde gegenüber den Spiralen weitaus die Mehrzahl bilden. Die Zusammenstellung ihrer Zahl in Abhängigkeit von der galaktischen Breite zeigt deutlich, daß in beiden galaktischen Hemisphären solche Nebel in der Nähe der Milchstraße fehlen. Erst bei etwa 20° galaktischer Breite treten sie auf und nehmen an Häufigkeit schnell zu bis zu einer Breite von 30°. Zwischen 30° und 70° wächst ihre Zahl nur langsam, wobei aber auf der nördlichen galaktischen Halbkugel ein deutliches Überwiegen über die südliche festzustellen ist. Für die Nordhalbkugel steigt ihre Zahl zwischen 70° und dem Pol der Milchstraße zu einem stark ausgeprägten Maximum an. Die Verteilung in galaktischer Länge scheint — wenigstens für die Nordhalbkugel, für die allein ausreichendes Beobachtungsmaterial vorhanden ist — ebenfalls nicht gleichförmig zu sein. Um 90° galaktische Länge herum ist ein bis in hohe Breiten erkennbares Minimum vorhanden, während eine starke Konzentration in den galaktischen Längen 50° und 220° festzustellen ist, so daß es den Anschein hat, als ob ein breites Nebelband, das dicht am galaktischen Nordpol vorbeigeht, über den Himmel hinzieht.

Über die Gesamtzahl der Nebel am ganzen Himmel sind von PERRINE und CURTIS Angaben gemacht worden, die sich auf Aufnahmen mit dem Crossley-Reflektor der Licksternwarte stützen. CURTIS schätzt die Gesamtzahl auf 722 000, während PERRINE 400 000 angibt. SEARES versucht ebenfalls die Gesamtzahl dieser Objekte abzuschätzen, wobei er die von FATH erhaltenen Zahlen verwendet, die er jedoch wegen des Einflusses der sphärischen Aberration des Spiegels in den weiter von der optischen Achse entfernten Teilen der Platte korrigiert. Für den Teil des Himmels zwischen den galaktischen Breiten + 70° und - 70° findet er

die Gesamtzahl 210 000, die auf etwa 5% bis 10%, genau sein wird, und unter Einbeziehung der weit unsicheren Polkalotten rund 300 000. Die mehr als doppelt so große von CURTIS angegebene Zahl findet ihre Erklärung sehr wahrscheinlich darin, daß die Lickaufnahmen zu einem großen Prozentsatz überaus nebelreiche Gegenden bevorzugen und deshalb nicht als typisch für den ganzen Himmel angesehen werden können.

OTTO KOHL.

Ether and Reality. (Oliver Lodge, Hodder und Stoughton. London 1925, 179 Seiten.) Der Annahme eines mit Elastizität und Dichte begabten Äthers stand schon immer als einer der Haupteinwände das Problem der Bewegung der Planeten in diesem Äther entgegen. Besonders englische Physiker haben sich immer wieder mit dieser Frage beschäftigt und so mag in diesem Rahmen auch das neueste Werk von OLIVER LODGE nicht ganz ohne Interesse sein.

In seinen ersten Kapiteln weicht das Buch nicht wesentlich ab von populärer Darstellung akuter Probleme der Physik. Dabei populär im besten Sinn. Nicht flach, nicht über Lücken und Schwierigkeiten hinwegtäuschend, zeigt es auch dem Laien Probleme und nicht nur Lösungen. In einer Anschaulichkeit, wie sie gerade englische Physiker immer anstreben, führt es in physikalische Fragen ein. Vom Standpunkt des Physikers sicher zu dogmatisch, zu sehr LONGE selbst, deduziert es schon gleich zu Beginn den Äther als wirkliche Wirklichkeit, der die Welt zusammenhält, sei es Sternsysteme, sei es Elektronen und Protonen. Es ist „der vereinigende und verbindende Mechanismus, der die unverbundenen Atome der Materie zusammenschweißt und aus dem Chaos einen Kosmos macht.“ Absätze über Schwingungen und Wellen führen zur Frage der Dichte und Elastizität des Äthers: „Die Tatsache, daß er Wellen mit einer bestimmten Geschwindigkeit übermittelt, sagt schon eine Menge über ihn und sagt, daß er eine wirkliche Substanz ist, deren Eigenschaften wir hauptsächlich unter den Namen Elektrizität und Magnetismus studieren. Durch Wechselwirkung der beiden entstehen die Wellen.“ Aber nicht nur seine Fähigkeit Wellen fortzupflanzen, auch die andere, Kräfte zu übermitteln, wird betrachtet an Kometenbahnen, α -Teilchen und an einer Reihe anderer, oft alltäglicher, Beispiele. Von Elektronen und Protonen, Kraftlinien, Atommodellen und strahlender Energie hören wir immer mehr. Immer klar, immer anschaulich. Und immer steht über allem der Äther.

Ziel und Richtung des Buches lassen aber erst die beiden letzten Kapitel erkennen. Sah es schon in seinen ersten Kapiteln oft mehr wie ein Glaubensbekenntnis an den Äther aus, in dem es heißen konnte: „Wir wissen nicht, aber wir werden wissen. Bis dahin müssen wir glauben“, so wird es jetzt zur begeisterten Symphonie, die die letzten Fragen des Lebens, Fragen nach Seele und Unsterblichkeit, erfaßt. Wurde früher immer wieder betont, daß der Äther das einzig Wirkliche und Vollkommene und die Materie nur eine seiner Formen sei, so heißt es jetzt: „Die Materie ist kein Teil unseres wirklichen Wesens, noch unserer wesentlichsten Natur; der Körper ist nur ein Instrument das wir eine Zeitlang benutzen und dann ablegen.“ Der allgegenwärtige Äther aber „ist der Wohnsitz des Geistes, der Träger der Seele und das lebendige Gewand Gottes vielleicht.“ Auf jeden Fall ein interessantes Buch, einseitig aber gerade deshalb Ausdruck einer Persönlichkeit.

L. WOLF.

Das Bildnis im HARNACK-Heft gibt eine Ansicht der Skulptur von Professor GEORG KOLBE im Zimmer des Generaldirektors der Preußischen Staatsbibliothek.

Untersuchungen zur Physik der Sonnenstrahlung¹⁾.

VON OTTO HOELPER, Aachen.

Intensitätsmessungen der Sonnenstrahlung sind bisher fast allein unter dem Gesichtspunkt angestellt worden, die den betreffenden Beobachtungsorten zugestrahlten Energiemengen klimatographisch zu erfassen. Dazu trat bei einigen großen Observatorien das Streben, durch Strahlungsmessungen die Vorgänge auf der Sonne zu verfolgen. Erst in allerneuester Zeit hat man begonnen, Strahlungsmessungen zu benutzen, um über den wechselnden Zustand der Atmosphäre Aufschluß zu erhalten. Doch die ersten Versuche, durch Differenzen oder Quotienten gegen Normalwerte den Trübungszustand zu charakterisieren, führten nicht zum Ziel, da in diese Angaben stets Sonnenstand, Meereshöhe und geographische Breite eingehen. Auch der öfter benutzte — von jedem Autor übrigens anders definierte — Transmissionskoeffizient aus der BOUGUERSchen Formel ist kein Maß für den wechselnden Trübungszustand der Atmosphäre. Hier ist zwar die Beziehung auf eine absolute Größe, die Solarkonstante, gegeben, aber die Abhängigkeit des Transmissionskoeffizienten von der Wellenlänge macht seine Verwendbarkeit für die Bestimmung der atmosphärischen Durchlässigkeit komplexer Strahlung solange unmöglich, als diese Abhängigkeit zahlenmäßig nicht erfassbar ist. Die Atmosphäre ist kein homogenes Medium; nur da, wo wir es mit einer reinen wasserdampf- und staubfreien Luft zu tun haben, d. h. da, wo allein die extingierende Wirkung der Luftmoleküle selber in Rechnung zu setzen ist, können wir diese Voraussetzung machen und die Größe der Transmissionskoeffizienten in ihrer Abhängigkeit von der Wellenlänge bestimmen. Dort hat das auf theoretischen Erwägungen beruhende Rayleighsche Gesetz seine experimentelle Bestätigung gefunden: Die Extinktion der Luftmoleküle ist umgekehrt proportional der 4. Potenz der Wellenlänge. Dagegen sind wir in den Schichten etwa unterhalb 2 km stark unter dem Einfluß von zufälligen Beimengungen der Atmosphäre, deren Dichte nicht mehr als eine Funktion des Lichtweges betrachtet werden kann, und der Transmissionskoeffizient hängt von Faktoren ab, deren Verhalten uns zum größten Teil unbekannt ist. Neben der Beugung an den Luftmolekülen müssen wir hier unterscheiden: die Extinktion und die selektive Absorption an dem in der Luft vorhandenen Wasserdampf, die ebenfalls selektive Absorption an den permanenten Gasen der Atmosphäre und schließlich die Absorption durch den wechselnden Gehalt von trockenem oder feuchtem Dunst. Während nun der Anteil der Atmosphäre an Wasserdampf und Staub

großen örtlichen und zeitlichen Schwankungen ausgesetzt ist, handelt es sich bei der Extinktion der Luftmoleküle um einen konstanten, unter jeweiligen Verhältnissen berechenbaren Anteil an der Strahlungsschwächung, und es liegt daher nahe, den gesamten Energieverlust durch Wasser und Dunst auf ihn als Einheit zu beziehen. Aber das Verhältnis der Gesamtextinktion zu der sogenannten molekularen Extinktion (Linkes Trübungsfaktor) wäre nur dann von der Wellenlänge unabhängig, wenn die Extinktion des Dunstes und die Absorption des Wasserdampfes in derselben Weise mit wachsender Wellenlänge abnähme, wie die molekulare Extinktion. Solche Proportionalität wäre zugleich Voraussetzung dafür, daß nicht mit einer Änderung der Luftmasse allein, bei gleichbleibendem Dunst- oder Wasserdampfgehalt, der Trübungsfaktor sich ändert. Ich habe kürzlich in der Zeitschrift für Geophysik¹⁾ nachgewiesen, daß diese Annahme zunächst für die Wasserdampfabsorption nicht gültig ist. Für die Absorptionsvorgänge des reinen Dunstes stellt sie eine sehr hypothetische Annahme dar, die lediglich aus Analogie mit der molekularen Extinktion erschlossen ist. In erster Annäherung geht zwar die Veränderlichkeit des Trübungsfaktors der atmosphärischen Durchlässigkeit parallel und eine Abhängigkeit von der Wetterlage ist unverkennbar, aber, da der Trübungsfaktor in den unteren Schichten der Atmosphäre gleichzeitig in noch ganz unbekannter Weise von der Sonnenhöhe abhängt, so können wir in seiner Veränderlichkeit kein Maß für den Trübungszustand der Atmosphäre sehen; insbesondere muß auch beachtet werden, daß die oft geübte Reduktion auf eine andere Seehöhe ganz unstatthaft ist, da wir über die Änderung des Dunstes mit der Höhe schlechterdings gar nichts wissen.

So bleibt zunächst zur Charakterisierung der atmosphärischen Durchlässigkeit nichts anderes übrig, als auf die Extinktionskoeffizienten selber zurückzugreifen. Sie setzen sich additiv zusammen aus den Koeffizienten für molekulare Extinktion, für Extinktion und Absorption durch Wasserdampf und schließlich für Absorption oder Extinktion durch trockenen Dunst (wenn wir die Absorption der permanenten Gase als geringfügig vernachlässigen). Wo wir frei sind vom Einfluß von Staub und Dunst, ist es möglich, rechnerisch auf einen anderen Punkt der Atmosphäre zu reduzieren; wo das aber nicht möglich ist, da haben die Koeffizienten der Gesamtextinktion nur den Charakter einer Zahlkonstanten, die für den betreffenden Beobachtungsort gültig ist. Auf empirischem Wege wird es dann

¹⁾ Nach einem Vortrag vor der naturwissenschaftlichen Gesellschaft an der Universität Münster.

¹⁾ HOELPER, Zeitschr. f. Geophysik 1, 251ff. 1925.

dereinst möglich sein, die Abhängigkeit des reinen Dunstes von der Luftmasse und der Meereshöhe zahlenmäßig zu erfassen und in den Differenzen der durch Messung gefundenen Extinktionskoeffizienten gegen die theoretischen werden wir dann über ein quantitatives Maß der durch die Wetterlage bedingten Trübung verfügen. Ich habe für Riezlern erstmalig an dem dort gesammelten Beobachtungsmaterial die Koeffizienten der Wasser- und Dunstabsorption berechnet und Strahlungsmessungen, die ich im vorigen Sommer und Herbst auf der Nordseeinsel Borkum ausführte, unter den gleichen Gesichtspunkten bearbeitet. Es zeigt sich hier, wie ganz außerordentlich verschieden die Verhältnisse sein können. Die tägliche Schwankung der Wasserdampfabsorption folgt natürlich dem täglichen Gang des Dampfdrucks mit einem Maximum in den frühen Nachmittagsstunden. Sie erreicht im Sommer eine Größe von 50% ihres mittleren Wertes. In Borkum entsprechend der größeren Gleichmäßigkeit des Dampfdrucks weniger. Die Absorptionskoeffizienten des reinen Dunstes sind in ihren Mittelwerten von etwa der gleichen Größenordnung, doch haben sie in Riezlern eine weit größere Amplitude. Im Winter ist die Dunstabsorption praktisch zu vernachlässigen. Im Frühjahr erst erreicht sie eine nennenswerte Größe, um im Sommer auf fast das Doppelte anzusteigen. Bezeichnend ist dagegen für Borkum ihre auch im Sommer relativ kleine Schwankung. Für die Wetterlage sind die Schwankungen der Dunstabsorption in ausgeprägter Weise charakteristisch. Dagegen besteht zwischen Witterung und Wasserdampfabsorption kein erkennbarer Zusammenhang, wie denn eine eindeutige Beziehung der Wetterlage zum Wasserdampfgehalt der Atmosphäre nirgends gefunden worden ist.

Die nähere Untersuchung zeigt, daß der unmittelbare Einfluß des Wasserdampfes auf die Strahlungsschwächung nicht selten erheblich überschätzt wird. Selbst an der See ist die Verminderung der atmosphärischen Durchlässigkeit größtenteils auf Absorption durch Dunst zurückzuführen, dessen Bildung durch den Reichtum der Luft an kleinen Salzpartikeln offenbar begünstigt wird. Sei es, daß der Strahlungsverlust durch Reflektion oder Absorption an den festen Teilchen eintritt, oder, daß diese als Ansatzkerne für kondensierende Wasserteilchen dienen, die beim Überschreiten einer gewissen Größe als feuchter Dunst okular sichtbar absorbierend oder auch reflektierend wirken. Daß das Zusammenfließen von 2 Tröpfchen ohne Änderung im Feuchtigkeitsgehalt der Luft eine Zunahme der Trübung bedeutet, hat ganz kürzlich HARTMANN in der M. Z. gezeigt. Auf dem Festland tritt die mechanische Trübung durch Fremdkörper hauptsächlich in den unteren, der Erde aufgelagerten Schichten zutage. Deutlich ist sie in größerer Seehöhe verbunden mit der Turbulenz aufsteigender Luftströmungen. Lokale Verhältnisse spielen hier eine große Rolle. Stagnierende Luftmassen geben, zumal bei Gegenwart

von Wasser, leicht zur Bildung von Dunstschleiern Anlaß, während in ganz nah benachbarten Gebieten, die besser ventiliert sind, die Durchlässigkeit der Atmosphäre bedeutend größer ist.

Die physikalischen Vorgänge, die bei der Lichtschwächung eine Rolle spielen, liegen zum Teil noch ganz im Dunkel, soweit sie durch das RAYLEIGHsche Gesetz erfaßt werden, handelt es sich um eine Beugung an den Luftmolekülen, die durch den Lichtstrahl angeregt selber Ausgangspunkt sekundärer Lichtstrahlen werden. Die im ganzen Bereich des Spektrums wirksame nicht-selektive Extinktion durch Wasserdampf zeigt sich proportional der 2. Potenz der Wellenlänge. Die extingierenden Teilchen sind also der Größenordnung nach größer als die Wellenlänge. Es handelt sich offenbar nicht um Diffraktionswirkung an den Molekülen, sondern um diffuse Reflektionen an wesentlich größeren Teilchen, an Kondensationskernen, die mit zunehmendem Wassergehalt an Zahl und Größe wachsen. Die selektive Wasserdampfabsorption kleiner Wellenlängen erfolgt dagegen schneller als die Extinktion durch eine wasserdampferfüllte Atmosphäre; wie weit die herkömmliche Anschauung, welche die Absorption auf Resonanz im Molekularverbande zurückführt, hierin eine Bestätigung findet, müßte auf experimentellem Wege erwiesen werden. Schließlich verschiebt auch die Gegenwart von Dunst das Intensitätsmaximum der durchgehenden Strahlung in demselben Sinne, indem auch hier die kürzeren Wellenlängen stärker abgelenkt oder reflektiert werden. Daß die Verschiebung kleiner ist als nach dem RAYLEIGHschen Gesetz zu erwarten wäre, zeigt der unmittelbare Anblick des gerade bei Gegenwart von Dunst nicht mehr tiefblauen sondern weißlichblauen Himmels. Die Reflektion erfolgt an den größeren Teilchen wie an optischen Diskontinuitätsflächen verkehrt proportional der 2. Potenz. Dabei können aber sehr wohl Dunsteilchen vorkommen, die klein sind gegen alle oder gegen die größeren Wellenlängen; diese müssen dann wieder nach dem Gesetz von RAYLEIGH reflektieren; zugleich kann die selektive Absorption ebenfalls einen nicht zu vernachlässigenden Betrag erreichen. Im ganzen zeigt diese Übersicht, wie mannigfache Vorgänge bei der atmosphärischen Strahlungsschwächung ineinander greifen. Gemeinsam ist ihnen allen in der resultierenden Wirkung eine Verschiebung des Intensitätsmaximums der durchgehenden Strahlung zum langwelligen Ende hin. Doch die Größe dieser Verschiebung ist nicht allein abhängig von der Massendichte; der Gehalt der Atmosphäre an Wasserdampf, hygroskopischem oder nichthygroskopischem Staub, die Teilchengröße und vor allem die Turbulenz sind für Maß und Art der Lichtschwächung von entscheidender Bedeutung.

Wenn wir die qualitative Änderung der Strahlung bei Beziehung auf gleiche Luftmasse zahlenmäßig erfassen könnten, so wäre die Intensität bestimmter Spektralbereiche, also der prozentuale

Gehalt der Sonnenstrahlung an Strahlen bestimmter Wellenlängen sehr geeignet, über den Trübungs-
zustand der Atmosphäre Auskunft zu geben. Noch
recht spärlich ist das Beobachtungsmaterial,
immerhin zeigt z. B., das in Riezlern¹⁾ gesammelte
in Übereinstimmung mit LINKES Messungen am
Tanus-Observatorium eine deutliche Abhängig-
keit des relativen Rotanteils der Sonnenstrahlung
vom Wassergehalt der Atmosphäre. Mit jedem
mm Dampfdruck nimmt der relative Rotanteil
um ca. 0,2% ab. Der Jahresgang des prozentualen
Rotanteils ist invers dem Wasserdampfgehalt.
Die wasserdampfarme Atmosphäre des Winters
besitzt eine erhöhte Durchlässigkeit für die Rot-
strahlung; dagegen hat das Überwiegen des Rot-
gehaltes am Nachmittag gegen den Morgenwert
bei gleicher Sonnenhöhe offenbar einen anderen
Grund: Hier ist die Atmosphäre für die *Gesamt-
strahlung* weniger durchlässig geworden, weil eine
verstärkte Turbulenz stärkere optische Inhomog-
enität verursacht. Eliminiert man den Einfluß
des Dampfdrucks auf den Rotgehalt, so bleibt
kein Einfluß des trocknen Dunstes zu erkennen.
Dieser scheint den prozentualen Rotgehalt wenig
oder gar nicht zu berühren. Dagegen kann nach
anderen Untersuchungen als sehr wahrscheinlich
angenommen werden, daß die kurzwellige Strah-
lung überwiegend durch Dunst geschwächt wird,
durch den Wassergehalt der Atmosphäre aber wenig
beeinflußt wird. So erklärt sich beispielsweise die
Beobachtungstatsache, daß bei gleichmäßiger föh-
niger Luftströmung die Ultraviolettstrahlung
in mittlerer Sonnenhöhe etwa doppelt so groß ist,
als bei dunstigem Himmel, daß bei eintretendem
Föhn am Anfang meist die Ultraviolettstrahlung
am Ende die Wärmestrahlung ihren größten Wert
hat. Auch die bereits von ELSTER und GEITEL
beobachtete Tatsache, daß an Tagen mit Ge-
witterneigung und feuchter Schwüle die Ultra-
violettstrahlung häufig sehr stark ist, bestätigt
diese Erfahrung. Wenn einmal mehr Beobachtun-
gen vorliegen, würde man durch Messung der
Gesamtstrahlung sowie des kurzwelligen und
langwelligen Bereiches imstande sein, auf die
Art der Trübung zu schließen.

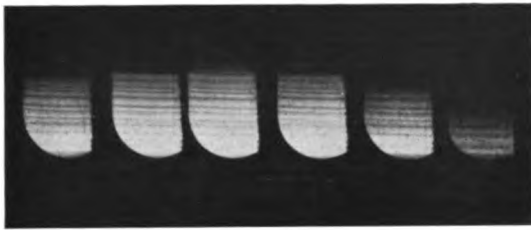
Insbesondere gibt auch eine spektrale Zer-
legung der Sonnenstrahlen uns näheren Aufschluß
über die normale Schichtung der Atmosphäre. In
den Mittelwerten wird z. B. eine kontinuierliche
Abnahme des prozentualen Rotgehaltes mit der
Höhe gefunden, der aber von einem Anstieg der
absoluten Intensitäten begleitet wird. (So beträgt
z. B. der durchschnittliche Rotgehalt im Oktober
bei 20° Sonnenhöhe in Riezlern 5% weniger als
in Potsdam, 2% mehr als in Davos; bei 30° Sonnen-
höhe betragen die Unterschiede zwischen Riezlern
und Davos weniger als 1%, während Potsdam
den Wert von Riezlern immerhin noch um 3%
übersteigt.) Es kommt darin für die bodennahen

Schichten der Atmosphäre die Tatsache zum Aus-
druck, daß die rote Teilstrahlung weniger ge-
schwächt wird, als die Gesamtstrahlung. Wieder
ein Beweis für ihre geringe Beeinflussung durch
Dunst. Andererseits hat man nach einer Mit-
teilung DORNOS bei gleicher Sonnenintensität in
Europa und in Äquatornähe im letzteren Falle
einen um 6% geringeren Rotwert gefunden, d. h.
auf die sichtbaren und ultravioletten Spektralteile
kommt dieses Plus. Der ganze Ultraviolettbereich
enthält nun an der Erdoberfläche nur etwa 1%
der Gesamtenergie; man erkennt, wie außerordent-
lich die Ultraviolettintensität in den Tropen sich
steigern muß, falls ein wesentlicher Teil dieses
Plus von 6% auf den ultravioletten Spektralbereich
entfällt.

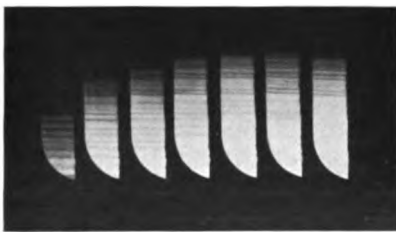
Die Frage nach dem kurzwelligen Ende des
Sonnenspektrums ist für die meteorologische Optik
besonders bedeutungsvoll. Wir wissen, daß mit
jeder Veränderung der Sonnentätigkeit eine Än-
derung ihrer Strahlungsintensität einhergeht. Diese
Schwankungen betreffen, wie sich aus den bisheri-
gen Messungen zweifelsfrei ergibt, hauptsächlich
die kurzwellige Strahlung, während die sichtbare
und die Wärmestrahlung fast unverändert bleiben.
Nun kommen aber die Schwankungen der ultra-
violetten Intensität nicht an der Erdoberfläche
erst zur Auswirkung, vielmehr wirken sie auf die
obersten Schichten der Atmosphäre derart ein,
daß in ihnen gewisse chemische Umsetzungen sich
vollziehen, die ihre Durchlässigkeit weitgehend
verändern. Wir haben Ursache, anzunehmen,
daß die von der Sonne emittierte Strahlung viel
weiter in das Ultraviolett hinabreicht als die
hier auf der Erde gemessene. Trifft nun die kurz-
wellige Strahlung unterhalb 200 $\mu\mu$ auf den Sauer-
stoff der Atmosphäre, so ozonisiert sie diesen
unter starker Absorption. Die Strahlung zwischen
200 $\mu\mu$ und 300 $\mu\mu$ aber hat umgekehrt die Fähigkeit,
O₃ in O₂ zurückzuführen. So gehen Bildung und
Zerstörung von Ozon gleichzeitig vor sich, und
praktisch stellt sich in den obersten Luftschichten
ein Gleichgewichtszustand zwischen beiden Pro-
zessen ein, der das Sonnenspektrum bei einer ge-
wissen durch die Sonnentätigkeit gebotenen Grenze
abschneidet. Würde man die gesamte für diesen
Effekt notwendige Ozonmenge gleichmäßig auf
die ganze Atmosphäre verteilen, so käme auf den
cbm Luft etwa 0,4 ccm Ozon, das ist die 50fache
Menge der an der Erdoberfläche gefundenen;
andererseits absorbiert die gewöhnliche Luft die
kurzwelligste Strahlung bereits auf wenige Meter
Entfernung. Sie kann also nicht tief in unsere
Atmosphäre eindringen. Die Sperrschicht des Ozon
kann sich daher nur in den höchsten Schichten
finden, kaum unterhalb 50 km. Für die Menge
des Ozons ist die Variation der Sonnentätigkeit
primär verantwortlich. Vielleicht spielen aber
auch meteorologische Faktoren dabei eine Rolle,
indem etwa hochschwebende Wolken durch Rück-
strahlung die Intensität des Ozonzerlegenden
Spektralbereiches erhöhen. Die Grenze des ab-

¹⁾ HOELPER, Meteorolog. Zeitschr. 1924, S. 346ff;
HOELPER, Zeitschr. f. d. ges. physikal. Therapie 29,
83-98. 1924.

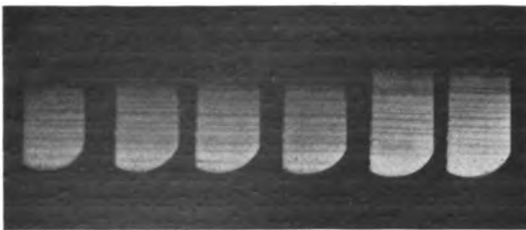
brechenden Spektrums schwankt zwischen 290μ und 310μ . Zunächst hängt sie von der Seehöhe ab, doch weist sie einen Jahresgang auf, derart, daß die größten Endwellenlängen in den Juli, die kleinsten in den November fallen. Nach den bisherigen Untersuchungen geht die Intensität des Ultraviolettgebietes (photoelektrisch gemessen) und die Ausdehnung nach den kleinsten Wellenlängen parallel. Die zeitliche Ausdehnung sowie



a) Tagesgang in U.V.-Spektrum unterhalb 320μ .
22. XII. 1924 (10⁰⁰, 11–3^h).



b) Tagesgang im U.V.-Spektrum unterhalb 320μ .
3. IV. 1925 (7–1^h).



c) 12^h-Aufnahmen des abbr. U.V.-Spektrums.
20.—23. I., 10., 17. II. 1925.

die Intensitätsänderung scheinen stoßweise zu erfolgen, besonders bildet der Intensitätsabfall bei 320 eine scharfe Grenze, indem unterhalb die Durchlässigkeit der Atmosphäre bedeutend nachläßt. Welche Ursachen für dieses abweichende Verhalten maßgebend sind, ist noch ganz unbekannt.

Neben diese, zunächst die Geophysik angehende Frage nach den Ursachen des Abbruchs des Sonnenspektrums, die also aufs engste verknüpft ist mit den in neuester Zeit wieder aufgetretenen Fragen nach der Zusammensetzung der obersten Schichten der Atmosphäre, tritt nun ein medi-

zinisch-biologisches Problem. Die Ultraviolettstrahlen hat man schon lange als die Ursache starker physiologischer Wirkungen erkannt, sie schädigen das Leben der Zellgewebe und wirken dadurch bactericid. Erythem- und Pigmentbildung sind andere Folgen ultravioletter Bestrahlung, die für die medizinische Praxis von Bedeutung sind. Während man diese und andere Wirkungen dem ganzen ultravioletten Strahlungsbereich zuschrieb, und in der Applikation einer möglichst gesteigerten U-V-Dosis das Heil erblickte, ist es vor einigen Jahren gelungen, nachzuweisen, daß nur dem Spektralbezirk zwischen 265μ und 315μ eine Wirkung, dem zwischen 297μ und 302μ die Hauptwirkung zukommt, also gerade dem Gebiet, um das die Ausdehnung des Sonnenspektrums in jährlicher Variation schwankt. Die Folgerung drängt sich auf, daß in der Fähigkeit der physiologischen Reaktion eine Anpassungserscheinung des Organismus zu erblicken ist. In der Pigmentbildung besitzt der Körper ein Mittel, dem tieferen Eindringen der ihn schädigenden Strahlung sich zu widersetzen. Dabei liegt durchaus kein Widerspruch in der Tatsache, daß mit kleineren Wellenlängen die Absorption weiter zunimmt. Die kurzwelligen Strahlen werden eben bereits absorbiert, bevor sie eine hinreichend starke Wirkung erzeugen können, denn es handelt sich zweifellos bei der Pigmentbildung um einen Auslösungsvorgang; keineswegs ist die Wirkung energetisch durch die eingestrahelte Energie bedingt. Ein Schluck warmes Wasser beispielsweise würde dem Organismus mehr Energie zuführen, als eine stundenlange Bestrahlung mit dem wirksamen Spektralbereich, die schwerste Schädigung setzen würde. Hier liegt auch der Grund, warum die medizinische Sonnenbestrahlung ein so schwer dosierbares Heilmittel ist. Es handelt sich nicht um quantitative Umsetzungen, nicht um eine physikalische Sache, sondern um eine biologische. Die Pigmentbildung als solche ist dabei vielleicht nur die äußere Seite eines viel tiefer greifenden Vorganges. Wenn zwar von physiologischer Seite die Auffassung vertreten wird, die Wirksamkeit der Ultraviolettstrahlung sei zunächst gar nicht als eine direkte anzusehen, sondern in chemischen Veränderungen atmosphärischer Bestandteile zu suchen, die auf dem Wege der Atmung in den Organismus gelangen, so ist das ganz sicher nicht richtig. Abgesehen von den physikalischen Unmöglichkeiten, die dieser Theorie anhaften. Aber andererseits scheint mir sicher, daß in dem physikalischen Faktum der veränderten Absorptionsverhältnisse der Haut das Wesentliche der Pigmentbildung nicht erfaßt ist. Ihre Wirkung auf den Organismus läßt sich nicht auf die einfache Formel bringen: Schutz vor Einstrahlung oder, wie auch geschehen, Erleichterung der Ausstrahlung. Man hat geglaubt, in der Fähigkeit zur Pigmentbildung eine besonders ausgeprägte Heiltendenz zu sehen. Das trifft in dieser Form uneingeschränkt nicht zu. Aber sie zeigt an, daß im Organismus sich Vor-

gänge abspielen, die den intermediären Stoffwechsel nicht unbeeinflusst lassen können. Für die Praxis ergibt sich daraus zunächst die Frage: will man durch allmähliche Steigerung der applizierten Strahlung den Organismus gewöhnen, daß er möglichst hohe Dosen ohne Schädigung verträgt — oder beabsichtigt man auf diese Weise durch eine knappe jedesmalige Überschreitung der Reizschwelle den Organismus in Abwehrstellung zu halten? Für die Methode dürfte diese Fragestellung von grundlegender Bedeutung sein. Wenn es sich darum handelt, die Reaktionsfähigkeit des Organismus nicht abzustumpfen, sondern zu erhalten und zu steigern, dann gewinnt die Dosierung offenbar eine ganz andere Bedeutung, als im üblichen Schema ihr gegeben wird.

Die physikalischen Vorgänge im abbrechenden Sonnenspektrum sind noch keineswegs geklärt. Insbesondere ist über die Intensitätsverteilung im Spektrum, ihre Abhängigkeit von kosmischen und terrestrischen Einflüssen sozusagen nichts bekannt. Die bisherigen Untersuchungen begnügen sich entweder mit angenäherten Mittelwerten oder beschränken sich auf wenige Messungen unter Ausnahmeverhältnissen. Ein Instrumentarium von

genügend großer Dispersion, um die einzelnen Spektrallinien messend zu verfolgen, das andererseits aber hinreichend kompensiös ist, um schnelle und zuverlässige Messungen zu gestatten, ist erforderlich. Die Firma Zeiss hat nach meinen Angaben für die meteorologisch-physikalische Station Riezern im Allgäu einen Quarz-Spektrographen gebaut, der das Längenwellengebiet unterhalb 320μ aussondert und der Untersuchung zugänglich macht. Die nicht unbedeutenden Mittel für die Beschaffung des Instrumentes hat Dr. Backer-Riezern zur Verfügung gestellt. Es ist hier nicht der Ort, die erhaltenen Resultate der Spektraluntersuchungen zu diskutieren, doch mögen die nebenstehenden Reproduktionen eine Vorstellung geben, in wie ausgeprägter Weise die Ausdehnung des Spektrums und die Intensitäten der einzelnen Linien mit der Tages- und Jahreszeit, sowie von einem Tag zum anderen schwanken. Parallel gehende physiologische Beobachtungen haben die von HAUSER und VAHLE an der Kohlenbogenlampe gewonnenen Resultate über die pigmentbildungsfähigen Wellenlängen für das Sonnenspektrum vollkommen bestätigt.

Über den Einfluß des Durchdringungsvermögens der Sonnenstrahlen durch Schnee auf das arktische Pflanzenleben.

VON KARL RICHTER, Kiel.

Der Pflanzenwelt des arktischen, insbesondere des nordostgrönländischen Gebietes steht für ihre Entwicklung nur eine außerordentliche kurze Zeit zur Verfügung. Im Gebiete des 74. Breitengrades muß sich an der ostgrönländischen Küste die gesamte Entwicklung des Pflanzenlebens in der Zeit von Mitte Juni bis Anfang August abspielen, da nur dann die Temperaturverhältnisse das Wachstum ermöglichen. „Nachtfroste“ von mehreren Grad Kälte müssen allerdings auch gegen Beginn und Ende dieser Periode ertragen werden. Erstaunlich ist es deshalb, wie auf Plätzen, die noch wenige Tage vorher von Schnee bedeckt waren, plötzlich eine reiche Vegetation aufschießt und in kurzer Zeit in voller Blüte steht. Der Unterschied zwischen Tag und Nacht ist allerdings vollkommen verschwunden, und nur Nebel und Bergschatten entziehen die Pflanzen für kurze Zeit der Einwirkung der Sonne. Es drängt sich bei Beobachtung der Entwicklung die Frage auf, ob die gesamte Entwicklung sich wirklich nur innerhalb dieser Zeit abspielt oder ob nicht schon unter der Schneedecke die Vegetation weiter vorgeschritten ist, als man anzunehmen pflegt. Insbesondere verdient hier die Frage erhöhte Aufmerksamkeit, ob die Sonnenstrahlen instande sind, bis zu einer gewissen Tiefe den Schnee zu durchdringen und schon unter der Schneedecke eine geringe Lebenstätigkeit der Pflanzen zu ermöglichen.

Einen Weg zur Klärung dieser Frage stellt die Vornahme von Temperaturmessungen in Schnee-

höhlungen vor, bei denen eine geeignete Versuchsanordnung eine Einstellung der Thermometer unabhängig von der Außentemperatur ermöglicht. Bei gleichzeitiger Anbringung eines Schwarzkugels und eines gewöhnlichen Quecksilberthermometers ist es dann möglich, aus der aktinometrischen Differenz ein Urteil über die Energiemengen zu gewinnen, die den Pflanzen durch den Schnee durchdringende Sonnenstrahlen zugeführt wurden. Während der Danmark-Expedition 1907/08 unternahm der Meteorologe derselben, Dr. WEGENER, Messungen dieser Art in Höhlungen einer Schneewehe. Die Weglänge, die die Sonnenstrahlen durch den Schnee hindurch zurücklegen mußten, wurden von ihm mit Hilfe des Einfallswinkels aus der Schattenlänge berechnet. Leider umfaßt die Versuchsgruppe WEGENERS (s. WEGENER, Meteorologische Terminbeobachtungen am Danmarks-Havn, Medd. om Grönland, Bd. 42, 1914, S. 125 bis 356) nur 4 veröffentlichte Temperaturmessungen. Bei zwei Versuchen ergab sich bei einer Weglänge von 11 bzw. 12 cm eine aktinometrische Differenz von $2,1^\circ$ bzw. $3,5^\circ$, während bei 31 cm Weglänge die aktinometrische Differenz 0° und — $0,1^\circ$ betrug. Wenn aus diesen Zahlen auch hervorgeht, daß eine nennenswerte Beeinflussung der Vegetation durch eine Schneedecke hindurch nicht wahrscheinlich ist, so zeigen doch die beiden ersten Versuche die Unstimmigkeit, daß bei 12 cm Weglänge eine aktinometrische Differenz von $3,5^\circ$ erhalten wurde, während bei 11 cm Weglänge die

aktinometrische Differenz nur $2,1^\circ$ war. Dieser Unterschied wird noch auffälliger dadurch, daß beide Versuche nach WEGENERS Veröffentlichung nur mit $15'$ Differenz vorgenommen wurden und sich auch keine Angaben über eine Änderung der Bewölkung finden.

Eigene aktinometrische Versuche über die Reflexion der Sonnenstrahlen durch den Schnee und die Abhängigkeit der Reflexionsgröße vom Einfallswinkel veranlaßten mich zu der Annahme, daß auch die auffälligen Unterschiede in den Versuchen WEGENERS auf eine Änderung des Einfallswinkels zurückzuführen seien. Während meines Aufenthaltes auf der Insel Shannon nahm ich deshalb die Versuche in erweitertem Maße und bei teilweise geänderten Bedingungen wieder auf. Zur Klärung der Frage, ob der Einfallswinkel der Sonnenstrahlen einen Einfluß auf das Eindringungsvermögen ausübt, wurden die Versuche in 3 Gruppen, *unter wagerechter Schneefläche, hinter senkrechter Schneewand und unter einem Hang mit 30° Neigung* gegen rechtsweisend $S 5^\circ O$, vorgenommen.

Durchgeführt wurden die Versuche auf einer seit dem Herbst 1923 bestehenden Schneewehe in unmittelbarer Nähe meines Winterhauses auf Kap Philip Broke ($74^\circ 30' N$, $18^\circ 34' W$). Diese Schneewehe war durch den Einfluß der Winterstürme sehr gleichmäßig und fest geworden und war zu den Versuchen besonders geeignet, weil sie gegen SO, S und SW vollkommen frei lag und eine längere ungestörte Beobachtungsreihe erlaubte. Die Schneeproben nach der Würfelmethode (s. WEGENER) ergaben 1 cm Schnee = 4,3 mm Wasser, die Schneewehe nimmt also eine Mittelstellung zwischen WEGENERS „typischer fester“ und „harter Schneewehe“ ein. Da sie in erster Linie aus dem Flugschnee einer etwa 40 km breiten Meeresbucht entstanden war, enthielt sie keine Schmutzeinlagerungen. Als Meßinstrumente wurden 1 Schwarzkugeltermometer und 1 Quecksilberthermometer verwendet, die bei vorheriger Prüfung und bei Wiederholung der Prüfung nach Ablauf der Versuche keine Differenzen in ihren Angaben in dem in Frage kommenden Temperaturintervall zeigten. Selbstverständ-

lich wurden die Versuche nur bei vollkommen unbewölktem Himmel vorgenommen. Die Ergebnisse der innerhalb eines Zeitraumes von 6 Tagen (am 8. April, 9. April und 13. April) durchgeführten Versuchsreihe sind in den Tabellen 1 A—C, sowie in der zugehörigen graphischen Darstellung I (Fig. 1) niedergelegt. Einen Einblick in die Anordnung der Versuche zeigt die photographische Aufnahme (Fig. 2).

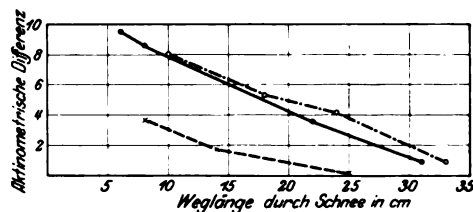


Fig. 1: Aktinometrische Differenzen bei verschiedenem Einfallswinkel und verschiedener Weglänge.

- Aktinometrische Differenz unter wagerechter Schneefläche.
- Aktinometrische Differenz hinter senkrechter Wand.
- · - Aktinometrische Differenz unter Hang mit 30° Neigung.

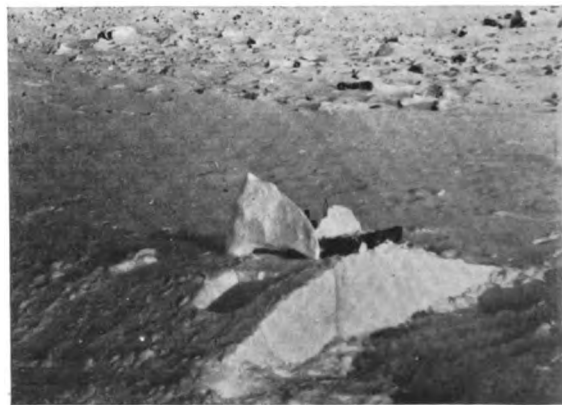


Fig. 2: Senkrechte Schneewand mit Thermometerhöhlen zur Messung des Durchdringungsvermögens.

Tabelle 1. Durchdringungsvermögen der Sonnenstrahlen durch Schnee.

A						B						C					
Thermometer in Höhlung unter wagerechter Schneefläche						Thermometer in Höhlung hinter senkrechter Schneewand						Thermometer unter Schneehang mit 30° Neigung gegen Süd 5° Ost					
A = Schwarzkugeltermometer B = Ungeschütztes Thermometer						A = Schwarzkugeltermometer B = Ungeschütztes Thermometer						A = Schwarzkugeltermometer B = Ungeschütztes Thermometer					
Datum	Zeit	Weglänge	A	B	Differenz	Datum	Zeit	Weglänge	A	B	Differenz	Datum	Zeit	Weglänge	A	B	Differenz
8. IV.	11 ⁴⁵	8	-15,1	-18,7	3,6	9. IV.	10 ³⁰	6	-14,8	-24,3	9,5	13. IV.	10 ⁴⁵	10	-14,2	-22,2	8,0
	12 ¹⁵	14	-16,9	-18,6	1,7		10 ⁴⁵	8	-15,9	-24,5	8,6		11 ¹⁵	10	-14,0	-22,1	8,1
	12 ⁴⁵	25	-18,5	-18,6	0,1		11 ⁰⁰	8	-15,7	-24,4	8,7		11 ³⁰	18	-16,8	-22,1	5,3
	1 ⁴⁵	25	-19,2	-19,2	0,0		11 ¹⁵	22	-20,9	-24,4	3,5		11 ⁴⁵	24	-18,2	-22,3	4,1
	2 ⁴⁵	35	-20,1	-20,1	0,0		11 ³⁰	22	-20,9	-24,3	3,4		12 ⁰⁰	33	-21,3	-22,1	0,8
							12 ⁰⁰	31	-23,7	-24,6	0,9		12 ¹⁵	42	-22,2	-22,1	-0,1
							12 ¹⁵	31	-23,8	-24,6	0,8		12 ³⁰	42	-22,1	-22,1	0,0
							12 ⁴⁵	44	-24,8	-24,8	0,0						
							1 ¹⁰	44	-24,8	-24,8	0,0						

Die Ergebnisse der Versuche zeigen, daß sowohl bei den Messungen hinter senkrechter Schneewand wie auch unter dem Hang von 30° Neigung gegen S 5° O die aktinometrische Differenz bei gleichen Weglängen durch den Schnee beträchtlich größer ist als unter wagerechter Schneeoberfläche. Auffällig erscheint die Übereinstimmung der Werte Kurven I und III. Unter Berücksichtigung der Sonnenhöhe über dem Horizont und dem hieraus sich ergebenden Einfallswinkel der Sonnenstrahlen bei diesen beiden Versuchen zeigt sich, daß gerade diese Übereinstimmung eine Stütze für die Annahme bildet, daß das Eindringungsvermögen eine Funktion des Einfallswinkels ist. Während des Versuchszeitraumes beträgt die Sonnenhöhe für die Breite des Versuchsortes etwa 25° ; hieraus errechnet sich für Versuchsgruppe 2 (Hang mit 30° Neigung) ein ungefähre Einfallswinkel von 55° und für Versuch 3 (senkrechte Schneewand) von etwa 65° . Bei beiden Versuchen wurden also, unter Berücksichtigung der durch das Versuchsobjekt bedingten Abweichungen, nahezu gleiche Einfallswinkel benutzt. Die Versuche zeigen deutlich eine Steigerung des Eindringungsvermögens mit wachsendem Einfallswinkel und bilden so eine Bestätigung der Annahme, die zur Ausführung der Versuche den Anlaß gab.

Versucht man das Verhältnis der aktinometrischen Differenzen bei einem Einfallswinkel von ca. 25° und von ca. 65° graphisch darzustellen (Tab. 2) (Fig. 3), so erhält man das Bild einer Ex-

Tabelle 2.

Weglänge in cm	Kurvenwert I	Kurvenwert III	Verhältnis III : I
$8\frac{1}{2}$	3,5	8,7	2,5
10	3,0	8,0	2,7
$11\frac{1}{2}$	2,5	7,4	3,0
$13\frac{1}{2}$	2,0	6,8	3,4
15	1,6	6,2	3,9
$16\frac{1}{2}$	1,3	5,6	4,3
$18\frac{1}{2}$	1,0	4,9	4,9
20	0,8	4,4	5,5
$21\frac{1}{2}$	0,5	3,8	7,6
$23\frac{1}{2}$	0,3	3,2	10,7
25	0,1	2,7	27,0

ponentialfunktion, die in dem gewählten Beispiel asymptotisch zur Eindringungstiefe von ca. 26 cm verläuft. Aus diesem Beispiel läßt sich der Schluß ziehen, daß das Eindringungsvermögen nicht eine lineare Funktion des Einfallswinkels ist, sondern daß mit fallendem Einfallswinkel das Eindringungsvermögen sehr viel schneller abnimmt, als es dem Verhältnis der Einfallswinkel entspricht.

Gegenüber den Versuchsergebnissen von WEGENER zeigen meine Versuche, daß unter bestimmten Verhältnissen das Durchdringungsvermögen der Sonnenstrahlen durch den Schnee sehr viel größer ist, und daß insbesondere die aktinometrischen Differenzen unter diesen Verhältnissen beträchtlich höhere Werte erreichen, als man nach WEGENERS Versuchen annehmen konnte. Es fragt sich nur, ob diese Werte schon ausreichen,

um die Annahme einer Einwirkung auf die Pflanzenwelt zu rechtfertigen. Für die Beurteilung dieser Frage ist es wichtig, zuerst ganz kurz die Lagerungsverhältnisse des Schnees im ostgrönländischen Gebiet zu streifen. Während des ganzen Jahres werden die Hochebenen, die für ein Pflanzenleben überhaupt noch in Betracht kommen, durch die in diesem Gebiet so überaus häufigen heftigen Stürme praktisch schneefrei gehalten, wenn sich natürlich auch hinter Gesteinblöcken und in kleinen Senken Schneewehen bilden. Die Hauptmassen des Schnees werden in kleinen Tälern und Einschnitten der Küstenränder und auf dem zum Teil recht unebenen Küstenstreifen (Strandterrasse und Moränenschutt) abgelagert. Zur Zeit der Schneeschmelze, etwa von Ende Mai ab, findet eine äußerst starke Reduktion dieser Schneeanhäufungen statt; die tägliche Höhendifferenz kann in dieser Zeit 5–8 cm betragen.

Der Rückgang der Schneewehen ist innerhalb der Hauptschmelzzeit so stark, daß die Pflanzenwelt nur während eines Zeitraumes von etwa 4–5 Tagen von einer Schneedecke von 35 cm imstande ist, die gesamte Wärmeenergie der eindringenden Sonnenstrahlen zu absorbieren, so läßt sich das Ergebnis der Versuche dahin zusammenfassen, daß das Durchdringungsvermögen der Sonnenstrahlen durch den Schnee zu gering ist, um eine wesentliche Einwirkung auf die Pflanzenwelt unter einer Schneedecke zu ermöglichen, da nur während eines Zeitraumes von 4–5 Tagen den Pflanzen sehr geringe Energiemengen durch den Schnee durchdringende Sonnenstrahlen zugeführt werden können.

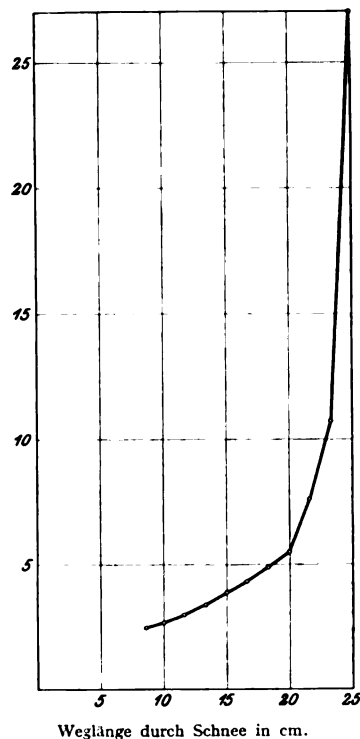


Fig. 3: Verhältnis der aktinometrischen Differenzen bei einem Einfallswinkel von 65° zu denen bei einem Einfallswinkel von 25° bei gleichen Weglängen durch Schnee.

Ordinate = Verhältnis der aktinometrischen Differenzen.

Eiweißdifferenzierung und Stammesverwandtschaft.

Von E. WASMANN S. J., Aachen.

Die Abhandlung von FR. STEINECKE, *Die Bedeutung der Serodiagnostik für die Verwandtschaftsforschung*, H. 41, S. 853—856, veranlaßt mich als Zoologen zu einigen Bemerkungen.

Daß die Serodiagnostik uns in vielen Fällen gewichtige Wahrscheinlichkeitsgründe für eine Stammesverwandtschaft, für die auch die morphologische Vergleichung spricht, zu liefern vermag, steht außer Zweifel. Ein klassisches Beispiel hierfür ist, daß es HANS FRIEDENTHAL gelang, an einem Mammutkadaver aus Sibirien, dem er getrocknetes Blut entnommen, erfolgreiche Proben auf die Verwandtschaft des Mammut mit dem indischen Elefanten anzustellen. Darüber darf man jedoch nicht übersehen, daß die sog. Blutsverwandtschaft zweier Tiere ebensowenig immer eindeutig ist wie die Formverwandtschaft, und mit letzterer keineswegs immer parallel geht. Ja, es gibt sogar manche Tatsachen, welche beweisen, daß die Eiweißähnlichkeit *ebensogut* auf Konvergenz beruhen kann wie die Formähnlichkeit. Es muß daher im einzelnen Falle erst untersucht werden, ob die vorliegende Ähnlichkeit auf wirklicher Stammesverwandtschaft beruht oder auf bloßer Konvergenz.

STEINECKE dagegen will zwar die Möglichkeit einer Eiweißkonvergenz zugeben, bestreitet aber ihre Tatsächlichkeit. Er sagt: „Ein solcher Fall einer Eiweißkonvergenz würde natürlich die ganzen Ergebnisse der Serodiagnostik in Frage stellen. Bemerkenswerterweise ist eine solche Eiweißkonvergenz bisher in keinem Falle gefunden worden. Es ergibt sich hieraus, daß die Eiweißverwandtschaften wirklich ein Bild der historischen Verwandtschaften, mit anderen Worten den Stammbaum selbst zu geben vermögen.“

Demgegenüber möchte ich folgendes in Erinnerung bringen. HANS FRIEDENTHAL selber, der für die Blutsverwandtschaften im Tierreich so begeistert war, ließ schon 1900¹⁾ keinen eigentlichen Parallelismus zwischen Eiweißverwandtschaft und Stammesverwandtschaft gelten. Die blutlösende Wirkung des Serums des Aalblutes, welche die stärkste ist unter allen Fischen, führte er nicht auf die Verwandtschaftsbeziehungen der Aale zurück, sondern auf die hohe Giftigkeit des Aalblutes. Er bemerkte überdies, daß die blutlösende Wirkung des Serums der Amphibien schwach, jene des Serums der Reptilien und Vögel sehr stark sei. Auch hierin findet sich kein Parallelismus zwischen Eiweißverwandtschaft und Blutsverwandtschaft. In den „Arbeiten aus dem Gebiet der experimentellen Physiologie“ veröffentlichte FRIEDENTHAL später (1908) 4 Studien zur Frage der Blutsverwandtschaft. In der vierten derselben (S. 379) gesteht er: „Wir kennen kein einziges

¹⁾ Über den experimentellen Nachweis von Blutsverwandtschaft. (Arch. f. Anat. und Physiol., Physiol. Abt., S. 494—508).

untrügliches Zeugnis, um die Blutsverwandtschaft von Organismen zu erkennen, deren Abstammung von einem gemeinsamen Vorfahr wir nicht direkt beobachtet haben.“ Weiterhin (S. 387ff.) bringt er Beispiele für den Widerspruch der physiologischen Verwandtschaftsreaktion mit der morphologischen Verwandtschaft. Er möchte gern auf Grund der Blutreaktionen die großen Laufvögel Strauß, Kasuar und Kiwi in „eine natürliche Ordnung“ bringen. Ja, er findet sogar, daß jene Reaktionen eine nähere Verwandtschaft zwischen Strauß und Kiwi als zwischen Strauß und Kasuar anzeigen. Das ist allerdings fatal und wird immer fataler, weil die vergleichende Morphologie zu den entgegengesetzten Ergebnissen gelangte. In RICHARD HERTWIGS Lehrbuch der Zoologie — um nur ein Beispiel zu nennen für die in der morphologischen Systematik auf Grund der Arbeiten von FÜRBRINGER usw. herrschende Anschauung — finden wir die Ratiten, Cursoras oder Laufvögel als erste Unterklasse der Vögel, die sich von den Carinaten durch den Mangel der Crista des Brustbeines unterscheidet. Dieser Verlust ist aber durch Rückbildung des Flugvermögens bei den Endgliedern *verschiedener* Carinatenfamilien *unabhängig voneinander* entstanden, d. h. er beruht *auf Konvergenz*, nicht auf einer näheren Stammesverwandtschaft zwischen den Endgliedern dreier verschiedener Vogelfamilien. Wie sollen da die Eiweißreaktionen uns eines Besseren belehren, indem sie jene Endglieder zu einer natürlichen Ordnung vereinigen? Und wie soll der Kiwi (Apteryx) mit dem Strauß von wegen der Blutreaktion näher verwandt sein als der Strauß mit dem Kasuar, obwohl die Struthioniden den Casuariden zweifellos weit näher stehen als beide dem Apterygiden? Das sind doch *handgreifliche Widersprüche* zwischen Eiweißverwandtschaft und Stammesverwandtschaft. Sie lösen sich einzig dadurch, daß man die vorgebliche Eiweißverwandtschaft zwischen den Ratiten ebenso für *Konvergenz* erklärt, wie deren Flügellosigkeit. Mit dem Verlust des Flugvermögens waren nicht bloß Umbildungen des Brustskelettes verbunden, sondern auch Umbildungen der Blutkonstitution, weil eben die ganze Lebensweise verändert wurde. Der von STEINECKE vermißte Fall von „Eiweißkonvergenz“ ist also hier gegeben.

Zum Schluß möchte ich noch aufmerksam machen auf eine im Biol. Zentralbl. 1914, Nr. 6, S. 385—415, von H. GLOCK veröffentlichte Arbeit *Rassenverwandtschaft und Eiweißdifferenzierung*. GLOCK kam durch seine Untersuchung sogar zum Schluß, der Wertkomplex „Blutsverwandtschaft“ sei wissenschaftlich überhaupt ausgeschaltet. Ich stimme ihm wenigstens in seiner Schlußfolgerung Nr. 6, S. 414, bei: „*Von der Eiweißverwandtschaft kann nicht ohne weiteres auf phylogenetische Verwandtschaft zurückgeschlossen werden.*“

Besprechungen.

Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes Rübel in Zürich. 1. Heft. Ergebnisse der Internationalen Pflanzengeographischen Exkursion durch die Schweizer Alpen 1923. Im Auftrage der Permanenten Kommission der I. P. E., redigiert von E. RÜBEL. 8°, 361 S. Zürich: Kommissionsverlag von Rascher & Co. 1924.

Zum ersten Male nach dem Weltkriege hat im Jahre 1923 wieder eine internationale pflanzengeo-

graphische Exkursion stattgefunden, an der, abgesehen von Schweizer Botanikern, 30 Teilnehmer aus 17 verschiedenen Staaten teilnahmen, und bei der im Laufe von 24 Tagen die wichtigsten und am meisten charakteristischen Teile der Schweizer Alpen (Umgebung von Zürich, Engadin, Luganer See, Wallis, Zermatt, Großer St. Bernhard, Montreux und Berner Oberland) besucht wurden. Eine kurze Chronik dieser wie auch der beiden vorangegangenen Exkursionen (1911 nach den Briti-

schen Inseln, 1913 durch Nordamerika) gibt der einleitende Bericht von C. SCHRÖTER (S. 7–28), der bezüglich der Schweizer Exkursion noch ergänzt wird durch die Mitteilungen von PAVILLARD und ALLORGE (S. 225–237), in welcher letzteren auch persönliche Eindrücke stärker zur Geltung kommen und auch mancherlei, wenn auch nur kurze Hinweise auf die pflanzensoziologischen Probleme und die bei der Exkursion für ihre Lösung erzielte Förderung eingestreut sind; es läßt sich daraus das Bild von einem durchaus harmonischen und wissenschaftlich überaus angeregten Verlauf der Exkursion gewinnen, deren Organisation offenbar vorzüglich vorbereitet war, und bei der der Zweck der Veranstaltung, eine persönliche Fühlungnahme zwischen den in verschiedenen Ländern tätigen Forschern herbeizuführen und ein Kennenlernen der Vegetation der bereisten Gebiete unter sachkundiger Führung zu vermitteln, im vollen Umfange erreicht worden ist. Die übrigen in dem vorliegenden Heft enthaltenen von verschiedenen Teilnehmern herrührenden Beiträge bringen, an bei Gelegenheit der Exkursion gemachte Beobachtungen anknüpfend, teils kürzere, teils eingehendere Ausführungen über bestimmte pflanzengeographische und insbesondere pflanzensoziologische Einzelfragen. Von diesen Beiträgen sei zunächst auf die umfangreiche Arbeit von G. E. DU RIETZ: Studien über die Vegetation der Alpen mit derjenigen Skandinaviens verglichen (S. 31–138), hingewiesen, die, mit einer ausführlichen auch noch Beobachtungen des Verf. in den Ostalpen mitverwertenden Übersicht über die beobachteten Assoziationen beginnend, in den anschließenden, den Vergleich von verschiedenen Gesichtspunkten aus durchführenden Betrachtungen auch auf verschiedene allgemeine Fragen, so insbesondere auf diejenige nach der Stabilität der Vegetation und nach den Grenzen und der Konstitution der Assoziationen eingeht. Bekanntlich (vgl. auch die Berichte in dieser Zeitschrift 10, 574–582. 1922; 12, 843–847. 1924) bestehen vor allem hinsichtlich der letzteren Frage zwischen den Schweizer Pflanzensoziologen und der von der Upsalaer Schule verfolgten Richtung ziemlich tiefgreifende Meinungsverschiedenheiten. Es ist nicht verwunderlich, daß DU RIETZ sich bemüht, zu zeigen, daß seine aus der skandinavischen Vegetation abgeleiteten methodologischen Prinzipien auch für diejenige der Alpen anwendbar sind, wozu freilich auch die Bemerkungen von PAVILLARD und ALLORGE über die Begrenztheit des Wertes der Quadratmethoden zu vergleichen sind; andererseits gibt Verf. aber auch seinen früheren Thesen über die Existenz scharfer Grenzen zwischen benachbarten Assoziationen auch bei kontinuierlicher Änderung der Standortsfaktoren und über die Zusammenhänge zwischen ökologischen Bedingungen und Vegetation eine Interpretierung, die den Eindruck zwar nicht einer vollständigen Preisgabe seines früheren Standpunktes, aber doch einer gewissen Konzession an die Auffassung seiner Gegner erweckt. Allerdings erstreckt sich diese Konzession offenbar nicht auf die ebenfalls umstrittene sehr enge Fassung des Assoziationsbegriffes seitens der Upsalaer Schule und die Einschätzung der sog. Konstanzgesetze; eine gewisse Annäherung an die Anschauungen von BRAUN-BLANQUET und PAVILLARD scheint sich dagegen bezüglich der Frage der Gruppierung der Assoziationen anzubahnen, indem Verf. die bisher von ihm angewendete Anordnung nach Formationen als nur auf praktischen Zweckmäßigkeitsgründen beruhend und ihre Ersetzung durch eine Gruppierung nach der floristischen Übereinstimmung als erstrebenswert bezeichnet. Im übrigen findet DU RIETZ bei seinem Vergleich,

daß in allgemein-physiognomischer Hinsicht die Vegetation der Alpen durchschnittlich einen viel trockneren und weniger geschlossenen Eindruck macht als diejenige der skandinavischen Gebirgskette, und daß zwar die Flora ihrer Gesamtartenzahl nach reicher, die Vegetation dagegen entschieden ärmer ist als in Skandinavien, weil die überwiegende Mehrzahl der Arten keine soziologische Rolle spielt und, von den Wiesen abgesehen, die Anzahl der assoziationsbildenden Arten kaum größer, in der Bodenschicht sogar bedeutend kleiner ist als in Skandinavien; er betont ferner die sehr viel stärkere Kulturbeeinflussung, die die Vegetation der Alpen zeigt, und führt eine Anzahl von Beispielen für übereinstimmende und für vikariierende Assoziationen beider Gebiete an.

Ebenfalls auf den Gesichtspunkt des allgemeinen Vergleiches eingestellt sind die kleineren Beiträge von R. LLOYD PRÄGER: Die Schweiz und Irland (S. 261 bis 274), und von C. REGEL: Nordische und alpine Vegetation (S. 275–284). Die Ausführungen des ersten betonen vor allem die Gegensätzlichkeit der Verhältnisse, die durch das relativ kontinentale Klima der Schweiz einerseits und das extrem ozeanische Irlands andererseits hervorgerufen wird; insbesondere geht er näher auf das für die westirische Flora bezeichnende Herabsteigen der arktisch-alpinen Flora bis zur Seeküste ein, wodurch ein eigenartiges Gemisch von südlichen und nördlichen Arten hervorgebracht wird, eine Erscheinung, die eher trotz als wegen der herrschenden klimatischen Bedingungen zustande gekommen sein dürfte, und deren befriedigende Erklärung wohl nur in florentwicklungsgeschichtlichen Momenten zu suchen ist. REGEL findet bei seinem Vergleich der phytosoziologischen Verhältnisse eine auffallende Ähnlichkeit im physiognomischen Charakter zwischen den Berghöhen und den arktisch-subarktischen Gebieten; die Pflanzenvereine sind zum Teil identisch, zum Teil handelt es sich um geographische Facies, die sich nur durch einige wenige nichtdominierende Arten voneinander unterscheiden, und nur zum geringeren Teil liegen völlig verschiedene Vereine vor, die bei physiognomischer Ähnlichkeit eine gänzlich verschiedene floristische Zusammensetzung besitzen. Die floristischen Unterschiede sind in erster Linie historisch bedingt, während die nicht unbeträchtlichen quantitativen Unterschiede im Auftreten gewisser Assoziationen und Assoziationskomplexe (z. B. Flechtenheiden und Moorkomplexe im Norden) sich auf klimatische und edaphische Verhältnisse zurückführen lassen.

Neben der Arbeit von DU RIETZ der umfangreichste Beitrag ist derjenige von K. LINKOLA: Waldtypenstudien in den Schweizer Alpen (S. 139–224). Er gibt zunächst eine Übersicht über die von ihm festgestellten Waldtypen¹⁾ und geht im Anschluß daran auf die Verbreitung und das Auftreten verschiedener Waldtypen in der Schweiz ein, wobei er findet, daß die Grenze zwischen Laub- und Nadelwaldstufe keinerlei beachtenswertere Scheidung in den Waldtypenverhältnissen bedeutet, daß dagegen eine wichtige Grenze weiter oben in der Nadelwaldstufe vorhanden ist, nämlich dort, wo die Scheidelinie zwischen Hainwäldern und reiser- und moosreichen Wäldern verläuft, eine Grenze, die sowohl durch ihre klimatische als besonders klimatisch-edaphische (Rohhumusbildung) Markierung als eine wichtige Vegetationsgrenze in phytosoziologischer wie in floristischer Beziehung angesprochen werden kann;

¹⁾ Über den von CAJANDER eingeführten Begriff der Waldtypen vgl. den Bericht in dieser Zeitschrift 12, S. 431. 1924.

Verf. schlägt deshalb vor, die Bezeichnungen montane und subalpine Stufe für die Hainwald- bzw. Reiserwaldstufe zu verwenden. Die weiteren Abschnitte der Arbeit behandeln das biologische Spektrum der verschiedenen Waldtypen, die Artenzahl der höheren Gewächse in denselben, die Zuwachsverhältnisse der Bäume, die Bodenflächen verschiedener Waldtypen im Dienste der landwirtschaftlichen Produktion, die Frage nach den Begleitpflanzen verschiedener Holzarten (es gibt nicht sowohl Begleiter bestimmter Bäume, als vielmehr solche bestimmter Waldtypen, z. B. haben die sog. Buchenbegleiter in ökologischer Beziehung die Eigenschaft, daß sie einen sehr guten Waldstandort, d. h. also Waldungen von besonders guten und anspruchsvollen Waldtypen verlangen, ohne aber streng an die Rotbuche als bestandbildenden Baum gebunden zu sein) und endlich die Unterscheidung der Waldtypen in der Praxis. In einem Schlußabschnitt wird dann noch die Anwendbarkeit der Waldtypeneinteilung für pflanzengeographische Untersuchungen zusammenfassend beleuchtet. Die übrigen Arbeiten behandeln zumeist spezielle Gegenstände aus der Hochgebirgsvegetation. So teilt L. DIELS (S. 28–30) einige Beobachtungen über die Lithophytenvegetation mit, bezüglich deren er bereits früher aus den Tiroler Dolomiten einen wichtigen Beitrag geliefert hat, und weist dabei auf das weite Arbeitsfeld hin, das die gründliche Analyse der Thallophyten-Bestände an Felsen für die künftige Forschung noch bietet. J. PODPERA gibt (S. 238–260) ein Verzeichnis der von ihm bei der Exkursion gesammelten Bryophyten, das mancherlei Interessantes über das standörtliche Verhalten verschiedener Moosarten und auch zur Klärung kritischer Formenkreise enthält. SALISBURY (S. 285–288) teilt eine Anzahl von Beobachtungen mit, die sich auf das zum Teil gleichartige, zum Teil aber auch scharf kontrastierende Verhalten bestimmter Pflanzenarten zur Gesteinsunterlage in der Schweiz einerseits, in England andererseits beziehen; eine besonders schwer zu erklärende Anomalie stellen einige nördliche Arten dar, die in der Schweiz in der Hauptsache auf Kalkboden beschränkt sind, in England dagegen sich indifferent verhalten, und es lehren jedenfalls diese wie auch manch andere Fälle, wie weit wir noch von einem vollen Verständnis der Beziehungen zwischen Boden und Pflanzenverbreitung und einer rationalen Auflösung der in dem Komplex von Klima und Boden enthaltenen Faktoren entfernt sind. Der Beitrag von F. SCHUSTER: *Le problème de l'équivalence des groupements végétaux à la limite supérieure de la forêt dans les montagnes de l'Europe Centrale* (S. 289–299), wendet sich gegen die im allgemeinen herrschende Auffassung von der relativen Gleichwertigkeit der die Waldgrenze bildenden Bestände. Der Verf. hat zweifellos recht, wenn er im Hinblick auf die recht verschiedenartigen Ansprüche verschiedener Baumarten in klimatischer und edaphischer Hinsicht betont, daß die oberen Grenzen nur dann als bezüglich des allgemeinen klimatischen Charakters der Vegetation gleichwertig betrachtet werden dürfen, wenn es sich um dieselbe Baumart (oder evtl. Rasse) handelt, während z. B. ein Arvenwald, in dem das Unterholz eine dominierende Rolle spielt, und der eigentlich nur noch im physiognomischen, nicht aber im ökologisch-soziologischen Sinne einen wirklichen Wald darstellt, nicht wohl mit einem anderwärts die Waldgrenze bildenden Fichtenwald parallelisiert werden kann. Es ergibt sich also die Aufgabe, die Höhengliederung nicht ausschließlich auf die Baumgrenze zu basieren, sondern sich dabei auf vergleichende floristische, ökologische und soziologische Studien zu stützen. Verf.

gelangt hierbei zu folgender Gliederung: I. Montane oder Waldstufe, gegliedert in die Horizonte 1. der Buche, 2. der Tanne, 3. der Fichte. II. Stufe der Gebüsche und Matten (alpine Stufe im weitesten Sinne), gegliedert in a) Stufe der Bergheiden (subalpine Stufe der Nanophanerophyten und holzigen Chamäphyten mit aufrechtem Stamm) und b) Stufe der Matten (obere alpine Stufe der Hemikryptophyten und Chamäphyten) mit den beiden Horizonten 1. der zusammenhängenden Matten und 2) der diskontinuierlichen Rasenflecke und Polsterpflanzen (subnivale Stufe). Freilich dürften sich gegen diese Gliederung wiewohl überhaupt gegen jedes feste Schema nicht unbegründete Einwendungen erheben lassen; die vom Verf. angenommene Gleichwertigkeit der zentralalpiner Arvenwälder, der Rhododendron- und Krummholzbestände in anderen Alpengebieten sowie in den Westkarpathen und Sudeten und der Vaccinium-Bergheiden des Brockengipfels z. B. erscheint dem Referenten doch einigermaßen anfechtbar, und schließlich geht bei der Zurechnung des Arvenwaldes zu der Stufe II a doch der immerhin nicht unwesentliche Gesichtspunkt ganz verloren, daß, soweit die Ursache nicht in anthropogenen Einflüssen zu suchen ist, das Aufhören des Baumwuchses eben doch auf das Vorhandensein eines baumfeindlichen Klimafaktors hinweist, mag dieser auch keineswegs überall der gleiche sein und mag auch die jeweils gegebene Kombination der klimatischen und edaphischen Faktoren den Charakter der übrigen Vegetation in verschiedenartiger Weise bestimmen.

Der Beitrag von W. SRAFER (S. 300–310) behandelt die Schneetälchenassoziationen der Schweizer Alpen und der Tatra; er findet eine weitgehende Übereinstimmung sowohl hinsichtlich der floristischen Zusammensetzung als auch hinsichtlich der soziologischen Struktur und der ökologischen Verhältnisse, so daß es ihm als das richtigste erscheint, die Schneetälchenassoziation auf Urgestein in der Tatra als eine geographische Rasse derselben Assoziation in den Alpen zu betrachten. Daneben kommt auch einem von ihm näher beschriebenen scheinbaren Vorkommen von Schneetälchen auf Kalk auf dem Ciemniak in der Tatra ein nicht unbedeutendes Interesse zu; Verf. konnte zeigen, daß hier überall unter den Schneetälchen sowie in den tieferen Spalten des Kalkfelsens ein grober Granitschutt vorhanden ist, und er macht es ferner auf Grund der geologisch-tektonischen Verhältnisse wahrscheinlich, daß es sich dabei um die Verwitterungsreste einer ehemaligen Granitdecke handelt und dementsprechend eine eigentümliche Sukzessionsreihe vorliegt, in der die Granitflora das primäre Glied darstellt.

Als überaus inhaltsreich, und auf einer tiefgründigen Kenntnis der einschlägigen Verhältnisse beruhend, verdient endlich die Arbeit von F. VIERHAPPER: Beitrag zur Kenntnis der Flora der Schweiz nebst vergleichend-pflanzengeographischen Betrachtungen über die Schweizer und Ostalpen (S. 311–361) bezeichnet zu werden. Im ersten Teile vergleicht der Verf., dem wir bereits eine Anzahl schöner Arbeiten über die Pflanzengeographie der österreichischen Alpenländer verdanken, eine Anzahl homologer Pflanzengesellschaften beider Gebiete und liefert durch seine treffliche Herausarbeitung sowohl der übereinstimmenden wie auch der voneinander abweichenden Züge einen wertvollen Beitrag zu einer Arbeitsrichtung, deren vertiefte Ausschöpfung sich in der neueren Pflanzensoziologie mehr und mehr als ein dringendes Bedürfnis erwiesen hat. Daran schließt sich eine vergleichende Betrachtung der Florenelemente. Neben einem viele Arten umfassenden und sich auf alle Hauptelemente erstreckenden gemeinsamen Besitz

weist jedes der beiden Gebiete auch einen Sonderbesitz auf, der besonders in solchen Arten des mitteleuropäisch-alpinen und Alpelementes hervortritt, die man als pyrenäisch-westalpin und karpathisch-ostalpin bzw. als westalpin und ostalpin bezeichnen kann, wozu auch noch mehrere arktisch-altaische und einzelne alpin-nordeuropäische, arktische und altaische Sippen hinzukommen. Die genauere Verfolgung dieser Verbreitungserscheinungen läßt erkennen, daß die Ausdehnung der betreffenden Areale in westöstlicher Richtung keineswegs eine gleichmäßige ist, und daß insbesondere die Katschberg—Radstädter Tauernpaßlinie, aber auch die Traun-, Lech-, Brenner- und Simplonlinie als Verbreitungsgrenzen eine wichtige Rolle spielen. Eine besondere Erwähnung erfahren im Anschluß an diese Betrachtungen noch die vikariierenden Sippen beider Gebiete, d. h. solche Paare von Arten, Rassen, Varietäten usw., die, mutmaßlich von je einer gemeinsamen Urform stammend, sich in getrennten oft klimatisch oder edaphisch verschiedenen Gebieten entwickelt haben und sich in ihrer Verbreitung entweder horizontal oder vertikal ausschließen. Neben echten sind auch falsche Vikaristen vertreten, die, auch miteinander nahe, aber nicht zunächst verwandt, sich in benachbarten Gebieten oft gewissermaßen ökologisch ersetzen, wobei jedoch ihre Areale nicht selten teilweise übereinander greifen. Der letzte Abschnitt der Arbeit endlich ist der ausführlichen Besprechung einer Anzahl vom Verf. bei der Exkursion gesammelter, als kritisch oder sonstwie bemerkenswert erscheinender Formen gewidmet, wobei neben der Beschreibung einzelner neuer Formen auch noch die auf den Vikarismus bezüglichen Erscheinungen an einzelnen zum Teil ziemlich komplizierte Verhältnisse bietenden Beispielen näher erläutert werden. W. WANGERIN, Danzig-Langfuhr.

FLEISCHER, MAX, Die Musci der Flora von Buitenzorg. Zugleich Laubmoosflora von Java, mit Berücksichtigung aller Familien und Gattungen der gesamten Laubmooswelt. 4. Band, enthaltend die Bryales: Hypnobryales, Buxbaumiales, Diphysciales, Polytrichales. Leiden: E. J. Brill 1922. S. XXXI und 1105—1729 und 84 Sammelabbildungen. 17 × 25 cm.

Der erste Band begann im Jahre 1900 zu erscheinen, der vorliegende letzte Band schließt die Arbeit eines Vierteljahrhunderts ab. Ursprünglich nur als eine Moosflora von Java angelegt, ist der Verf. mit seinem Werke gewachsen, was sich auch daraus ergibt, daß der Untertitel erst im dritten Bande erscheint. Es umschließt zugleich einen der wichtigsten, wenn nicht den wichtigsten, Abschnitt in der Entwicklung des wissenschaftlichen Systems der Laubmoose. Dies war gekennzeichnet durch die übertriebene Bewertung des die Sporenaussaat regelnden Organs, des Peristoms, und durch die Überbewertung anatomischer Merkmale. Während die einseitige Bevorzugung des Peristoms bis auf die Anfänge der Entwicklung des Moossystems zurückgeht, haben sich die anatomischen Verhältnisse erst durch die in hohem Grade verdienstvollen Arbeiten K. G. LIMPRICHTS (im Anschluß an C. LORENTZ) einen hohen Rang bei den Bryologen erworben. Als sich aber herausstellte, daß auch die anatomischen Einzelheiten bei den Moosen nicht unerheblichen Schwankungen unterworfen sein können, drang schließlich die Forderung durch, im System der Moose nicht mehr das eine oder andere Organ vorherrschend als Einteilungsprinzip zu verwenden, sondern stets alle Merkmale zu prüfen und zu berücksichtigen und das Moossystem damit auf eine natürlichere Grundlage zu stellen.

Diese Entwicklung verkörpert sich in FLEISCHERS

Werk, dessen erster Band noch die alten systematischen Grundlagen benutzt, während der dritte und vierte mit einem durchgearbeiteten neuen Moossysteme abschließen, das alle Bryologen von Rang angenommen und womit sie seine Bedeutung anerkannt haben.

Ist somit die Wichtigkeit des Werkes nach allgemeinen Gesichtspunkten durch das Gesagte gekennzeichnet, so würde es des weiteren wenig Zweck haben, aus dem, einen ungeheuren Stoff bewältigenden Lebenswerke des Verf. noch Einzelheiten willkürlich herauszugreifen. Kunstmalerei von Beruf, hat er es auch in zeichnerischer Hinsicht mit einer Genauigkeit und Vollendung ausgestattet, wie es bisher auf diesem Gebiete nicht bekannt gewesen war!

Seiner Entstehung nach ist das Werk, herausgegeben vom *Jardin Botanique de l'Etat* in Haag, ein holländisches. Zugleich ist es das Werk eines deutschen Künstlers und Gelehrten, eine allgemeine Weltmoosflora, die ihrem Range und ihrer wissenschaftlichen Bedeutung nach auf ihrem Gebiete einzig dasteht!

LEOPOLD LOESKE, Berlin.

SCHMEIL, O., Lehrbuch der Botanik für höhere Lehranstalten und die Hand des Lehrers sowie für alle Freunde der Natur. 46. verbesserte Auflage. Leipzig: Quelle & Meyer 1925. XIX, 490 S., 34 farbige und 46 schwarze Tafeln und zahlreiche Textbilder. 16 × 23 cm. Preis 14 Goldmark.

„Die Anschauung ist das absolute Fundament aller Erkenntnis“. Dies Pestalozzi-Wort leitet das Lebenswerk SCHMEILS, dessen Lehrbuch der Botanik jetzt in 46. Auflage vorliegt — ein Zeichen der hohen Anerkennung, die das Buch sich erworben hat. Auch diese neue Auflage behält die alte, bewährte Art der Einteilung bei, geht nicht zu der jetzt so beliebten Aufzählung der Individuen einer Lebensgemeinschaft, einer Aneinanderreihung von Namen, über. Die Systematik ist einwandfrei, nur könnte man vielleicht auch in bezug auf Schleimpilze, Spaltalgen und Spaltpilze der wissenschaftlichen Systematik folgen; das würde die Schülerübungen durchaus nicht erschweren. Für das Kapitel „Anatomie und Physiologie“ eine Bitte: Einteilung nach Systemen (Assimilations-, Leitungs-, Speichersystem usw.). Ganz hervorragend ist das überaus reiche Bildermaterial, sowohl die Zeichnungen, als auch die Naturausschnitte aus Heimat und Fremde. Ich kann mir wohl denken, daß außer den Schülern auch ein alter Mensch, der längst Schulbank und Lehrtafel hinter sich liegen sieht, gern wieder einmal zu diesem Führer und Freund der eigenen Jugendzeit zurückgreift. G. WEISSHUHN, Berlin.

Das Pflanzenreich (Regni vegetabilis conspectus), im Auftrage der Preußischen Akademie der Wissenschaften herausgegeben von A. ENGLER. — Heft 85: Euphorbiaceae, Crotonoideae, Acalyphaceae, Acalyphiaceae und Euphorbiaceae, Additamentum VII (231 S., mit 22 Einzelbildern in 3 Fig.), von F. PAX und K. HOFFMANN. — Heft 86: Cruciferae, Sisymbriaceae (388 S., mit 857 Einzelbildern in 74 Fig.), von O. E. SCHULZ. — Heft 87: Dioscoreaceae (387 S., mit 480 Einzelbildern in 69 Fig.), von R. KNUTH. — Heft 88: Cucurbitaceae, Cucurbitaceae, Cucurbitaceae (246 S., mit 321 Einzelbildern in 26 Fig.), von A. COGNIAUX und H. HARMS. — Leipzig: Wilh. Engelmann 1924.

Die Mehrzahl der stattlichen im Vorjahre neu erschienenen Hefte des großen mit seinem erfreulichen stetigen Fortschreiten naturgemäß immer wertvoller werdenden Sammelwerkes enthält Fortsetzungen von Monographien umfangreicherer Familien, die bereits in früheren Heften begonnen waren. Von ihnen ist die bisher größte und zugleich am weitesten fortge-

schrittene die Paxsche Euphorbiaceenmonographie, deren neues Heft der Gattung *Acalypha* gewidmet ist, welche bei ziemlich isolierter Stellung innerhalb der Familie noch am meisten zu den *Mercurialinae* Beziehungen zeigt. Die Gattung, von der insgesamt 390 sichere Arten beschrieben werden, dehnt ihr Verbreitungsgebiet über die Tropen und Subtropen der Alten und der Neuen Welt aus, wobei aber die Dichtigkeit der Verbreitung eine recht wechselnde ist, so daß sich deutlich einige Hauptentwicklungsgebiete (das Hochland von Mexiko als das bei weitem artenreichste, die südamerikanischen Anden zwischen dem 10° n. Br. und dem 20.° s. Br., die südbrasilianische Provinz und das Hochland von Ost- und Südostafrika) mit anschließenden Ausstrahlungsgebieten abzeichnen. Der Artenreichtum ist am größten in Hochländern und den niederen Lagen der tropischen Gebirge; eigentliche Urwaldgebiete dagegen werden gemieden, und in der Wüste fehlt die Gattung ganz. Diese Verbreitung über ein großes, jetzt durch Weltmeere unterbrochenes Areal läßt auf ein hohes Alter der Gattung schließen; ihr Ursprung dürfte nach Ansicht der Verf. in die Kreide oder das früheste Tertiär zurückreichen und der Entstehungsherd auf der einstigen Südatlantis zu suchen sein. Hinsichtlich der Wuchsform sind die zahlreichen Arten der Gattung recht mannigfach; meist handelt es sich um Sträucher, Halbsträucher oder Bäume, doch sind nicht wenige Arten auch einjährig. Ferner ist von morphologischem Interesse auch die Variabilität in der Verteilung der Geschlechter in den Blütenständen, welche zugleich auch das für die schwierige Aufgabe der systematischen Gliederung wichtigste Merkmal darstellt. In dem Anhang (S. 179—204) werden Nachträge zu früheren Teilen der Monographie gebracht, hauptsächlich inzwischen neu bekannt gewordene Arten betreffend, von denen ein erheblicher Teil von der Verf. selbst beschrieben wird. — Die *Sisymbrieae*, deren Bearbeitung SCHULZ in Fortsetzung seiner Cruciferenmonographie bietet, stellen eine umfangreiche (64 Gattungen, davon einige ziemlich groß) Gruppe der schwierigen Familie dar, die auch in der mitteleuropäischen Flora vertreten ist, wenngleich die Mittelmeerländer, Zentralasien und die Gebirge von Mittel- und Südamerika ihre Hauptentwicklungszentren darstellen, neben denen auch noch Australien sich durch den Besitz von einigen eigenartigen Gattungen auszeichnet. Im allgemeinen Teil werden die Bauverhältnisse der Früchte und Samen besonders ausführlich behandelt; Verf. hat gefunden, daß gerade bei dieser Gruppe die Orientierung des Würzelchens gegenüber den Keimblättern wegen ihrer außerordentlichen Konstanz ein für die Charakteristik und Abgrenzung wesentliches Merkmal darstellt, und es ist ihm ferner auf Grund seiner eingehenden Untersuchungen gelungen, die Einteilung der Gruppe mit Hilfe von zum Teil allerdings ziemlich subtilen Merkmalen

auf eine neue Basis zu stellen. — Die Fortsetzung der Cucurbitaceenmonographie enthält ebenfalls die Bearbeitung einer ziemlich großen Zahl (Nr. 37—61) von Gattungen, die zwar, von *Bryonia* abgesehen, keine ursprünglich bei uns heimischen Formen enthalten, unter denen sich aber zahlreiche als wichtige Kulturpflanzen (z. B. *Citrullus*, *Luffa* und besonders *Cucumis*) oder wegen besonderer biologischer Eigentümlichkeiten (z. B. die Spritzgurke *Ecballium*) wohlbekannte Typen befinden. Das von dem verstorbenen COGNIAUX hinterlassene Manuskript ist von HARMS, der in neuerer Zeit auch verschiedene andere Beiträge über die Familie veröffentlicht hat, druckfertig gemacht worden; ein besonderes Verdienst hat der letztere sich dadurch erworben, daß er bei allen Gattungen und Arten, die als Nutzpflanzen eine Rolle spielen oder deren morphologische, biologische oder sonstige Verhältnisse eingehender untersucht worden sind, überaus inhaltsreiche und sorgfältige Ergänzungen über die Verwendung, die Heimat, die Sorten, morphologische und biologische Eigentümlichkeiten usw. eingefügt hat.

Auch die von KNUH bearbeitete Familie der Dioscoreaceen, die in der mitteleuropäischen Flora nur durch die mediterran-atlantische *Tamus communis* vertreten ist, enthält in den Jamswurzeln (*Dioscorea Batatas* u. a.) einige bekannte Nutzpflanzen wärmerer Länder. Sie umfaßt 9 Gattungen, von denen *Dioscorea* mit über 600 Arten die bei weitem umfangreichste ist. Letztere ist über den ganzen Tropengürtel verbreitet und zeigt in Südostbrasilien ihre stärkste Entwicklung, während in der Alten Welt Hinterindien mit dem südöstlichen China an erster Stelle steht und nächst dem auch Afrika (hier u. a. in Südafrika die „Schildkrötenpflanze“, *D. [Testudinaria] elephantipes*, ein durch den riesigen knolligen Grundstock morphologisch und biologisch in gleicher Weise interessanter extremer Xerophyt) eine beträchtliche Zahl von Arten aufweist; in Europa kommen nur zwei nahe verwandte Arten im Kaukasus und Balkan vor, außerdem in den Hochpyrenäen noch die monotype Gattung *Borderea*. Ohne auf Einzelheiten näher eingehen zu können, sei doch wenigstens hervorgehoben, daß der allgemeine Teil der Monographie, abgesehen von der Schilderung der morphologischen Verhältnisse, auch eine sehr eingehende Darstellung von den Zusammenhängen zwischen systematischer Gliederung der verschiedenen Untergattungen und Sektionen mit der geographischen Verbreitung enthält und auch die phylogenetischen Beziehungen der Gattungen zueinander und die verwandtschaftliche Stellung der ganzen Familie behandelt. In letzterer Hinsicht betont Verf. die Beziehungen zu den Amaryllidaceen und Taccaceen und lehnt die neuerdings wieder vertretenen Anschauungen von einer Verwandtschaft mit den Aristolochiaceen, wodurch die Familie aus dem Rahmen der Monocotylen ganz herausfallen würde, ab. W. WANGERIN, Danzig-Langfuhr.

Technische Mitteilungen.

Straßenbahn und Kraftomnibus im Großstadtverkehr. Die Frage, ob der Kraftomnibus dazu bestimmt ist, die elektrische Straßenbahn vollständig aus dem verkehrsdichten Innern der Großstädte zu verdrängen, beschäftigt die Verkehrstechniker schon seit etwa 20 Jahren, seitdem nämlich die ersten, damals von deutschen Firmen gebauten Kraftomnibusse in den Straßen von London in Betrieb gesetzt wurden. Aber obgleich seit dieser Zeit die Zahl der Kraftomnibusse ungeheuer zugenommen hat, kann man auch heute

noch nicht sagen, daß das Problem eindeutig entschieden worden ist.

Die Schwierigkeit dieser Frage ist namentlich darin zu suchen, daß mit ihr eine große Zahl anderer Fragen verknüpft sind, deren Entscheidung nicht ohne weiteres möglich ist. Dazu kommt, daß wie bei allen Fragen, die die Öffentlichkeit angehen, auch politische Rücksichten mitspielen und daher die Entscheidungen nicht ausschließlich vom sachlichen Standpunkt aus gefällt werden können.

Wenn daher im nachstehenden der Versuch unternommen wird, den Leser dieser Zeitschrift über den Stand dieser Frage nach den bisherigen Erfahrungen in den meisten Großstädten der Welt zu unterrichten, so darf man natürlich kein abschließendes Urteil zu gunsten des einen oder des anderen Verkehrsmittels erwarten, das heute nicht möglich wäre, sondern nur eine unbeeinflusste Darlegung des Standes der Angelegenheit und der Aussichten, die sich für eine endgültige Lösung des Problems eröffnen.

Daß der Kraftomnibus das erste Verkehrsmittel ist, das der elektrischen Straßenbahn seit ihrer Einführung wirklich empfindlichen Wettbewerb bereiten konnte, steht heute fest. In allen Großstädten, wo neben größeren Netzen von Straßenbahnlinien Kraftomnibusse ihren Verkehr aufgenommen haben, konnte man beobachten, daß von diesem Zeitpunkt an die bis dahin gleichmäßige Steigerung des Straßenbahnverkehrs jäh unterbrochen wurde, und obgleich der Gesamtverkehr, namentlich in den Jahren nach dem Kriege, schnell zunahm, bei den Straßenbahnen keine Steigerung der Verkehrszahlen zu verzeichnen war. Die Vorliebe der Großstädter wandte sich sofort dem neuen Verkehrsmittel zu, so unvollkommen es in bezug auf Geräusch- und namentlich auf Geruchlosigkeit in den ersten Zeiten auch sein mochte, und an den Verkehrszahlen der Untergrundbahnen in London und Paris konnte man sogar erkennen, daß selbst diese Verkehrsmittel unter dem Wettbewerb der Kraftomnibusse zu leiden hatten, obgleich sie als Bahnen für die Schnellverbindung zwischen weiter voneinander entfernten Punkten nicht unmittelbar durch den Verkehr auf der Oberfläche der Straße berührt wurden.

Dieser Erfolg der Kraftomnibusse gründet sich zweifellos auf wirklich vorhandene technische Vorzüge und nicht auf vorübergehende Launen der Großstadtbevölkerung. Wegen ihrer Unabhängigkeit von Schienenwegen und wegen ihrer im Verhältnis zum Gewicht hohen Motorleistung haben diese Fahrzeuge eine viel größere Beweglichkeit als die Straßenbahnwagen, was sich insbesondere im dichten Verkehr der Großstadt, wo häufiges Anfahren und Bremsen notwendig ist und Straßenbahnen durch Hindernisse aufgehalten werden, denen der Kraftomnibus noch ausweichen kann, in einer erheblichen Verkürzung der Reisedauer geltend macht, obgleich die Höchstgeschwindigkeit des Kraftomnibusses nur selten die der Straßenbahn erreicht. Mit dieser Überlegenheit in bezug auf die Dauer der ganzen Reise verbindet der Betrieb des Kraftomnibusses die Bequemlichkeit des Ein- und Aussteigens an der Bord-schwelle ohne Überschreiten des Fahrdammes und vor allem die geringe Höhe des erforderlichen Anlagekapitals, das bei Straßenbahnen zu einem großen Teil von den Baukosten der beim Kraftomnibusbetrieb entfallenden Gleise und der Fahrleitung verschlungen wird.

Auf der anderen Seite hat sich aber ergeben, daß die engen Straßen im Inneren der Großstädte bei weiterer Zunahme des Verkehrs mit Kraftomnibussen sehr leicht an der Grenze ihrer Leistungsfähigkeit anlangen können, daß man also dann mit starker Stauung der Fahrzeuge an den wichtigeren Verkehrspunkten rechnen muß, die auf Kosten der Reisegeschwindigkeit und der erreichbaren Transportleistung des Fahrzeuges geht. In London hat z. B. die Anzahl der Kraftomnibusse im Laufe des Jahres 1924/1925 von 3664 auf 5502 zugenommen, so daß die Regierung gezwungen war, durch gewisse Maßnahmen den weiteren Zustrom namentlich der ohne bestimmten Fahrplan verkehrenden Wagen einzuschränken.

Gegen den Kraftomnibus macht man ferner auch geltend, daß sein Betrieb insofern zum Teil auf öffentliche Kosten erfolge, als die Omnibus-Gesellschaften im Gegensatz zur Straßenbahn nicht verpflichtet seien, die von ihnen befahrene Straße zu erhalten. Wenn man aber davon absieht, daß es bei den vielfach in städtischen Händen befindlichen Omnibus-Unternehmungen an sich gleichgültig ist, ob diese selbst oder ob die Stadt die Kosten der Straßenerhaltung trägt, weil die etwaigen Überschüsse in der gleichen Kasse verbleiben, so ist die Heranziehung der Straßenbahnen zu den Straßenkosten doch weit tiefer begründet, einmal wegen der höheren Rechte, die dieses Verkehrsmittel nach dem Kleinbahngesetz genießt, und dann auch deshalb, weil die Gleise den Straßenkörper in besonders hohem Grade beanspruchen und viele Ausbesserungen, namentlich der asphaltierten Straßendecken vor allem durch die Straßenbahnschienen notwendig werden. Eine Verbesserung in dieser Hinsicht bieten die neueren Verfahren zum Bau solcher Straßen, wobei die Gleiszone mit sauber behauenen Granitwürfeln ausgeflastert wird, deren Zwischenräume und Anschlußstellen an die Asphaltdecke mit Pech ausgegossen werden.

Die wirtschaftlichen Ergebnisse der Straßenbahnen sind in den letzten Jahren nicht so sehr durch den Wettbewerb der Kraftomnibusse als durch die verhältnismäßig niedrigen Fahrpreise beeinträchtigt worden, die die mittlere Einnahme für je einen beförderten Fahrgast sehr beeinträchtigen. Diese Einnahme ist im allgemeinen wesentlich geringer als bei den Kraftomnibussen, deren Betrieb zudem von den großen Lasten des Kapitaldienstes und den Straßenausbesserungen nicht im gleichen Maß betroffen wird. Diesem Nachteil der Straßenbahnen gegenüber macht es wenig aus, daß die reinen Betriebsausgaben der Kraftomnibusse, berechnet auf 1 km zurückgelegte Strecke, höher als bei den Straßenbahnen sind und daß auch die Abschreibungen auf die Fahrzeuge wegen ihrer höheren Abnutzung höher angesetzt werden müssen.

In bezug auf die Leistungsfähigkeit bei der Beförderung von stoßartig auftretenden Menschenmassen ist allerdings die Straßenbahn dem Kraftomnibus insofern überlegen, als ein Straßenbahnwagen mit Anhänger einschließlich der stehenden etwa 150, der Kraftomnibus mit Oberdeck dagegen bei äußerster Belastung nicht viel über 60 Menschen auf einmal aufnehmen kann. Berücksichtigt man aber, daß die Zahl der Kraftomnibusse, die gleichzeitig bereitgestellt werden können, nicht so beschränkt ist, wie bei den an die Gleise gebundenen Straßenbahnen und daß die Kraftomnibusse wegen ihrer höheren Reisegeschwindigkeit eine gegebene Strecke auch öfter als eine Straßenbahn zurücklegen, so dürfte, von besonderen Ausnahmen abgesehen, in bezug auf die Leistungsfähigkeit bei der Bewältigung des Massenverkehrs nicht viel zu gunsten der Straßenbahn übrig bleiben.

Die Frage, ob der Kraftomnibus die Straßenbahn im Großstadtverkehr ersetzen kann, hängt also nicht, wie man bisher vielfach angenommen hatte, von der Breite der vorhandenen Straßen ab, oder von der Straßenfläche, die das Beförderungsmittel für einen beförderten Fahrgast beansprucht. Denkt man sich z. B. in der Potsdamer und der Leipziger Straße von Berlin die Straßenbahngleise beseitigt und den ganzen Straßendamm für den Verkehr von Kraftomnibussen verfügbar gemacht, so würde sich hierdurch nicht etwa eine Stauung, sondern vielleicht sogar eine Erleichterung in der Abwicklung des Verkehrs ergeben. Allerdings ist die Zeit des Überganges sehr schwierig, weil auf der einen Seite die nicht voll ausgenützten Straßen-

bahnwagen die Straßenbreite beengen und auf der anderen Seite noch nicht genug Kraftomnibusse im Verkehr sind.

Mit dem Nachweis, daß theoretisch eine Besserung erreicht werden kann, wenn man in gewissen, besonders stark befahrenen Hauptverkehrsstraßen von Großstädten die Straßenbahn völlig beseitigt und die Breite des Straßendamms voll für den Verkehr mit Kraftomnibussen frei macht, soll der Straßenbahn ihre Daseinsberechtigung in Großstädten keineswegs abgesprochen werden. Denn der Kraftomnibus ist der Straßenbahn als Verkehrsmittel nur in einem Umkreis von etwa 7 km um das besonders verkehrsreiche Stadtinnere überlegen. Darüber hinaus steigen die Betriebskosten des Kraftomnibusses gegenüber denen der Straßenbahn so schnell, daß sich hier der Wettbewerb mit der Straßenbahn von selbst verbietet. H.

Eigenschaften des Glases. Wie mehrfach durch Aufnahme von Röntgenspektrogrammen¹⁾ nachgewiesen wurde, entspricht der innere Aufbau des starren Glases durchweg dem einer Flüssigkeit. Damit bestätigt sich die insbesondere durch die Arbeiten von TAMMANN²⁾ begründete Ansicht, daß festes Glas eine unterkühlte Flüssigkeit oder Lösung darstellt, also insofern etwas Regelwidriges, als fast alle anderen Stoffe beim Abkühlen in der Weise erstarren, daß die in der Flüssigkeit regellos verteilten Moleküle sich unvermittelt ordnen und zu wohlgeordneten festen Krystallen oder Krystalliten zusammentreten. Wenn durch lang anhaltendes Erhitzen bei höheren Temperaturen zwar auch beim Glase sich ein gewisses Krystallisationsbestreben bemerkbar machen kann, so geht doch nach allgemeiner Ansicht flüssiges Glas beim Abkühlen ganz allmählich in den knetbaren, teigigen und schließlich in den starren, spröden, unterkühlten Zustand über, wobei sich anscheinend alle Eigenschaften fortlaufend und ohne Sprung ändern. Neuere Forschungen haben jedoch ergeben, daß sich hierbei deutlich mindestens drei Zustände in Abhängigkeit von der Temperatur unterscheiden lassen, die nach ihrem molekularen Aufbau verschieden sind und durch ihr Verhalten die Art der Arbeitsverfahren bei der Glasherstellung maßgebend beeinflussen³⁾.

Das flüssige Glas bei Schmelztemperatur (etwa 1400°) ist, entsprechend dem elektrolytischen Charakter seiner Leitfähigkeit, als eine Salzlösung aufzufassen (Silikate, Borate usw. gelöst in Glassäuren, wie Kieselsäure, Borsäure u. a.). Es stellt somit ein Gemisch von Ionen und von Molekülen des Lösungsmittels dar, die bei höchsten Temperaturen vielleicht einzeln vorliegen, im allgemeinen aber wohl als assoziiert zu denken sind. Die Eigenschaften dieses Gemisches, wie Löslichkeit, Verdampfung usw., sind durch die Gesetze der physikalischen Chemie bestimmt.

Das hieraus durch Abkühlung im Gebiet der Arbeitstemperatur (unterhalb etwa 1000°) entstehende zähe Glas dürfte insofern einen anderen molekularen Aufbau besitzen, als hierbei einzelne Silikat-Ionen und assoziierte SiO_2 -Moleküle zu größeren Komplexen zu-

sammentreten, zwischen denen sich kleinere Teilchen, insbesondere die Alkali-Ionen, rascher bewegen können. Dieser Zustand zeigt also eine gewisse Ähnlichkeit mit kolloiden Lösungen (Solen). Die Abhängigkeit der Menge und Größe der Sol-Teilchen von der Temperatur bestimmt die Eigenschaften, von denen arbeitstechnisch besonders wichtig die rasche Änderung der Zähigkeit ist (Verdoppelung für je etwa 5–12°). Bemerkenswert ist der Einfluß, den die zweiwertigen Ionen (und dreiwertige) ausüben. Vergleicht man⁴⁾ den Zähigkeitsverlauf eines reinen Natron-Kieselsäureglases mit dem eines ähnlichen, in dem ein Teil des Natrons durch z. B. Kalk ersetzt ist dadurch, daß man den Unterschied beider Zähigkeiten in Abhängigkeit von der Temperatur aufträgt, so ergibt sich dieser für höhere Temperaturen als nur gering und fast gleichbleibend. Von einer gewissen Temperatur ab (Aggregations-Temp.) zeigt jedoch das Kalkglas eine ständig zunehmende Vergrößerung der Zähigkeit, und zwar um so stärker, je mehr Alkali im Glase durch Kalk ersetzt wurde. Die Ca-Ionen fördern also die Bildung größerer Ionen-Komplexe. Von der Aggregations-Temperatur an abwärts wird auch die Krystallisationsneigung erkennbar, wobei aber trotz des großen Häufungsbestrebens der Teilchen ihr Ordnungsbestreben unmerklich klein bleiben kann.

Der Anschein eines fortlaufenden Überganges des zähen Glases in festes entsteht infolge der Langsamkeit, mit der sich das Gleichgewicht des inneren Aufbaues einstellt. Tatsächlich läßt sich beim Festwerden eine Wärmeemission⁵⁾, also eine Unstetigkeit, beobachten. Sorgt man durch langsames Abkühlen für die Ausbildung des Gleichgewichts (im sog. Kühlverfahren), so läßt sich zeigen, daß derartige festes Glas (bei technischen Gläsern etwa unterhalb 400–500°) andere Eigenschaften besitzt als zähes. Trägt man z. B. die Ausdehnung gut gekühlten Glases in Abhängigkeit von der steigenden Temperatur auf, so entstehen zwei gerade Linien mit einem Knickpunkt (für B_2O_3 -Glas⁶⁾ z. B. bei etwa 260°, für SiO_2 -Glas⁷⁾ bei 1000°) und die Ausdehnungszahl oberhalb dieses Knickpunktes ist um ein mehrfaches,omal und noch mehr, größer als unterhalb. Bei optischen Gläsern finden sich meist 3 Grade mit 2 Knickpunkten, oder noch kompliziertere Verhältnisse⁸⁾. Gleichgelegene Knicke ergeben sich für den Logarithmus des elektrischen Widerstandes in Abhängigkeit vom Kehrwert der absoluten Temperatur⁹⁾. Auch für die Lichtbrechung und andere Eigenschaften scheint ähnliches zu gelten. Verfolgt man die Wärmezufuhr zu einem Glaspulver oberhalb des höchst gelegenen Haupt-Knickpunktes (Transformations-Temp.), so ergibt sich deutlich eine Wärmeabsorption, die sich bis 50° vom Transformationspunkt an aufwärts erstreckt⁹⁾.

Alle diese Erscheinungen mögen sich vielleicht erklären aus einem Zusammentreten der Ionen-Komplexe (oder der Molekülassoziationen bei reinem B_2O_3 - oder SiO_2 -Glas) des zähen Glases zu größeren Gruppen (Micelle) im festen, in ähnlicher Weise, wie

¹⁾ SCHERRER in ZSIGMONDY, Kolloidchemie 1920, S. 408; JAUNCEY, Phys. Rev. 20, 405. 1922; WYCKOFF, Americ. Journ. of science 5, 455. 1923; RAMANN, Nature 111, 185. 1923; SELJAKOW usw., Zeitschr. f. Phys. 33, 53. 1925.

²⁾ TAMMANN, Krystallisieren und Schmelzen. Leipzig 1903.

³⁾ BERGER, Zeitschr. d. Ver. Dtsch. Ing. 70, 37, 129. 1926.

⁴⁾ FULCHER, Journ. of the Americ. cer. soc. 8, 339. 1925.

⁵⁾ TOOL u. EICHLIN, Journ. of the Americ. cer. soc. 8, 1. 1925.

⁶⁾ BERGER, loc. cit. S. 129.

⁷⁾ MERRITT, Journ. of the Americ. cer. soc. 7, 803. 1924.

⁸⁾ SAMSOEN, Cpt. rend. hebdom. des séances de l'acad. des sciences 181, 354. 1925.

⁹⁾ SCHÖNBORN, Zeitschr. f. Phys. 22, 305. 1924.

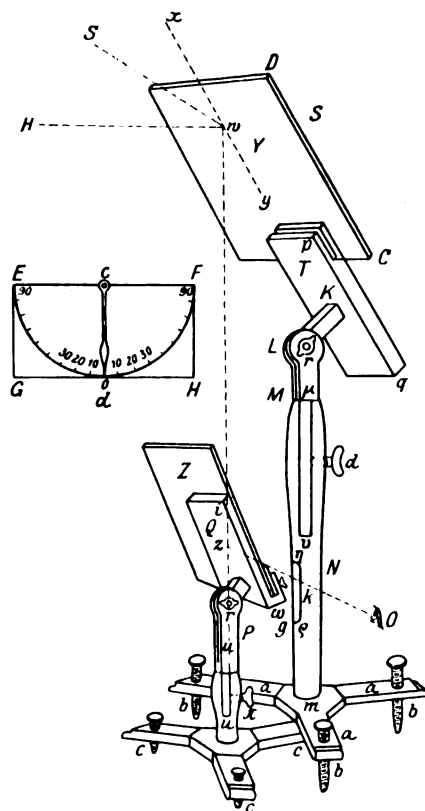
sich die Kolloidchemie die Bildung eines Gels aus einem Sol vorstellt. Jedenfalls wird man festes Glas als einen besonderen Zustand aufzufassen haben, dessen wichtigste Arbeitseigenschaft die Sprödigkeit ist⁹⁾. Bemerkenswert ist das elektrolytische Verhalten des festen Glases. Es wurde mehrfach gefunden, daß der Stromtransport durch Glas nicht durch die SiO_2 -Ionen, sondern in der Hauptsache durch die Alkali-Ionen [vielleicht auch Sauerstoff-Ionen¹⁰⁾] erfolgt. Diese sind also je nach der Temperatur mehr oder weniger stark von dem starren Gerüst aus dem Komplex der übrigen Bestandteile abdissoziiert und dadurch beweglich. Die zweiwertigen Ionen z. B. der Metalle wandern, wenn überhaupt, nur äußerst langsam und ihre Einwanderung von außen führt zu Produkten, die beim Erhitzen bis zum Erweichen das Metall abspalten¹⁰⁾. Es zeigt sich also auch hier wieder, daß die zweiwertigen Ionen im Glase eine andere Rolle spielen als die einwertigen, vielleicht weil erstere in den Micell-Komplex mit eintreten, die letzteren draußen bleiben. Inwieweit die mehrfachen Knickpunkte bei der Ausdehnung oder Leitfähigkeit mit einer Veränderung in der Bindung der Alkali-Ionen zusammenhängen, bleibt noch zu untersuchen.

Alle drei Glaszustände: flüssig, zäh, fest, hat man vorläufig¹¹⁾ entsprechend den Röntgenogrammen zu den amorphen zu rechnen. Es hat den Anschein, als ob unterhalb des Transformationspunktes ein Krystallisationsbestreben nicht mehr vorhanden ist¹²⁾, so daß diese Fähigkeit begrenzt würde durch jene und die Aggregationstemperatur, und wir jenseits dieser Punkte mit stabilen Zuständen zu rechnen hätten¹³⁾.

Eine weitere Vertiefung unseres Wissens über die Eigenschaften des Glases kann nur durch zahlreiche Messungen unter Berücksichtigung der verschiedenen Zustandsmöglichkeiten erfolgen. Ich hoffe, in Kürze einige Beiträge hierzu aus dem Laboratorium des Jenaer Glaswerkes veröffentlichen zu können.

Die ersten Polarisationsapparate. Beim Aufsuchen der Originalpublikation von GAUSS *Theoria attractionis* fand ich in demselben Bande der Abhandlungen der Göttinger Societät eine Arbeit von J. TOBIAS MAYER mit dem Titel: *Commentatio de Polaritate Luminis*, welche er am 21. Nov. 1812 der Gesellschaft der Wissenschaften vorgetragen hat¹⁴⁾, und die ich bisher in keinem Buche, auch nicht in älteren Lehrbüchern, erwähnt gefunden habe, und doch gibt MAYER darin die erste Form des Apparates an, den wir ganz allgemein als den Nörremberg'schen Polarisationsapparat bezeichnen. Nebestehende Figur ist nach dem Original MAYERs photographiert. Es bedarf keiner langen Beschreibung, nur sei erwähnt, daß MAYER den unteren Spiegel Z mit einem Firnis, aus Colophonium in Weingeist aufgelöst mit Kienruß gemischt, auf der Rückseite bestreicht, um das rückwärtige Licht abzuhalten. Er setzt auch auseinander, daß ein mit Amalgam belegter Spiegel ungeeignet ist, auch gibt er an, diesen Apparat konstruiert und be-

schrieben zu haben, weil die Erscheinungen bei MALUS, wegen des Fehlens eines geeigneten Apparates nicht deutlich hervortraten (atque sic tanto claviora simul evadent, quae ob defectum apparatus idonei paululum obscura leguntur apud CÆL. MALUS). MALUS hat bekanntlich seine Entdeckung der Polarisation so gemacht, daß er das von einer Glasscheibe reflektierte Sonnenlicht mit einem Doppelspat untersuchte, einen besonderen Apparat hat er überhaupt nicht angegeben. Dagegen hat Biot¹⁵⁾ einen weniger brauchbaren Apparat konstruiert, indem er die beiden Spiegel an den Enden eines weiten Rohres anbrachte, der untere war nur um eine horizontale Achse in dem Rohr welches an dieser Stelle fast zur Hälfte aufgeschnitten war, drehbar; der obere wurde von zwei auf einem



Polarisationsapparat von S. TOB. MAYER 1812.

Ringe stehenden Säulen gehalten, drehbar um eine horizontale Achse, und der Ring war in dem Rohre drehbar um die Rohrachse. Der Apparat war weniger brauchbar als der MAYERsche, weil in den Gang des polarisierten Lichtstrahles im Rohr keine Krystallplatten oder andere Substanzen gebracht werden konnten. Aber Biot hat hierbei den geschwärzten Spiegel MAYERs durch den Obsidiansspiegel ersetzt.

Wenn man die MAYERsche Anordnung mit den BIOT'schen Säulen kombiniert, hat man den ersten NÖRREMBERG'schen Apparat, wie er in der ersten Auflage von MÜLLER-POUILLET 1842 abgebildet ist. Daß NÖRREMBERG sich mit Polarisation beschäftigte, erfahren wir zuerst durch eine Notiz von POGGENDORFF,

⁹⁾ GÜNTHER-SCHULZE, Ann. d. Phys. (4) 37, 435. 1912; HEYDWEILER u. KOPFERMANN, Ann. d. Phys. (4) 32, 739. 1910.

¹¹⁾ Vgl. v. WEIMARN, Kolloid-Zeitschr. 38, 129. 1926.

¹²⁾ TOOL u. VALESEK, Scient. Pap. Bur. of Stand. (Nr. 358) 15, 554. 1920.

¹³⁾ Vgl. die Bezeichnung „obere“ und „untere“ Entglasungstemperatur bei SCHALLER, Zeitschr. f. angew. Chem. 22, 2369. 1909.

¹⁴⁾ Commentationes Soc. reg. scien. Göttingen 1813, Nr. 9.

¹⁵⁾ Bull. de la soc. philom. 1815.

der bei einer Reise nach Süddeutschland 1832 NÖRREMBERG in Darmstadt besuchte und dort eine Reihe hübscher Polarisationsexperimente sah. Er erwähnt dabei aber keinen besonderen Apparat, sondern beschreibt zum ersten Male ein Nicolsches Prisma, welches „wenige Jahre vorher“ erfunden war¹⁾. Man darf daraus wohl schließen, daß der Apparat, welcher nach NÖRREMBERG genannt wird, damals noch nicht konstruiert war. Erst auf der Naturforscherversammlung in Karlsruhe 1858 zeigte NÖRREMBERG seinen vollkommenen Apparat.

Biot hat bekanntlich in dem oben erwähnten Jahre auch die Absorption des ordentlichen polarisierten Strahles durch die parallel zur Achse geschnittenen Turmalinplatte entdeckt, hat dieselbe auch als Polarisator benutzt, aber keinen Apparat damit gebaut. Das versuchte zuerst JOHN HERSCHEL²⁾, der 2 solcher Platten aufstellte, von denen die dem Auge zugewandte um die Sechsrichtung drehbar war. Die uns geläufige Form der Drahtzange mit den beiden Platten ist von MARX 1826 konstruiert³⁾.

Auch das NICOLSsche Prisma hat eine Vorgeschichte. Man hatte seit MALUS' Entdeckung vielfach mit dem vollständigen Doppelspatkrystall als Analysator gearbeitet. BREWSTER empfand es sehr störend, daß immer die beiden Bilder sichtbar waren. Um das zu vermeiden, schnitt er den Krystall schräg durch und machte die Schnittfläche rau, so daß sie beide Strahlen diffus reflektierte⁴⁾. Um nun einen der beiden Strahlen doch durchzulassen, trankte er die rauhe Schnittfläche mit einer Flüssigkeit, deren Brechungsquotient dem des ordentlichen Strahles entsprach, so ging der ordentliche Strahl durch die Fläche ungebrochen hindurch, während der außerordentliche nach wie vor reflektiert wurde. Für eine bestimmte Lage des Krystalls war es natürlich auch möglich, den außerordentlichen zum Durchgehen zu bringen und den ordentlichen zu reflektieren. Diese BREWSTERsche Methode, die ja mancherlei Mängel hatte, war der Wegweiser für NICOL, der die diffuse Reflektion durch die totale des ordentlichen Strahles ersetzte. Der erste Apparat, bei welchem zwei Nicols angewandt wurden, sowohl als Polarisator wie Analysator, ist von DOVE konstruiert und war gleich sehr vollkommen⁵⁾.

Die Geschwindigkeit der **Zersetzung von Ammoniak in Stickstoff und Wasserstoff** bei hoher Temperatur wird nach älteren Beobachtungen stark vermindert durch Zusatz von Wasserdampf wie auch von Chlorwasserstoff. Um diese Angaben nachzuprüfen und insbesondere auch das Wesen dieses Einflusses kennenzulernen, hat A. SCHMIDT (Zeitschr. f. angew. Chem. 38, 1146, 1925) die Kinetik des Ammoniakzerfalles einer eingehenden Untersuchung unterzogen. Die Versuche wurden mit strömendem Gas in einem Porzellengefäß von 100 ccm ausgeführt, das in einem elektrischen Ofen

auf konstanter Temperatur (700°–1000°) gehalten wurde. Zunächst zeigte sich die sehr merkwürdige Erscheinung, daß die Zersetzungsgeschwindigkeit tagelang stark zunahm, so daß sie nach etwa 8 Tagen auf das Fünfzigfache ihres Anfangswertes gestiegen war; weiterhin blieb sie aber konstant. Die Erklärung hierfür konnte nur in der Bildung eines wirksamen Katalysators des Ammoniakzerfalles gesucht werden, und tatsächlich ließ sich auf der inneren Wand des Porzellengefäßes ein grauer Beschlag erkennen, der sich nach seinen chemischen Reaktionen als Eisen erwies, das durch die Reduktionswirkung von Wasserstoff auf die Eisenverbindungen des Porzellans gebildet war. Hiermit hat die Zunahme der Zerfallsgeschwindigkeit eine befriedigende Erklärung gefunden, da Eisen als starker Katalysator des Ammoniakzerfalles bekannt ist. Gleichzeitig erhält man aber auch eine Deutung für den früher beobachteten verzögernden Einfluß von Wasserdampf, denn da dieser bei den in Frage kommenden Temperaturen das Eisen oxydiert, so vernichtet er den Katalysator oder verhindert dessen Bildung. Diese Deutung ließ sich in eleganter Weise experimentell beweisen. Die Reaktion zwischen Eisen und Wasserdampf $3 \text{ Fe} + 4 \text{ H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4 \text{ H}_2$ — ist umkehrbar, d. h. für jede Temperatur ist ein bestimmtes Verhältnis von $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2$ vorhanden, oberhalb dessen Eisen oxydiert, unterhalb dessen Eisenoxyd reduziert wird. Indem nun A. SCHMIDT dem zu zersetzenden Ammoniak wechselnde Wasserdampfmenngen zusetzte, konnte er feststellen, daß der Zerfall des Ammoniaks eine sehr merkbare Verzögerung erleidet, sobald der Partialdruck des Wasserdampfes diejenigen Werte erreicht, die nach den bekannten Zahlen für das Gleichgewicht zwischen Eisen und Wasserdampf eine Oxydation des Eisens ermöglichen. Die Wirkung des Wasserdampfes ist demnach keine unmittelbare Veränderung der Zerfallsgeschwindigkeit des Ammoniaks, sondern eine mittelbare, bedingt durch Zerstörung des die Zersetzung regelnden Katalysators.

In ähnlicher Weise läßt sich nun auch die Wirkung von Chlorwasserstoff erklären; indem dieser sich mit Eisen zu einem flüchtigen Chlorid vereinigt, das aus der Reaktionszone entweicht, kann die Bildung eines wirksamen Katalysators (feinverteiltes Eisen) nicht zustande kommen, und so wird in Gegenwart von HCl nur die „natürliche“ (katalysatorfreie) langsame Zerfallsgeschwindigkeit des Ammoniaks zur Beobachtung gelangen. Auch diese Vorgänge ließen sich experimentell verfolgen.

Die Zersetzung des Ammoniaks bei hoher Temperatur spielt eine erhebliche Rolle bei der Verkokung von Steinkohlen, wo es wesentlich ist, den Stickstoff der Kohle möglichst vollständig in Form von Ammoniak zu gewinnen. Um dies Ziel zu erreichen, hat man auch die schützende Wirkung von Wasserdampf und Chlorwasserstoff benutzt, und eine große Anzahl von Patenten beschäftigt sich mit den verschiedenen Verfahren, um diese „Schutzstoffe“ in die Vergaser einzuführen. Man darf wohl annehmen, daß die Aufklärungen, die die SCHMIDT'schen Untersuchungen über den Mechanismus der schützenden Wirkung von Wasserdampf und Chlorwasserstoff beim Ammoniakzerfall gebracht haben, auch auf die Entwicklung der Verkokungstechnik nicht ohne Einfluß bleiben werden.

KPL.

¹⁾ Pogg. Ann. 29, 182. 1833 u. Edinb. New phil. Journ. 11, 83.

²⁾ Phil. Trans. 1820, S. 45.

³⁾ Schweigg. Jahrbuch 49, 181. 1827.

⁴⁾ Phil. Trans. 1819, S. 146.

⁵⁾ Pogg. Ann. 35, 596. 1835.

Mineralogisch-petrographische Mitteilungen.

The composition of the earth's interior. (L. H. ADAMS and E. D. WILLIAMSON, Smithsonian report for 1923, 1925, S. 241—260.) Vgl. Journ. Washington acad. sciences 13, 413—428. 1923. Vorliegende Mitteilung ausführlicher; sie enthält eine Diskussion der Bestimmung der mittleren Erddichte aus der Gravitationskonstante sowie der empirischen Regeln von LAPLACE und ROCHE zur Berechnung der Dichte in gegebener Tiefe. Ferner wird das Trägheitsmoment der Erde als direkter Beweis für ihre innere inhomogene Struktur gewertet, dgl. ihre Abplattung. Besonders eingehend wird die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der transversalen und longitudinalen Erdbebenwellen besprochen, welche die bekannte Unstetigkeit in 1600 km Tiefe aufweist. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbebenwellen gibt Aufschluß über die Änderung der Kompressibilität der Erdschichten mit der Tiefe, und man kann unter Zugrundelegung dieser Beziehungen die Kurven der Dichtezunahme für schwere Gesteine, z. B. Pyroxenit oder Peridotit, mit der Tiefe berechnen. Es ergibt sich danach zwingend die Unmöglichkeit, die hohe Dichte der gesamten Erde allein auf Grund der Zusammendrückbarkeit zu erklären, wie dies nach der LAPLACESchen Formel zu folgern wäre. Die experimentellen Untersuchungen der Verff. geben über die elastischen Konstanten typischer Gesteinsarten und die Geschwindigkeit der Erdbebenwellen in ihnen Aufschluß. Es ist anzunehmen, daß der schwer zu bestimmende Einfluß der Temperatur auf diese Größen unter sehr hohen Drucken geringfügig sein mag.

Es folgt eine eingehende Darlegung der früheren Anschauungen über die Dichteverteilung der Erde, von denen diejenigen von DARWIN, DANA, WIECHERT, GOLDSCHMIDT, GUTENBERG und MOHOROVICIC genannt seien. Verff. entwickeln ihre eigenen Anschauungen vom Erdinnern derart, daß sie zunächst in 60 km Tiefe den Übergang von den sauren äußersten Gesteinschichten zu den basischen annehmen; es ist möglich, daß die untere Grenze der sauren Gesteine identisch ist mit der Tiefe der isostatischen Kompensation. Von 60—1600 km Tiefe reicht die Zone der basischen Silicate, beginnend mit der Dichte 3,35, und 4,35 in 1000 km Tiefe. Zweifelloso ist die Temperatur in diesen Schichten sehr hoch, so daß sie unter dem hohen Druck vielleicht glasartig verharren. Von 1600 km bis ca. 3000 km Tiefe ist die Region der pallasitartigen Gemenge von Silicat mit Metall, so gut wie sicher wohl Eisen (mit Ni-Gehalt). Von 3000 km ab ist der kompakte Metallkern anzunehmen. Die Dichtekurve nach dieser Vorstellung besteht aus 4 Teilen; es ist immerhin bemerkenswert, wie die empirisch gefundene Gleichung von LAPLACE sich in diese Kurve einfügt. Hervorzuheben ist auch der sehr gleichmäßige Verlauf der aus den Wellengeschwindigkeiten abgeleiteten Kurven für die Richtigkeit und den Elastizitätsmodul der Erde in großen Tiefen. Es zeigt sich die effektive Starrheit der Erde in diesen weit größer als bei Stahl, und nur die äußersten 800 km des Gesteinspanzers nehmen an Gezeitschwankungen teil (vgl. A. A. MICHELSON, Astrophys. Journ. 39, 105—138. 1914). Endlich kann man den Druck bei bestimmter Tiefe im Erdinnern berechnen und kommt im Mittelpunkt zu dem Wert von rund 3 000 000 Atmosphären.

The compressibility of several artificial and natural glasses. (P. W. BRIDGMAN, Americ. Journ. of science [5], 10, 359—367. 1925.) Das Pyrexglas zeigt in seinem Kompressibilitätsverhalten eine Anomalie, indem seine

Zusammendrückbarkeit mit zunehmendem Druck auch zunimmt (vgl. BRIDGMAN, Americ. Journ. of science [5], 7, 99, 1924); wahrscheinlich hängt diese Anomalie mit dem hohen SiO_2 -Gehalt dieses Glases zusammen. Verff. dehnte infolgedessen seine Versuche auch auf andere Gläser aus, vor allem auf reinstes Kieselglas (von der General Electric Co., Lynn) und ein SiO_2 -freies Alkali-Aluminium-Boratglas, neben zwei anderen Borosilikatgläsern der Corning Glass Works (722 Q und 714 X). Interessant sind ferner die Angaben über zwei Basaltgläser (Tachylite) von der Insel Skye (I) und vom Kilauca (II), ferner von Meissener Pechstein (III) und Obsidiantrachyt von der Insel Ascension (IV). Der Wassergehalt dieser 4 Naturgläser wurde sorgfältig bestimmt (Zahlen s. u.). Die Volumenänderung der Kunstgläser sowie des Tachylits von Skye und des Pechsteins von Meißen läßt sich im Verhältnis zum Volumen V_0 bei atmosphärischem Druck und bei 30°C wiedergeben in einer Gleichung $\Delta V/V_0 = ap + bp^2$. Der Obsidian zeigt ganz abnormes Verhalten, indem seine Kompressibilität mit steigendem Druck zuerst abnimmt und dann zunimmt. Auch der Tachylit vom Kilauca ist abnorm, insofern er ei bestimmter Temperatur mit zunehmendem Druck seine Länge verringert, dann aber oberhalb eines kritischen Wertes mit etwa demselben Gradienten der ursprünglichen Abnahme seine Länge vergrößert. Dieser „kritische“ Druck ist eine ausgeprägte Funktion der Temperatur, und die Längenänderungen in Abhängigkeit vom Druck sind in hohem Grade reversibel. Die ganze Erscheinung ist überaus rätselhaft, da mit zunehmenden Drucken das Gesamtvolumen jedenfalls doch abgenommen haben muß, in anderen als den gemessenen Richtungen der untersuchten Glasstücke also eine um so größere Längenabnahme stattgefunden hat.

Auf alle Fälle haben die Versuche ergeben, daß die Kompressibilität mit zunehmendem Druck auch zunehmen kann, und zwar im Maße des SiO_2 -Gehaltes der betreffenden Gläser, während SiO_2 -freie Gläser das normale Verhalten der Abnahme der Kompressibilität mit dem Druck zeigen. Auch ist der absolute Betrag dieses Druckeffektes von Bedeutung; die weit geringere Kompressibilität des SiO_2 -freien Glases zeigt, daß in den gewöhnlichen Gläsern SiO_2 als eine Komponente von hoher Zusammendrückbarkeit erscheint. Bei den Naturgläsern sind diese Schlüsse nicht so einfach. So zeigt der Obsidian die Anomalie trotz seines Gehaltes von 70% SiO_2 erst bei sehr hohen Drucken; wahrscheinlich ist der nicht unbeträchtliche Gehalt an Wasser die Ursache für sein Verhalten bei niederen Drucken. Das normale Verhalten des Pechsteins von Meißen ist zweifellos mit dem hohen Wassergehalt von 6% in Verbindung, so daß es mit seiner starken Kompressibilität bei niederen Drucken die geringe der anderen Komponenten aufwiegt, und bei hohen Drucken seine abnehmende Kompressibilität die Zunahme derer der anderen Bestandteile kompensiert.

Überhaupt ist ja der glasige Zustand im Unterschied vom krystallinen durch geringere Dichte gekennzeichnet, so daß in ihm verhältnismäßig große Räume zwischen den Molekülen frei verbleiben. Eine mit dem Druck zunehmende Kompressibilität bedeutet, daß diese Räume schneller sich schließen als der Druck zunimmt. Es kann also schließlich bei sehr hohen Drucken gewissermaßen zu einer regelmäßigen fast-krystallinen Anordnung der Moleküle kommen, als Folge des Spiels der intermolekularen Kräfte. Daß eine Umlagerung des Glases in den krystallinen Zu-

stand dabei nicht im geringsten eintritt, zeigt sich an dem Fehlen jeglicher hysteretischer Erscheinungen in den Druck-Volumbeziehungen. Es ist danach zu erwarten, daß auch andere als SiO_2 -haltige Gläser eine abnorme Abhängigkeit der Kompressibilität vom Druck zeigen.

Analyse der vier Naturgläser:

	I.	II.	III.	IV.
SiO_2	48,0	50,0	71,5	71,5
TiO_2	1,5	2,7	—	—
Al_2O_3	13,5	13,0	—	13,5
Fe_2O_3	5,0	1,7	12,9	1,4
FeO	8,0	9,8	—	2,3
MnO	0,3	0,1	—	—
MgO	8,0	8,0	—	0,1
CaO	11,0	10,9	0,8	0,8
Na_2O	2,4	2,4	4,2	6,0
K_2O	0,7	0,5	2,2	3,5
$\text{H}_2\text{O} - 130^\circ \text{C}$	0,22	0,16	0,88	0,85
$\text{H}_2\text{O} + 130^\circ \text{C}$	3,08	0,16	5,36	0,85
P_2O_5	0,1	0,3	—	—

Koeffizienten der Kompressibilität der Gläser.

	$t = 30^\circ$		$t = 75^\circ$	
	$a \cdot 10^7$	$b \cdot 10^{12}$	$a \cdot 10^7$	$b \cdot 10^{12}$
Kieselglas	26,47	+ 17,6	27,74	+ 7,17
Pyrexglas	29,82	+ 7,0	30,08	+ 4,86
Corning 714 x	27,20	+ 4,80	27,15	+ 4,9
Corning 722 Q	24,03	+ 1,3	21,88	+ 4,2
Corning SiO_2 -frei	16,82	+ 10,2	17,20	+ 10,44
Tachylit Skye	18,73	+ 11,0	19,11	+ 11,1
Pechstein Meißner	24,95	+ 5,43	24,93	+ 5,67
Tachylit Kilaua	13,26	—	13,74	+ 9,1

The viscosity of liquids under pressure. (P. W. BRIDGMAN, Proc. of the nat. acad. of sciences (U. S. A.) 11, 603—606. 1925.) Verf. bildete eine Methode zur Messung der relativen Viskosität von Flüssigkeiten aus, welche er bei 30 und 75°C und Drucken bis zu $12\,000 \text{ kg/cm}^2$ auf 43 Flüssigkeiten anwendete. Die Ergebnisse werden am besten in Abhängigkeit des log der Viskosität vom Druck wiedergegeben. Wasser verhält sich dabei in hohem Grade abnorm, indem seine Zähigkeit mit wachsendem Druck *abnimmt* statt zuzunehmen; bei niedrigerer Temperatur durchläuft seine Viskosität ein Druckminimum. Es liegt nahe, dieses anomale Verhalten des Wassers mit seinem hohen Assoziationsgrade in Beziehung zu bringen. Bei den normalen Flüssigkeiten ist jedenfalls der Einfluß des Druckes auf ihre Viskosität größer als auf irgend eine andere physikalische Eigenschaft. Es ist aber nicht angängig, die Viskosität als eine reine Volumenfunktion (PHILLIPS) aufzufassen, auch nicht als eine solche der Kompressibilität und der Schallgeschwindigkeit in der betreffenden Flüssigkeit (BRILLOUIN); die Versuchsergebnisse sprechen entschieden gegen beide Theorien. Wahrscheinlich findet unter hohen Drucken ein Ineinandergreifen der Moleküle statt, das nach bestimmten geometrischen Gesetzen stattfindet, theoretisch aber noch nicht erschlossen ist.

Pflanzengeographische Einzelberichte.

Zur geographischen Verbreitung der Meeresalgen. Die Algenflora der großen Weltmeere sind, abgesehen von KJELLMANS Arbeiten über die Algen des Nördlichen Eismeres, bisher noch niemals Gegenstand einer methodischen, unter pflanzengeographische Gesichtspunkte gestellten Erforschung gewesen, und insbesondere sind die tropischen marinen Flora bisher nur sehr unvollkommen untersucht. In Anbetracht der infolgedessen

Ferromagnetic ferric oxyde, artificial and natural. (R. B. SOSMAN and E. POSNJAK, Journ. Washington acad. sciences 15, 329—342. 1925.) Der natürliche Hämatit enthält so gut wie immer etwas FeO , als Magnetit eingewachsen oder auch in fester Lösung (s. frühere Untersuchungen der Verf.); der Paramagnetismus dieser Eisenoxyde nimmt dementsprechend in außerordentlich weitem Maße bis zum reinen Fe_3O_4 zu. Man kennt aber auch ein wahrhaft ferromagnetisches Oxyd Fe_2O_3 , welches allerdings nur in fein verteiltem Zustande bekannt ist, in bezug auf die Größe seiner magnetischen Suszeptibilität aber dem Magnetit sehr ähnlich erscheint. Dieses Oxyd erwähnte bereits 1859 J. ROBBINS als Produkt der Oxydation des Magnetits. Auch MALAGUTI (1862), LIVERSIDGE (1893), besonders HILPERT (1909 f.) beschrieben es, in neuester Zeit auch H. ABRAHAM und PLANIOL sowie CHEVALLIER. Man kann es darstellen durch Oxydation gefällten Magnetits mit Ammoniumsulfat, auch durch Entwässerung des Lepidokrokit, während Goethit nur paramagnetisches Fe_2O_3 ergibt. Kennzeichnend ist die hell-schokoladenbraune Farbe des ferromagnetischen Oxyds. Von diesem fand sich neuerdings auch ein natürliches Vorkommen am Iron Mountain, im Kupferdistrikt der Shasta Co., Calif. Partialanalyse von J. C. HOSTETTER ergab: 2,40% FeO ; 3,1% H_2O ; 2,5% übriger Glühverlust; 1,80% unlöslich in HCl , meist Quarz, vielleicht auch etwas Pyrit; CaO vorhanden; 85,3% Fe_2O_3 .

Das Mineral ist also nicht reines Eisenoxyd.

Die magnetische Untersuchung erfolgte in einem besonderen Apparat mit sehr gleichförmigem Magnetfeld, und zwar unter ständigem Vergleich des gegebenen Präparates mit einem solchen von Magnetit (von Mineville) entsprechender Korngröße. Es zeigt sich völlige Übereinstimmung in der Größe der Magnetisierung; auch sind die Kurven der Abhängigkeit der Suszeptibilität vom Korndurchmesser durchaus ähnlich. Verminderung der Korngröße verringert die Magnetisierung. Das künstliche gefällte Präparat und teilweise oxydierter Magnetit ist viel feiner als das natürliche Oxyd, ist aber trotzdem von etwas größerer Suszeptibilität. Sehr interessant sind auch die hysteretischen Kurven, welche eine magnetische Remanenz in diesen Präparaten erkennen lassen. Im übrigen ist die Gestalt der Kurve bei den einzelnen Präparaten ziemlich verschieden.

Ferromagnetisches Fe_2O_3 erfährt eine umkehrbare Umwandlung bei ca. 500° , vergleichbar der des metallischen Eisens und des Magnetits; der irreversible Verlust des Ferromagnetismus setzt bei 500° schon langsam ein und verläuft bei 650° bereits sehr rasch. Interessant ist auch die Verschiedenheit der Färbung des ferromagnetischen Fe_2O_3 (schokoladenbraun), während das gewöhnliche Oxyd mehr rot erscheint. Die Bemühungen, die Lichtbrechung des ferromagnetischen Fe_2O_3 genauer zu bestimmen, ergaben keine erheblichen Unterschiede gegenüber Hämatit (2,54—2,74). Sehr wichtig ist die Tatsache der völligen Übereinstimmung der Gitterstruktur mit derjenigen des Magnetits.

W. EITEL.

bestehenden Lückenhaftigkeit unserer Kenntnis von der geographischen Verbreitung der Meeresalgen, die sich in ihrer gewiß vorhandenen Vielgestaltigkeit noch nicht annähernd übersehen läßt, ist es besonders verdienstlich, daß SVEDELIUS¹⁾ in einer ausführlichen

¹⁾ N. SVEDELIUS, On the discontinuous geographical distribution of some tropical and subtropical marine Algae. Arkiv för Bot. 19, Nr. 3. 1924.

Arbeit mit Erfolg sich bemüht, einige besonders interessante Diskontinuitätsprobleme durch eine systematische, mit vielen Kartenskizzen erläuterte Zusammenstellung des einschlägigen Materials eingehend zu beleuchten und zugleich auch den Weg zur richtigen Lösung aufzuzeigen. In erster Linie handelt es sich um einen Vergleich der tropischen Algenflora des Atlantischen und des Indopazifischen Ozeans, wobei, abgesehen von sonstigen zerstreuten Literaturangaben und eigenen Beobachtungen des Verf., vor allem das vor einigen Jahren erschienene Werk von BÖRGESSEN über die Meeresalgen des früheren Dänisch-Westindien und andererseits die durch WEBER VAN BOSSE erfolgte Bearbeitung der Meeresalgen der Siboga-Expedition nach Niederländisch-Indien die hauptsächliche Grundlage bilden. Insgesamt kommen von 327 westindischen bei BÖRGESSEN nachgewiesenen Algenarten 111 auch im Indopazifischen Ozean, 112 auch im Mittelmeer und in den angrenzenden Teilen des Atlantischen Ozeans vor; für die einzelnen Algengruppen zeigen aber diese Zahlen bemerkenswerte Verschiedenheiten und stellen sich auf 46 bzw. 35 von insgesamt 90 bei den Chlorophyceen, 18 bzw. 14 von insgesamt 45 bei den Phaeophyceen und 47 bzw. 63 von insgesamt 192 bei den Rhodophyceen. Es überwiegen also bei den Chlorophyceen die gemeinsamen Arten bei weitem im Vergleich zu den beiden anderen Gruppen, was vom Verf. damit in Zusammenhang gebracht wird, daß jene insbesondere in den Ordnungen Siphonocladiales und Siphonales viel mehr primitive Typen in wohl abgegrenzten, isolierten und wenig artenreichen Gattungen enthalten, während unter den Phaeophyceen und besonders den Rhodophyceen viele sog. kritische, artenreiche Genera von offenbar jüngerer Entstehung überwiegen. So geben denn die beiden genannten Grünalgenordnungen die auffälligsten und überzeugendsten Beispiele im scharfen Gegensatz zu den Ulvotracheales, deren Gattungen *Ulva* und *Enteromorpha* nahezu kosmopolitisch verbreitet sind und ein kontinuierliches an den Südspitzen von Afrika und Südamerika zusammenhängendes Areal bewohnen. Von den zahlreichen in der Arbeit näher ausgeführten Fällen sei z. B. die Gattung *Anadyomene* genannt, die in *A. stellata* eine in Westindien und an den Bermudas-Inseln sowie in Südamerika bis Pernambuco, ferner an den Canaren, dem Mittelmeer und im Indopazifischen Ozean vorkommende Art besitzt, während von drei weiteren nur dem letzteren eigenen Arten keine weiter westlich als bis Ceylon reicht, oder *Dictyosphaeria* mit der im Atlantischen Ozean auf Westindien und die Bermudas-Inseln beschränkten, außerdem im Indopazifischen Ozean von Mauritius im Westen bis Hawaii im Osten vorkommenden *D. favulosa*, wozu noch als nicht gemeinsam zwei malaiische und eine westindische Art hinzukommen, oder *Udotea*, bei der neben einer gemeinsamen an der atlantischen Küste Afrikas fehlenden Art mehrere vikariierende Artenpaare vorliegen, von denen je ein Glied in Westindien, eins im Pazifischen Ozean sich findet, oder *Halimeda* mit drei gemeinsamen Arten, von denen *H. Tuna* in Westindien, im Mittelmeer und an der angrenzenden atlantischen Küste Afrikas und vom Roten Meer bis Hawaii und Peru vorkommt, während der Indopazifische Ozean außerdem noch einige eigene Arten besitzt, dagegen keine auf Westindien beschränkt zu sein scheint. Ähnlich besitzt auch die Gattung *Caulerpa* ihr Verbreitungszentrum im Indopazifischen Ozean; in ihr gibt es jedoch auch einige ausschließlich westindische Arten und andererseits auch eine oder einige wenige in Südafrika vorkommende, wobei aber bemerkenswerterweise weder seitens der

atlantischen noch seitens der indopazifischen Arten die Südspitze Afrikas in östlicher bzw. westlicher Richtung überschritten wird. Auch unter den Rhodophyceen, von denen nur eine beschränkte Zahl von in neuerer Zeit monographisch bearbeiteten Gattungen für einen Vergleich in Betracht kommt, zeigen manche ein ähnliches Bild. So sind von *Liagora* von je 6 in jedem der beiden Gebiete vorkommenden Arten 3 gemeinsam, während vom Kapgebiet keine bekannt ist; bei *Scinaia*, die keine Westindien und dem Indopazifischen Ozean gemeinsame Art aufzuweisen hat, gibt es eine kapländische, die aber nicht mit denen des Atlantischen Ozeans näher verwandt ist, während letztere wieder mit ihren Verwandtschaftsbeziehungen nach Japan und Kalifornien weisen. Ferner sei noch die im Indischen Ozean fehlende *Galaxaura* erwähnt, von der zwei nahe verwandte Gruppen in Westindien einerseits, im Stillen Ozean andererseits vorkommen, und *Martensia*, welche im Indopazifischen Ozean mit 5 Arten und in Westindien mit 1 vertreten ist, wobei letztere mit einer australischen und nicht mit der einen am Kap vorkommenden verwandt ist. Gerade Fällen wie dem letzteren gegenüber versagt die ältere übrigens von vornherein unwahrscheinliche Hypothese MURRAYs, der zufolge während einer früheren wärmeren Periode die Algenflora des Kaplandes einen mehr tropischen Charakter besessen und die heute getrennten Areale damals in einem kontinuierlichen Zusammenhang gestanden haben sollten. Eine einheitliche Erklärung des Phänomens findet Verf. dagegen in der auch geologisch gut gestützten Annahme einer früheren offenen, inter-ozeanischen Verbindung des Karibischen Meeres mit dem Stillen Ozean im Gebiet des heutigen Isthmus von Panama, einer Verbindung, die sicher noch im späteren Eozän und Oligozän bestanden hat, als schmaler Meeresarm aber wohl noch bis in das Pliozän hinein vorhanden war. Dabei geben die resp. Artenzahlen und Verwandtschaftsbeziehungen wenigstens in einer Reihe von Fällen auch Anhaltspunkte zur Beurteilung der Frage nach dem ursprünglichen Entwicklungsherd der Formkreise, und zwar scheint der Indopazifische Ozean in dieser Hinsicht dem Atlantischen gegenüber die weit aus bedeutungsvollere Rolle gespielt zu haben. Auch an einer zweiten Stelle der Erde, wo eine frühere offene Meeresverbindung erst in verhältnismäßig junger Zeit durch eine Landenge unterbrochen wurde, nämlich zwischen dem Roten und dem Mittelländischen Meer, sind analoge Diskontinuitätserscheinungen in der Verbreitung der Meeresalgen vorhanden. Besonders charakteristisch ist hier das Verhalten der *Bursa*-Gruppe der Siphonengattung *Codium*, von der eine Art im Mittelmeer und in den anschließenden Teilen des Atlantischen Ozeans (nordwärts bis zur Flandrischen Kanalküste), die übrigen 3 Arten dagegen im Indischen Ozean von Südafrika bis Japan und Neuseeland, darunter die mit der mediterranen am nächsten verwandte nur im tropischen Indischen Ozean vorkommt, so daß die Gruppe hier offenbar ihren Ursprung genommen hat. Auch bei einigen Dasycladaceen und bei der Rhodophyceengattung *Vidalia* ist eine Besiedelung des Mittelmeeres von Südosten her anzunehmen, so daß sich hier eine bisher noch nicht beobachtete Parallele zu der Verbreitung der beiden Seegräsergattungen *Cymodocea* und *Posidonia* ergibt, für die eine in der gleichen Richtung liegende Erklärung bereits von ASCHERSON aufgestellt worden war.

Studien über den Standortcharakter auf Sandstein und Basalt bilden den Gegenstand einer Arbeit von F. FIRBAS (Beih. z. Botan. Zentralbl., 2. Abt. 40, 253—409. 1924), die auf eingehenden Beobachtungen

über die Besiedlungs- und Lebensverhältnisse der Gefäßpflanzen in der Felsflur des Rollberges in Nordböhmen beruht und einen wohl gelungenen Versuch darstellt, durch eine direkte Analyse des Standortes (hinsichtlich der edaphischen Faktoren Bestimmung des Carbonatgehaltes, der Körnung des Bodens, seiner Wasserkapazität, Porenvolumen, Wassergehalt usw., hinsichtlich des Klimas Bestimmung der Luft- und Bodentemperatur, Lichtmessung, Luftfeuchtigkeit und Verdunstung) einen Einblick in die Lebensverhältnisse der Pflanzen und Pflanzenvereinigungen eines eng umgrenzten Gebietes zu gewinnen. Der 694 m hohe Rollberg gehört zum Typus der nordböhmisches vulkanischen Kegelberge, denen auf weitem Sandsteinsockel ein eruptiver Gesteinskörper aufgesetzt ist; die klimatischen Verhältnisse des Gebietes weisen einen Übergang zwischen dem wärmeren und extremeren Klima des böhmischen Mittelgebirges und den kühleren und gemäßigten Gebieten des Herzynia auf, und dem entspricht der floristische Charakter als der eines Grenzgebietes der thermophilen Flora Innerböhmens, während die Vegetation in ursächlicher Beziehung zu den geologischen Verhältnissen vornehmlich edaphisch gegliedert ist durch den Gegensatz zwischen den meist nährstoffarmen Sandböden und den fruchtbaren Böden der Eruptivgesteine, was vornehmlich in der Ausbildung der Wälder (Kiefernwald — Buchenwald) hervortritt. Die Verwitterung und Oberflächengestaltung der Sandsteinfelsen am Fuße des Berges ist vorzugsweise durch den Charakter des klastischen Gesteins, den Gegensatz zwischen widerstandsfähigen Quarzkörnern und wenig widerstandsfähigem Bindemittel gegeben; da letzteres oft reichlich Kalkcarbonat führt, das mit fortschreitender Bodenbildung aus dem nicht nachschaffenden Gestein ausgewaschen wird, so ergeben sich enge Beziehungen zwischen Bodenbau und Carbonatgehalt. Für die Ausbildung des Standortsklimas besitzt der hohe Wärmeumsatz des Felsens (hohe Lage der nächtlichen Minima) große Bedeutung; im übrigen sind die klimatischen Verhältnisse vornehmlich durch den Gegensatz zwischen den freien Felsen und den schattigen Schluchten gekennzeichnet, wobei erstere hinsichtlich der Luft- und Bodentemperatur in der wärmeren Jahreszeit höhere Maxima und Minima, in der kalten höhere Maxima und tiefere Minima, immer aber eine größere Amplitude zeigen, und ferner durch hohen Lichtgenuß, hohe Verdunstungsgeschwindigkeit (dieser im Zusammenhang mit der Vertikalgliederung der Lufttemperatur an sonnigen nicht zu windigen Tagen gegen die Erdoberfläche zunehmend) und starke Luftgeschwindigkeit gegenüber den Schluchten gekennzeichnet sind. Die ersten Besiedler sind *Festuca glauca*, eine horstbildende Spaltenpflanze, die durch die ihrer Wuchsform entsprechende Bodensammlung für die Weiterbesiedelung von Bedeutung ist, und *Sedum acre*, die beide nur auf kalkhaltigen Felsen wachsen, und deren Standorte durch Maximalwerte hinsichtlich des mineralischen Nährstoffgehaltes, der Humusarmut und Trockenheit des Bodens, der Temperaturamplituden usw. gekennzeichnet sind. Weiter bildet sich eine Sandhalde mit jenen beiden Arten als Leitpflanzen aus, die unter gleichzeitiger Ansiedlung von Bäumen und Sträuchern in eine *Polygonatum*-Assoziation sich umwandelt. Mit vollendeter Auswaschung des Carbonates wird dieser Pflanzenverein durch *Calluna* verdrängt, die auf kalkfreien, nährstoffarmen Sandsteinfelsen zusammen mit *Deschampsia flexuosa* von vornherein auftritt. In schattigen Schluchten dagegen sind Farne die dominierenden Felsenpflanzen. Auf dem Basalt schafft die Verwitterung entsprechend dem Reichtum an Spalten

und kleinen Vorsprüngen reiche Ansiedlungsmöglichkeiten. Das Gestein ist nachschaffend und der Boden an mineralischen Nährstoffen reich, aber äußerst arm an Kalkcarbonat; trotzdem tritt eine Reihe von „Kalkpflanzen“ auf, die wohl besser als eutroph aufgefaßt werden. Die Humusbildung ist bedeutend, der Boden reich an Steinen und Ton, von hoher Wasserkapazität und hohem Wassergehalt; die Temperaturverhältnisse sind auf den Basaltfelsen merklich gemäßigter als auf dem Sandstein, auch die Luftfeuchtigkeit höher, der Lichtgenuß im allgemeinen hoch; die Lokalexposition wirkt bei der Ausgestaltung der einzelnen Standorte als wichtigster Faktor und schafft bedeutende Gegensätze zwischen Nord- und Südlage. Der wichtigste und häufigste Bewohner des Felsens ist auch hier *Festuca glauca* als bodensammelnder Chasmodiophyt; hat der angesammelte Boden eine gewisse Mächtigkeit erreicht, so siedelt sich *Allium strictum* an, das ebenso wie die in Felsspalten wachsende *Woodsia ilvensis* und der Felstreppen besiedelnde *Aster alpinus*, alle drei für die subarktischen Steppen charakteristische Pflanzen, feuchtkühlen Nordlagen völlig ausweicht. Dagegen bevorzugt *Hieracium Schmidtii* Nordlagen; für dieses wie für noch einige weitere Arten werden Besiedelungsform und Standorte jeweils genau beschrieben. Die Bodensammlung durch *Festuca* steht wiederum in Beziehung zur Ausbildung der Schutthalde, in denen an sonnigen Stellen auch *Melica transsilvanica* bezeichnend ist, während sie an schattigen Stellen eine dichte üppige Vegetationsdecke aufweisen. Auf den Nordhängen besitzt dagegen die montane Assoziation des *Vaccinium myrtillus* und *Calamagrostis villosa* einen vorgeschobenen Standort in tiefer Lage.

Untersuchungen über die botanische Entwicklung der Moore. Als hauptsächlichste Ursache für die mehr oder weniger regelmäßige, in der Entwicklung der Moore zutage tretende Reihenfolge der Pflanzenvereine werden allgemeiner Auffassung zufolge Änderungen der Feuchtigkeits- und Ernährungsverhältnisse angesehen, wobei der Einfluß der letzteren es bedingt, daß auf die anspruchsvolleren eu- oder mesotrophen Pflanzenvereine bei ungestörter Entwicklung immer anspruchslosere oligotrophe folgen, weil durch das Moorbewachstum die Oberflächenvegetation immer mehr dem Einfluß des nährstoffreichen Grundwassers entrückt wird. Diese Auffassung beruht, abgesehen von allgemeinen Erwägungen über die Natur der Standorte, hauptsächlich auf Beobachtungen über die gegenwärtigen Existenzbedingungen der torfbildenden Pflanzen, die teils durch Bodenanalysen, teils durch Kulturversuche eine Bestätigung erfahren haben. Dagegen haben die bisherigen Untersuchungen nur in geringem Umfange auch einen Vergleich der botanischen und chemischen Zusammensetzung von Torfproben, die aus senkrechten Moorphilen entnommen sind und verschiedene Torfschichten repräsentieren, zum Gegenstand gehabt; ein solcher Vergleich erscheint aber deshalb nicht unwesentlich, weil bei Schlußfolgerungen auf die Ursachen der Reihenfolge der Pflanzenvereine in der Moorentwicklung auf Grund der jetzigen Standorte sich nicht ohne weiteres zeigen läßt, welche Standortsfaktoren sich in dem jeweiligen Falle tatsächlich verändert und somit auch die Veränderungen der Vegetation hervorgerufen haben. Diese Lücke wird ausgefüllt durch eine Arbeit von H. WARÉN (Wissenschaftl. Veröffentl. d. Finnischen Moorkulturreins Nr. 5, 1924, 95 S.), in der für insgesamt 9 Moore durch botanische und chemische Analyse von senkrechten Profilen entnommenen Proben eine Klarlegung der auf die Entwicklung der Moore einwirkenden ernährungsphysiologischen

Ursachen mit Erfolg angestrebt wird. Der allgemeine Teil der Arbeit enthält außer einem geschichtlichen Rückblick auf das gesamte Problem des Zusammenhanges der Moorentwicklung mit den Nährstoffverhältnissen und über die Nahrungsökologie der Sphagnum-Arten sowie grundsätzlich wichtigen Bemerkungen über die Abhängigkeit der chemischen Zusammensetzung des Torfes von der botanischen vor allem eine Einteilung der Torfarten, für welche Verf., indem er sich ausschließlich an die botanische Zusammensetzung hält, folgende Gruppierung vorschlägt: A. Gefäßpflanzen-torf. 1. Schilf-, 2. Equisetum-, 3. Seggentorf (mit 8 Abarten nach den beigemengten Bestandteilen), 4. Scheuchzeria-, 5. Eriophorum-, 6. Reiser- und 7. Holz- oder Waldtorf. B. Moostorf: 1. Sphagnumtorf (mit 6 Abarten nach den Nebenbestandteilen und den beteiligten verschiedenen Torfmoosarten), 2. Laubmoos- (Braunmoos- und Polytrichum-) Torf. C. Flechtentorf. Der spezielle Teil bringt für jedes der untersuchten Moore neben einer Schilderung der rezenten Vegetation eine detaillierte Darstellung der festgestellten Schichtenfolge und Vergleiche der letzteren mit den Ergebnissen der chemischen Analyse der verschiedenen Torfarten. Das Schlußkapitel bringt endlich eine zusammenfassende Übersicht über die Bedeutung der verschiedenen chemischen Bestandteile des Torfes für die botanische Entwicklung der Moore. Danach zeigt der Kalkgehalt des Bodens im allgemeinen mehr Vergleichspunkte mit der Vegetation als die anderen Mineralbestandteile. In den untersten Schichten treten vielfach Reste von solchen Pflanzenarten, insbesondere Moosen (darunter besonders wichtig das als eines der am meisten Kalk vertragenden Torfmoose bekannte *Sphagnum teres*) auf, die mehr Kalk vertragen als die für die oberen Torfschichten bezeichnenden Arten. Allerdings würde die Behauptung nicht berechtigt sein, daß die Abnahme des Kalkgehaltes in allen Fällen der Anlaß zum Fehlen relativ viel Kalk ertragender Arten in den oberen Torfschichten wäre, sondern es kann auch den Feuchtigkeitsverhältnissen und evtl. noch anderen Umständen ein entscheidender Einfluß zufallen; wohl aber ist der Kalkgehalt dafür bestimmend, welche von den unter den jeweils herrschenden Feuchtigkeitsverhältnissen gut fortkommenden Arten im Konkurrenzkampf die Oberhand gewinnen bzw. überhaupt in Frage kommen können. Wichtig ist ferner noch, zu beachten, daß die Bedeutung des Kalkes für das Gedeihen der Moorpflanzen zum großen Teile in seinem Einfluß auf die Reaktion von Substrat und Nährflüssigkeit liegt, und daß daher der Kalkgehalt nicht immer in einem regelmäßigen Verhältnis zur botanischen Zusammensetzung des Torfes zu stehen braucht, da er wahrscheinlich nicht den einzigen die Reaktion bestimmenden Faktor darstellt; sind die sonstigen die Sauerkeit des Torfes fördernden Faktoren kräftig vertreten, so kann dabei die Reaktion trotz hohen Kalkgehaltes relativ sauer sein, und umgekehrt kann, sind jene Faktoren schwach vertreten, auch bei niedrigem Kalkgehalt die Sauerkeit gering sein. Der Stickstoffgehalt, der auch von der Huminität des Torfes abhängig ist und mit dem Wachsen derselben ansteigt, sinkt im allgemeinen mit der Abnahme des Gefäßpflanzen- und der Zunahme des Sphagnumgehaltes; aber durchaus nicht alle Sphagnumarten stehen in dieser Beziehung auf gleicher Stufe; relativ am niedrigsten ist der Stickstoffgehalt im Eriophorum-Sphagnumtorf. Der Aschengehalt scheint am nächsten die hydrographischen Verhältnisse widerzuspiegeln, unter denen sich die Torfschichten gebildet haben; bei Verlandungsmooren ist er in den untersten Schichten

am größten und vermindert sich im allgemeinen nach oben zu, doch kann bei einem Umschlag aus progressiver Moorentwicklung auch eine Umkehrung dieses Verhältnisses eintreten oder es können durch zufällige Überschwemmungen regellose Schwankungen verursacht werden; bei unter Einfluß von Quellwasser entstandenen Moorbildungen kann der Aschengehalt in der ganzen Schichtenfolge ziemlich auf gleicher Höhe bleiben. In Torfschichten mit anspruchsvollen Moosarten ist der Aschengehalt regelmäßig relativ hoch im Vergleich zu demjenigen in anderen Torfschichten. Die Eisen- und Aluminiumoxyde nehmen bei progressiver Moorentwicklung deutlich vom Boden nach oben zu ab, sind also von den Grundwasserverhältnissen abhängig; ob bzw. welche Bedeutung ihnen für die Aufeinanderfolge der verschiedenen Pflanzengesellschaften zukommt, läßt sich noch nicht entscheiden. Der Gehalt an Kali, Magnesia sowie Phosphor- und Schwefelsäure ist in allen Torfarten gering und zeigt keine Regelmäßigkeit, die in Zusammenhang mit der botanischen Zusammensetzung des Torfes stünde. Was endlich das gegenseitige Verhältnis der verschiedenen Bestandteile angeht, so zeigt der Kalkgehalt keine deutliche Abhängigkeit vom Aschengehalt, denn wenn er auch gewöhnlich in den untersten Torfschichten ebenso wie dieser am größten ist, so folgt doch die Zu- oder Abnahme in einzelnen Teilen der Schichtenfolgen keineswegs immer der Richtung der Veränderungen des Aschengehaltes. Gleiches gilt vom Eisen- und Aluminiumoxydgehalt, während der Stickstoffgehalt stellenweise Parallelität mit dem Aschengehalt zeigt.

Die pflanzengeographischen Hauptgruppen der süd-schwedischen Flora behandelt eine in schwedischer Sprache erschienene, mit deutscher Zusammenfassung versehene ausführliche und durch 409 als Textabbildungen gedruckte Karten erläuterte Arbeit von FREDRIK HARD (Malmö 1924, 4°, 244 S.). Sie ist zunächst in methodischer Hinsicht durch die Art und Weise bemerkenswert, in der Verf. die vielen häufigen im ganzen Gebiet verstreut, wenn auch in seinen verschiedenen Teilen mit verschieden hoher Frequenz vorkommenden Arten behandelt, für die die bei seltenen oder ausgesprochen einseitig verbreiteten Arten angewendete kartographische Methode keinen gangbaren Weg darstellte. Er fand nämlich, daß sich in Südschweden drei natürliche pflanzengeographische Gebiete unterscheiden lassen, das eutrophe Gebiet mit meist schwach coupiertem Gelände, nahrungsreichem, oft stärker kalkhaltigem Boden und günstigem Klima, das mesotrophe Gebiet mit stärker variierendem Gesteinsgrund und coupiertem Terrain, und das oligotrophe Gebiet mit meist magerem Boden und wenig coupiertem Terrain, wo das Grundwasser mehr stagniert, reicher an Humussäuren wird und sich in zahlreichen Seen sammelt. An diese Gebiete nun lehnen sich im allgemeinen die häufigen Arten an, die in ihrer Frequenz größere Schwankungen aufweisen; sie lassen sich auf folgende Kategorien verteilen: A. Stenotrophe Arten mit deutlicher Vorliebe für eines der Gebiete: 1. Eutrophe Arten, die für das eutrophe Gebiet oder für dieses und das mesotrophe charakteristisch sind; 2. mesotrophe Arten; 3. oligotrophe Arten, charakteristisch für das oligotrophe oder für dieses und das mesotrophe Gebiet. B. Eurytrophe Arten, die sich an keins der Gebiete enger anschließen. Abgesehen von den bei seinen Reisen gesammelten Erfahrungen hat Verf. bei der Verteilung der häufigen Pflanzen auf diese Gruppen sich auf genaue Untersuchungen der Flora in je einem kleineren Ausschnitt jedes der 3 Gebiete gestützt und die Resultate in tabellarischer Form dargestellt und statistisch ausge-

wertet. Für die in größeren Teilen des Untersuchungsgebietes fehlenden Arten hat Verf. alles zuverlässige Material in Karten vom Maßstabe 1 : 1 000 000 in Form von Punkten aufgetragen, wodurch sich ergab, daß sie sich größtenteils in eine relativ kleine Anzahl natürlicher pflanzengeographischer Gruppen einreihen lassen. Es sind dies folgende: I. Meeresufer- und Küstenpflanzen. II. Kalkstete oder stark kalkholde Arten. III. A. Ausgeprägt eutrophe Arten. III. B. Eutrophe Arten, die auch im mesotrophen Gebiet verbreitet sind. IV. Mesotrophe Arten. V. Oligotrophe Arten. VI. Die *Herniaria*-Gruppe, größtenteils südliche oder kontinental-mitteuropäische Pflanzen umfassend, die manche Berührungspunkte mit den eutrophen Arten zeigen. VII. Westliche Arten, wozu neben den atlantischen Arten auch solche gehören, die in Europa weiter verbreitet, im Gebiet aber auf dessen westliche Teile lokalisiert sind. Am interessantesten sind die ersteren, über deren Verbreitungsverhältnisse im Zusammenhang mit den sie bedingenden klimatischen und edaphischen Faktoren Verf. sich eingehend äußert. Er gelangt dabei zu dem Resultat, die Verbreitungsgrenze von *Narthecium* als Scheidelinie zwischen dem subatlantischen und dem mittelbaltischen Gebiet zu wählen, weil sie nicht nur die Grenze zwischen der Hauptmasse der westlichen und derjenigen der kontinentalen Elemente in der Flora von Südschweden bildet, sondern auch weil sich noch andere Gruppen an diese Grenze in ihren verschiedenen Teilen anschließen, so daß dieselbe einen durchgreifenden Umschlag der Vegetation von ganz Südschweden markiert. Innerhalb jener Linie liegt auch das ganze oligotrophe Gebiet, außerhalb derselben die ganze große *Herniaria*-Gruppe und der größere Teil der eutrophen Arten. VIII. Die südlichen Arten, eine zum größten Teil temperaturklimatisch bedingte Gruppe. IX. Nördliche Arten, zum Teil an Kalk gebunden, der Mehrzahl nach aber an die Hochlands- gegenden des Gebietes sich anschließend und die Küstengegenden meidend. Hinzugefügt sei noch, daß Verf. außer einer Übersicht über die Naturbeschaffenheit und die postglaziale Entwicklungsgeschichte des Gebietes auch den Veränderungen der Flora in geschichtlicher Zeit und den sie bewirkenden Faktoren näher nachgeht; alles in allem handelt es sich also um eine an Gedanken und neuen Gesichtspunkten reiche Arbeit, die nicht nur eine treffliche Darstellung der Pflanzengeographie von Südschweden bietet, sondern die vor allem auch in Anbetracht der zahlreichen gemeinsamen Arten auch unmittelbar für die mitteleuropäische Pflanzengeographie erhebliches Interesse bietet.

Die Vegetation der Insel Gotland behandelt G. E. DU RIETZ in einer Arbeit¹⁾, die in ihrem überwiegenden Teile zwar nur eine Darstellung der Ergebnisse der rein floristischen Analyse der beobachteten Assoziationen bringt unter Anordnung derselben nach dem Formationssystem des Verf. (Falllaubwälder mit den Unterabteilungen Zwergstrauch- und Wiesenfalllaubwälder, Nadelwälder gegliedert in feldschichtlose Nadelwälder, Zwergstrauch-, Grasheiden- und Wiesen-nadelwälder, Fallaub- und Nadelgebüsch, Zwergstrauchformationen, Krautheden, Wiesen- und Krautgrasmoore), in der aber bei der Behandlung der reinen Flechtenassoziationen, deren Studium in Skandinavien Verf. schon seit längerer Zeit zu seiner Spezialaufgabe gemacht hat, auch manche in ökologischer Hinsicht interessante Erscheinungen, wie z. B. das Auftreten der verschiedenen Gesellschaften auf horizontalen und vertikalen Felsflächen, auf trockenem oder nassem Sub-

¹⁾ G. E. DU RIETZ, Gotländische Vegetationsstudien. Svenska växtsociolog. sällsk. handl. II, 65 S. Upsala 1925.

strat, an der Sonne exponierten oder beschatteten Stellen u. dgl. m. berührt werden. Von besonderer Wichtigkeit ist der vom Verf. durchgeführte Vergleich der Zonation der Vegetation an den gotländischen aus Kalk bestehenden Strandfelsen einerseits und an den Kieselgesteinsfelsen der ostschwedischen Festlandsküste andererseits, wobei zugleich auch die Frage der Regionengliederung der Meeresufervegetation eine zum Teil neue Lösung erfährt. Verf. verzichtet dabei auf die in der bisherigen Literatur in äußerst mannigfaltigem Sinne gebrauchten Ausdrücke Litoral, Supralitoral, Sublitoral usw. und unterscheidet als Hauptstufen zunächst die marine — diese mit dem Gürtel von Phäophyceen, Rhodophyceen und Chlorophyceen einerseits und mit dem Cyanophyceen-Gürtel andererseits — und die terrestrische, welche letztere aus der hygrohalophyten- oder hygrohyalinen Region und der euterrestrischen besteht. Besonders wird dabei auf die im allgemeinen sehr scharfe und natürliche Grenze der Hygrohalophytenregion hingewiesen, die sich im Aufhören einer Menge der Charakterarten dieser Region äußert, und die ihre ökologische Bedingung in dem Aufhören der intermittenten Salzwasserüberspülung hat, d. h. mit der Grenze der höchsten Sturmwellen zusammenfällt; zu dieser Region gehört einerseits der schon von WARMING beschriebene Maura-Gürtel (*Verrucaria maura*) und andererseits der durch verschiedene Flechtenassoziationen gekennzeichnete untere und obere Sturmgürtel, während die euterrestrische Zone mit Aerohalophyten beginnt und dann zu nichthalophytischen Gesellschaften überleitet. Der erwähnte Vergleich ergibt nun, daß die Vegetation der unteren Zonen bei beiden Gesteinstypen die gleiche ist und eine je weiter nach oben zu um so schärfer akzentuierte Divergenz erst von der oberen Hälfte des unteren Sturmgürtels ab sich bemerkbar zu machen beginnt. Jene Übereinstimmung der untersten vom Meereswasser am stärksten beeinflussten Zonen ist wahrscheinlich ein Alkalinitätsproblem, da sowohl Kalk- als auch Salzböden entschieden alkalisch sind; von Interesse ist dabei auch die Erscheinung, daß die Kalkfacies des oberen Sturmgürtels eine bemerkenswerte Ähnlichkeit mit der ornithokoprophilen Facies desselben Gürtels auf Kieselgestein darbietet, daß also Kalkgestein und Vogelekxkreme für viele Arten ökologisch gleichwertig erscheinen. Der Schlußabschnitt der Arbeit endlich enthält einige allgemeine Betrachtungen über die Vegetation der gotländischen Felsböden sowie der baltischen Silurkalkfelsböden überhaupt. Im Anschluß an HESSELMANN unterscheidet Verf. 3 Typen von Felsböden, nämlich die nackten Felsböden, auf den härtesten Kalksteintypen auftretend, bei denen die Verwitterung sehr gering gewesen ist, und der Fels, der hauptsächlich nur von Krustenflechten überzogen wird, von zahlreichen tiefen Spalten und Trichtern durchsetzt ist, die Felsböden mit infolge von tiefgehenden Spalten gut drainierter Verwitterungserde, die besonders von Felsbodenkiefernwäldern bewohnt werden, und die Felsböden mit undrainierter Verwitterungserde. Dieser dritte Typus, vom Verf. als „Kiesalvar“ bezeichnet, ist der für die baltischen Silurgebiete am meisten charakteristische, ein durch den Charakter des baltischen Silurkalkes (horizontale Kalkfelsebenen von mehr oder weniger mergligem Kalkstein mit sehr wenigen tiefen Spalten, also sehr schlechter Drainage und einer nur ganz dünnen Schicht von Verwitterungserde) und das kaltemperierte ziemlich kontinentale Klima mit strengen Wintern und heißen Sommern bedingtes Phänomen, das in südlicheren Gebieten wegen des Fehlens der zweiten Bedingung keine Parallele zeigt.

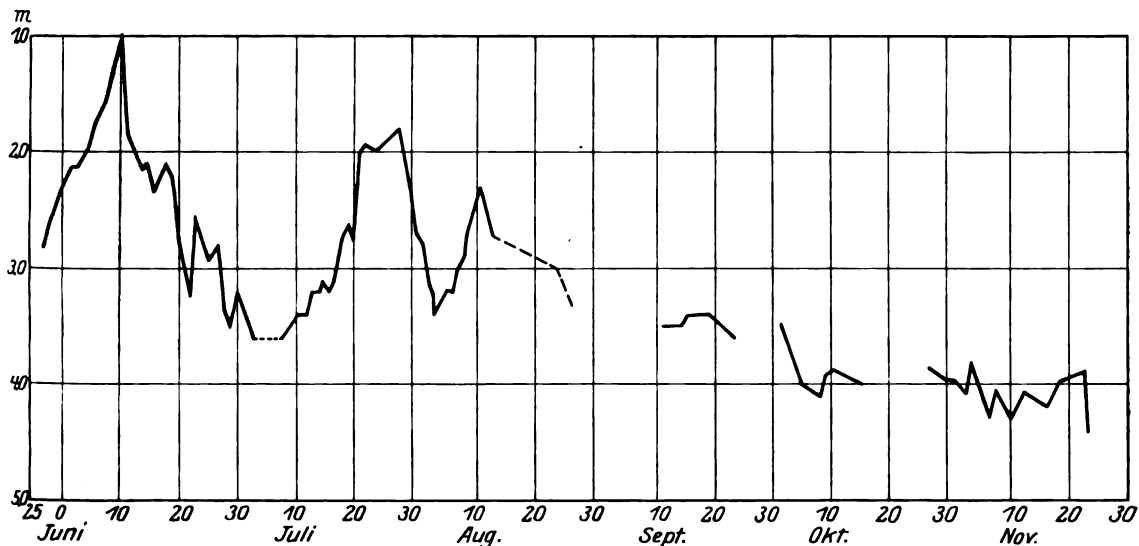
W. WANGERIN.

Astronomische Mitteilungen.

Die Nova Pictoris. In Ergänzung der Notiz über die Nova Pictoris in Heft 37, S. 384, 1925, seien zuerst noch einige Mitteilungen über die Vorgeschichte des Sternes gegeben. Genaue Ortsbestimmungen des neuen Sternes haben für seine Position $\text{Rechascension} = 6^{\text{h}} 34^{\text{m}} 56^{\text{s}}.6$, $\text{Declination} = -62^{\circ} 34' 33''$ (1925,0) ergeben, so daß die Nova nicht identisch ist mit dem früher genannten Stern 10. Größe CPD $-62^{\circ} 679$, sondern mit einem 47^{a} westlich von diesem stehenden unkatalogisierten Sternchen 12^m.75. Dieser Stern ist auf den Harvard-Photographien der letzten 35 Jahre enthalten und läßt keine Helligkeitsschwankungen erkennen. Am 26. Dezember 1924 ist er noch in seiner normalen Helligkeit und auch am 18. Februar 1925 ist er noch schwächer als 12. Größe, also wahrscheinlich ebenfalls noch in seiner gewöhnlichen Helligkeit. Dagegen zeigt ihn eine Aufnahme vom

tungsreihe mit, desgleichen behandelt W. H. WRIGHT die viel kürzere Serie von Santiago in den Publications of the Astr. Soc. of the Pacific, 37, 235 vom Oktober 1925.

Infolge des relativ langsamen Anstieges zum Helligkeitsmaximum konnten die spektralen Vorgänge in diesem Stadium gut überwacht werden, so daß wir jetzt zum ersten Male einen Einblick in das Verhalten eines neuen Sternes in dieser wichtigen Phase seiner Entwicklung erhalten. Nach den zitierten Quellen zeigt die Nova während der ganzen Zeit von ihrer Entdeckung bis zum 8. Juni ein Spektrum vom Typus F mit kräftigen Absorptionslinien, die außer dem Wasserstoff in der Hauptsache dem ionisierten Fe, Ti, Sc, Cr, Ca, Sr und Mg angehören. Die Linien sind etwa um $1 \text{ \AA}$ aus ihrer normalen Lage nach Violett verschoben. In vielen Fällen sind sie auf der roten Seite von schmalen



Lichtkurve der Nova Pictoris nach Beobachtungen in La Plata.

13. April als Stern 3. Größe, so daß der Anfang der Lichtzunahme irgendwann zwischen diesen beiden Daten erfolgt sein muß. Bei der Auffindung am 25. Mai ist die Helligkeit auf 2^m.4 angewachsen und erst am 9. Juni erreicht sie ihr Maximum mit 0^m.96, so daß die Helligkeitszunahme, die sonst bei neuen Sternen nur wenige Tage beansprucht, bei der Nova Pictoris wahrscheinlich mehr als 8 Wochen andauerte. In nebenstehender Figur ist der Lichtwechsel der Nova nach Beobachtungen in La Plata zwischen dem 27. Mai und 23. November 1925 wiedergegeben. Die Lücken in der Kurve sind durch schlechtes Wetter bedingt.

Das spektrale Verhalten des neuen Sternes wurde besonders an der Kapsternwarte, in La Plata, Arequipa und auf der Filiale der Licksternwarte in Santiago verfolgt. Die Spektren wurden am Kap mit einem 4-Prismenspektrographen, in La Plata und Santiago mit einem oder zwei Prismen und in Arequipa mit einem Objektivprisma erhalten. Die Beobachtungen am Kap erstrecken sich vom Tage der Entdeckung bis Ende des Jahres 1925. J. LUNT teilt im Observatory 49, 57 (Februar 1926) Einzelheiten über diese Beobach-

Emissionslinien begrenzt, die eine Verschiebung von etwa $0,5 \text{ \AA}$ nach Rot aufweisen. In seinem Aussehen hat das Spektrum wegen der Doppelnatur dieser Linien eine gewisse Ähnlichkeit mit dem von P. CYGNI, obwohl die Linien hier anderen Ursprungs sind. Bis zur Erreichung des Helligkeitsmaximums verändert sich das Spektrum nur wenig, nur die Absorptionen werden etwas kräftiger. Beim Eintritt der größten Helligkeit am 9. Juni machen sich jedoch sehr deutliche Störungen der Linien bemerkbar, die mit einer Erweiterung der meisten Linien auf ihrer violetten Seite anfangen und zu einer Verschiebung dieser Linien nach Violett um etwa $4,5 \text{ \AA}$ gegenüber ihrer normalen Lage führen. Diese Verschiebung erhält sich nahezu konstant bis Anfang September, als eine weitere plötzliche Verschiebung auf etwa $-6 \text{ \AA}$ eintritt. Diese Lage erhält sich dann konstant bis zum Jahresende. Im Zusammenhang mit der starken Verschiebung des Absorptionsspektrums beim Eintritt des Helligkeitsmaximums wird das Spektrum viel komplizierter als vorher. Es treten neue Linien auf, die dem Al, V, Mn, Y, Zr angehören, auch Linien niederer Temperatur erscheinen.

Auf der roten Seite der Hauptlinien entwickeln sich etwa 10 Å breite Emissionsbänder, wobei die Strukturen der Wasserstoff- und Metallemissionen deutlich voneinander verschieden sind. Neben dem um $-6,5$ Å verschobenen Absorptionsspektrum sind jedoch auch noch eine ganze Anzahl Linien vorhanden, die nur um den vor dem Lichtmaximum auftretenden Betrag von -1 Å verschoben sind. Am 12. Juni, also 3 Tage nach dem Helligkeitsmaximum, tritt ein drittes, sehr stark nach Violett verschobenes Absorptionsspektrum auf, das nur aus wenigen Linien besteht, die außer dem Wasserstoff dem ionisierten Eisen und Titan angehören. Diese Linien sind etwa um $17,5$ Å nach Violett verschoben.

Gegen Ende Juni, als die Helligkeit des Sternes auf $3^m,6$ gesunken ist, werden das kontinuierliche Spektrum und die Absorptionen schwächer, die Emissionen treten kräftiger hervor. Beim Erreichen des zweiten, flacheren Helligkeitsmaximums um Ende Juli herum, wird das kontinuierliche Spektrum aber wieder stärker und dementsprechend die Emissionen schwächer. Das Hauptabsorptionsspektrum mit einer Verschiebung von $-4,5$ Å tritt wieder deutlicher hervor, doch ist es jetzt weniger linienreich und die Linien gehören in höherem Maße den ionisierten Elementen an als früher. Von dann ab bis gegen Ende September werden die metallischen Absorptionslinien langsam schwächer. Die stark verschobenen Wasserstofflinien und die Fe^+ -Linie 4233 erleiden tiefgreifende Veränderungen. Sie spalten sich in mehrere Komponenten, zeigen häufig eine fortschreitende Verengung und voneinander unabhängige Lageänderungen, so daß es den Anschein erweckt, als ob eine jede Komponente von aufeinanderfolgenden Wasserstoffausbrüchen herrührte, die sich von dem Stern entfernen und im Raume zerstreuen.

Im Laufe des Oktobers und Novembers entwickelt sich langsam ein Spektrum, das dem von η Argus ähnlich ist. In diesem Verhalten zeigt die Nova Pictoris ebenfalls eine Abweichung gegenüber den früher erschienenen neuen Sternen, deren Spektren im späteren Stadium die typischen Nebellinien bei 5007 Å, 4959 Å und 4363 Å zeigten, während diese Linien bei der Nova Pictoris bisher fehlen. Neben den stark verschobenen Wasserstofflinien treten jetzt auch dunkle Heliumlinien auf, die besonders Anfang Dezember sehr kräftig sind und in Übereinstimmung mit den Wasserstofflinien eine Verschiebung von $-18,8$ Å zeigen. Das Absorptionsspektrum von -6 Å Verschiebung ist noch, wie schon weiter oben erwähnt, vorhanden.

Über die Ursache des Aufleuchtens der neuen Sterne äußert sich J. HARTMANN in den Astron. Nachrichten Nr. 5413. Die in La Plata angestellten photometrischen und spektrographischen Beobachtungen führen ihn zu der auch schon früher von anderer Seite vertretenen Ansicht, daß die SEELIGERSche Theorie der neuen Sterne, nach welcher das Aufleuchten auf die mit dem Eintritt eines Sternes in eine kosmische Staubwolke verbundene Erhitzung zurückzuführen ist, durch die Beobachtungen der Nova Pictoris keine Stütze findet. Man muß vielmehr die Ursache des Aufleuchtens in physikalisch-chemischen Umwand-

lungen im Inneren des Sternes suchen. HARTMANN nimmt an, daß eine chemische oder radioaktive Umwandlung im Mittelpunkt des Sternes beginnt und sich nach der Oberfläche hin ausbreitet. Über die Ursachen, die den Anlaß zu dieser Umwandlung geben, sind wir naturgemäß noch völlig im unklaren. Nach HARTMANN tritt als Folge dieser Störung des physikalisch-chemischen Gleichgewichts ein starkes Aufblähen des Sternes ein, wobei die Oberflächentemperatur im wesentlichen keine Veränderung erleidet, sondern nur die Gesamthelligkeit infolge der stark vergrößerten Oberfläche schnell zunimmt. Eine gewisse Stütze findet diese Annahme in der Tatsache, daß das Spektrum der Nova Pictoris sich in der Zeit von der Entdeckung, bis zum Eintritt des Lichtmaximums fast nicht verändert hat, die Flächenhelligkeit also wahrscheinlich immer die gleiche blieb, und nur die Gesamthelligkeit größer wurde. Erreicht der Umwandlungsprozeß die Oberfläche des Sternes, so tritt das Helligkeitsmaximum ein und gleichzeitig erscheint das charakteristische Novaspektrum mit den stark nach Violett verschobenen Absorptionslinien und den breiten Emissionsbändern.

HARTMANN zieht aus dieser Hypothese einige Schlüsse, die mit der Erfahrung nicht im Widerspruch zu stehen scheinen. Er nimmt an, daß in erster, roher Annäherung die gemessene Radialgeschwindigkeit vor dem Helligkeitsmaximum gleich ist der Aufblähungsgeschwindigkeit des Sternes und berechnet damit die Zunahme des Radius für die Zeit vom 27. Mai bis 9. Juni zu 157 Millionen Kilometer. Aus dem beobachteten Helligkeitsunterschied von $1^m,84$ für diese beiden Tage, dem ein Helligkeitsverhältnis von $1:5,45$ entspricht, findet er unter der Annahme unveränderter Oberflächenhelligkeit für die Zwischenzeit das Verhältnis der Radien für die genannten Tage zu $1:2,11$, so daß der Halbmesser der Nova am 27. Mai 141 Millionen Kilometer und am 9. Juni 298 Millionen Kilometer betragen hätte. Ebenso findet man für den Radius des Sternes in seinem früheren Normalzustand, welchem die Helligkeit $12^m,75$ entspricht, 1,4 Millionen Kilometer, gleich dem doppelten Sonnenradius. Diese Größe stimmt gut überein mit dem mittleren Radius der A-Sterne. In Verbindung mit dem so ermittelten Radius, der scheinbaren Helligkeit und der von WILSON für normale Sterne bestimmten Oberflächenhelligkeit leitet HARTMANN auch die Entfernung der Nova ab, die sich zu 4500 Lichtjahren ($\pi = 0''.0007$) ergibt.

Man wird natürlich allen diesen Zahlenwerten kein übermäßig großes Gewicht beilegen können, aber die Beobachtungen zeigen doch, daß wir bei der Erklärung des Novaphänomens ohne eine Vergrößerung des Durchmessers nicht auskommen können. Würde die Helligkeitszunahme einer Nova nur allein auf Temperaturerhöhung zurückgeführt, so könnte man selbst in dem Falle, daß der Stern die ganze uns bekannte Temperaturskala der Sterne durchläufe, nur höchstens den zehnten Teil der Helligkeitszunahme der Nova Pictoris erklären.

OTTO KOHL.





DEM ANDENKEN

AN

JOSEPH FRAUNHOFER

ZUR JAHRHUNDERTFEIER
SEINES TODESTAGES

★

Inhalt:

	Seite
Die Lehre von der Beugung bis zu FRESNEL und FRAUNHOFER. Von H. BOEGEHOLD, Jena	523
FRAUNHOFER als Mechaniker und Konstrukteur. Von FR. MEYER, Jena	533
JOSEPH FRAUNHOFER als der 'Schöpfer der deutschen Feinoptik. Von M. VON ROHR, Jena	539
FRAUNHOFERs Forschungen zur Glasbeschaffenheit und Farbenhebung sowie seine Leitung der Glashütte zu Benediktbeurn. Von M. v. ROHR, Jena	553

Die Lehre von der Beugung bis zu Fresnel und Fraunhofer.

Von H. BOEGEHOLD, Jena.

Als A. FRESNEL 1815 und JOS. FRAUNHOFER wenige Jahre später ihre Untersuchung der Beugungserscheinungen begannen, da war die Beschäftigung der Physiker mit dieser Eigenschaft des Lichtes 150 Jahre alt, hatte aber nur zu einer Sammlung unerklärter und praktisch nicht benutzter Beobachtungen geführt¹⁾.

F. M. GRIMALDI veröffentlichte 1665 die ersten hierher gehörenden Beobachtungen. Er beobachtete in einem verdunkelten Zimmer, worin ein Lichtbündel durch eine enge Öffnung auf die Hinterwand oder einen weißen Schirm fiel. In den Lichtkegel stellte er einmal einen schmalen, undurchsichtigen Körper (ein Haar, eine dünne Platte), das andere Mal einen Schirm mit einer engen Öffnung. Er bemerkte, daß im ersten Falle der aufgefangene Schatten, im zweiten der helle Kreis auf dem Auffangschirme viel breiter war, als die geometrische Projektion erwarten ließ. Im ersten Falle sah er auch farbige, zwei blaue und zwei rote Streifen, die der Schattengrenze parallel waren; etwas verwickelter wurde die Erscheinung, wenn der schattengebende Körper die Gestalt eines Winkels (etwa I°) hatte. Bei sehr starkem Lichte fand GRIMALDI auch innerhalb des Schattens farbige Streifen.

Über die Maßverhältnisse ist ihm bekannt, daß die Öffnungen (oder der schattengebende Körper) klein, die Abstände zwischen der Öffnung des Ladens und dem Hindernis sowie zwischen diesem und der Wand groß sein müssen, er gibt folgendes Beispiel:

lichtgebende Öffn. $\frac{4}{300}$ bis $\frac{5}{300}$ röm. Fuß = 4–5 mm.
Öffn. im Schirm $\frac{25}{300}$ bis $\frac{30}{300}$ röm. Fuß = 25–30 mm.

Der Abstand des Schirmes von der lichtgebenden Öffnung und der der Wand vom Schirme müsse mindestens 12 Fuß = 3,6 m sein.

Die erwähnten Versuche bilden den Anfang des GRIMALDISCHEN Werkes (I–II). An einer späteren Stelle (231/2) führt er, unter ausdrücklicher Betonung der Gleichartigkeit der Ursache Versuche an, bei denen die Beugung an einer spiegelnden Oberfläche eintritt. Das Licht wird wieder durch eine enge Öffnung eingelassen, fällt auf die (metallische) Oberfläche, die viele kleine Unregelmäßigkeiten (Ritzen u. dgl.) hat und wird

auf der Wand aufgefangen. Man sieht außer Wellenlinien verschiedenster Art wieder Farbstreifen¹⁾. Statt der Platte genüge ein Metallfaden. Indem GRIMALDI hier die Regenbogenfarben anführt, die man beim Blick auf sonnenbeleuchtete Spinnfäden wahrnimmt, führt er auch — in unserer Bezeichnung — eine FRAUNHOFERSCHE Beugungserscheinung an.

R. HOOKE teilt (1672) eine Anzahl ähnlicher, vielleicht unabhängig angestellter Versuche mit. Neu ist seine Beobachtung, als er in den Lichtkegel keinen schmalen, sondern einen breiten Körper (einen scharf, schneidenförmig, begrenzten Schirm) einführte, der einen Teil des Kegels völlig abschnitt. Er sah, daß sich auf dem Schirm ein Lichtschein weit in den Schatten hinein erstreckte.

Is. NEWTON widmete der Beugung das dritte Buch seiner Optik (1704). Obwohl er seine Versuche vorzeitig abbrach, boten sie doch viel Neues. Zunächst beobachtete er mit viel kleineren Öffnungen und Körpern als GRIMALDI. Die lichtgebende Öffnung hatte $\frac{1}{48}$ (engl.) Zoll = 0,60 mm Durchmesser, als schattenwerfender Körper diente ein Haar, dessen Durchmesser $\frac{1}{280}$ Zoll = 0,091 mm betrug. Als beugende Öffnung benutzte er den Spalt zwischen zwei Messerschneiden, den er bis auf $\frac{1}{400}$ Zoll = 0,063 mm verengen konnte. Infolgedessen vermochte er statt der drei Farbensäume GRIMALDIS vollständige Spektren zu beobachten.

Die Schattenbeobachtung wiederholte NEWTON, indem er, statt weißes Licht auf das Haar zu werfen, ein Prisma vor die lichtgebende Öffnung stellte und damit nahezu einfarbiges Licht anwandte. Er erhielt nun helle und dunkle Streifen, die bei rotem Lichte am breitesten waren, darauf konnte er die Beschaffenheit der Spektren zurückführen, bei denen das Rot außen war.

Von Wichtigkeit ist weiter, daß NEWTON die ersten Versuche machte, die Erscheinung messend zu verfolgen und sowohl ihre Abhängigkeit von der Entfernung des auffangenden Schirmes wie auch beim Spaltversuch von der Entfernung der Schneiden voneinander zu ermitteln.

Beim Haarversuch fand NEWTON, daß die Ausdehnung des Schattens bei weiterem Abstände des

¹⁾ Wegen Zeitmangels habe ich nur einen Teil der für die Vorgeschichte in Frage kommenden Abhandlungen eingesehen und bin bei den übrigen der Darstellung von J. PRIESTLEY gefolgt.

¹⁾ PRIESTLEY S. 138 schreibt diesen Versuch C. F. M. DECHALES zu (1674), der vielleicht anstatt der Metallplatte zuerst eine Glasplatte mit Ritzen genommen hat, eine richtigere Angabe hat J. B. BIOR S. 773.

auffangenden Schirmes beständig zunahm, aber freilich diesem Abstände nicht proportional war. Er gibt an¹⁾:

Haar-Auffangeschirm	Schattenbreite
4 Zoll = 0,102 m	$\frac{1}{60}$ Zoll = 0,42 mm = 4,5 Haarbr.
2 Fuß = 0,609 m	$\frac{1}{28}$ Zoll = 0,91 mm = 10 Haarbr.
10 Fuß = 3,045 m	$\frac{1}{8}$ Zoll = 3,17 mm = 35 Haarbr.

Weiter maß er bei weißem Licht in zwei verschiedenen Entfernungen außer der Breite des Schattens auch die hellsten Stellen der Spektren auf der auffangenden Teilung. Beim Spaltversuch suchte er die Fransen im Innern des Lichtspalts zu messen und ihre Abhängigkeit von der Spaltbreite festzustellen, indem die Schneiden nicht parallel, sondern in einem Winkel zueinander aufstellte und den Verlauf der Fransen in verschiedenen Entfernungen des Auffangeschirms beobachtete.

Zur Erklärung der Beugung nahm NEWTON eine abstoßende Kraft der Teilchen des Körpers auf die Teilchen des Lichtes an, die für die roten Lichtkörperchen am größten sei. Daß der Schatten nicht proportional dem Abstände wachse, erklärt er daraus, daß die dem Rande nächsten Teilchen stärker abgelenkt würden als die ferneren, und daher die Bahnen einander schnitten. Die bei einfarbigem Lichte hellen und dunkeln Säume sucht er dadurch begreiflich zu machen, daß die Lichtteilchen „in aalartiger Bewegung mehrmals hin und her gebeugt würden“, andere Anhänger der Emanationstheorie haben eine periodische Wirkung der Kräfte angenommen.

Seltsamerweise leugnet NEWTON (S. 218, Frage 28) die im geometrischen Schatten zu beobachtenden Beugungserscheinungen geradezu ab, obgleich einige von seinen Vorgängern schon festgestellt waren und er selbst den HOOKESCHEN Schneidenversuch auch wiederholt hat (S. 91/2, 5. Beob.). Seine Nachfolger mußten zu ihrer Erklärung noch eine anziehende Kraft annehmen, wodurch die Theorie immer verwickelter wurde, ohne doch die Erscheinungen ihre Größe nach aufklären und voraussagen zu können.

Für das 18. Jahrhundert sei von den Beobachtern der Beugung G. F. MARALDI (1723) erwähnt. Ein Teil der von ihm gesehenen Erscheinungen ist nicht der Beugung, sondern subjektiven Gründen (Kontrast!) zuzuschreiben²⁾. Er wiederholt mit kleinen Änderungen die Versuche seiner Vorgänger, wird aber namentlich später noch wegen einer Beobachtung anzuführen sein.

TH. YOUNG war es, der (1802—1804) bekanntlich den Interferenzgrundsatz in die Optik einführte. Er erklärte daher auch die Beugung zuerst durch das Zusammenwirken mehrerer Lichtstrahlen, wenn auch, wie gleich zu erwähnen,

in nicht ganz befriedigender Weise. Ein oft erwähnter Versuch von ihm bestand darin¹⁾, daß er die Fransen innerhalb und außerhalb des Schattens eines dünnen Körpers beobachtete und nun das von dem einen Rande nach dem Auffangeschirm gehende Licht abging; sogleich verschwanden die inneren Fadenstreifen, es wirkte nur der andere Rand wie beim HOOKESCHEN Schneidenversuch. Eine Abänderung hat später F. ARAGO (*) angegeben.

Unmittelbar vor dem Auftreten FRESNELS erschien der 4. Band des Lehrbuchs der Physik von J. B. BIOT²⁾; der Verfasser gibt (S. 743 ff.) eine Anzahl von ihm in Gemeinschaft mit C. S. M. POUILLET angestellte Versuche. Die lichtgebende Öffnung war 1 mm breit. Statt des Auffangeschirms wurde ein Mattglas verwandt. Die Beobachter fanden zunächst die farbigen, oder bei einfarbigem Lichte hellen und dunkeln Ringe, die bei Einschaltung eines (zweiten) runden Loches sich zeigten; sie stellten diese bei verschiedenen Entfernungen der Mattscheibe und auch ohne Mattglas bei einfacher Durchsicht durch das Loch (also der FRAUNHOFERSCHEN Erscheinung) fest. Dann aber gingen sie zum Spaltversuch über und beobachteten mit möglichst einfarbigem, aus dem Prismenspektrum ausgesondertem Lichte. Sie sahen so eine weit größere Zahl von hellen und dunklen Streifen als ihre Vorgänger.

Hier findet sich zunächst ein Unterschied angedeutet, dessen logische Verfolgung zur Einteilung der Beugungserscheinungen in die FRAUNHOFERSCHEN und die FRESNELSCHEN geführt hat (S. 748/9). Die Verfasser stellten zunächst ihre auffangende Mattscheibe in eine solche Entfernung, daß „keine neuen Streifen mehr entstehen, die Erscheinung vollständig ist“, sodann suchen sie die Ausbildung der Erscheinung in größerer Nähe zu beobachten. Für die „vollständige“ Erscheinung erhalten sie folgende Gesetze:

1. Bezeichnet man die Entfernung des ersten dunklen Streifens von der hellen Mitte mit $2e$, so haben die dunklen Streifen von ihr die Entfernungen $2e, 4e, 6e, 8e \dots$, die hellen die Entfernungen $3e, 5e, 7e, 9e \dots$. Die Verfasser machen darauf aufmerksam, daß das nämliche Gesetz für die Entstehung der NEWTONSCHEN Streifen bei dünnen Platten gilt, nur daß hier e dem Dickenunterschied proportional ist.

2. Für Licht verschiedener Farbe verhalten sich (bei festem Schneidenabstand) die Werte von e bei den Beugungserscheinungen ebenso wie bei den NEWTONSCHEN Platten.

3. Bei einem Mittel von höherem Brechungsverhältnis n wird die Breite der Streifen im Verhältnis $1 : n$ zusammengezogen.

4. Die Erscheinung unterscheidet sich von der

¹⁾ Es sei hinzugefügt, daß das Haar von der lichtgebenden Öffnung stets 12 Fuß = 3,7 m entfernt war.

²⁾ So hat er (nicht im verdunkelten Zimmer, sondern im vollen Sonnenlicht) den dunklen Streifen zwischen Kern- und Halbschatten, sowie den hellen zwischen Halbschatten und beleuchtetem Teil gesehen.

¹⁾ Miscellaneous works I, 179/81.

²⁾ Nach S. 767/8 hatte FRESNEL seine ersten Untersuchungen schon der Akademie bekanntgemacht, aber noch nicht veröffentlicht.

NEWTONSchen dadurch, daß die Streifen mit weiterer Entfernung von der Mitte an Intensität abnehmen.

Indem die Verfasser nun das Mattglas ganz nahe an den Spalt bringen und dann allmählich entfernen, sehen sie im Innern des hellen Feldes von einer gewissen Entfernung ab eine Menge heller und dunkler Streifen. Bei weiterem Abstände verbreitern sich diese Streifen und ihre Zahl nimmt ab; dabei ist die Mitte bald hell, bald dunkel. Bei größerem Abstände bleibt das ganze mittlere Feld hell, und es erscheinen (nicht ganz klar wann) die äußeren Streifen, die bei der „vollständigen“ Erscheinung beobachtet sind. Die Verfasser stellen fest, daß dieser Verlauf von der Weite des Spaltes abhängt, indem die helle Mitte bei engem Spalte früher erscheint. Ein Rückschritt gegen NEWTON ist darin zu erkennen, daß BIOT und POUILLET die Erscheinung so darstellen, als verbreite sich einfach eine Reihe heller und dunkler Fächer geradlinig von der Öffnung aus.

BIOT und POUILLET haben noch eine Anzahl Versuche teils selbständig unternommen, teils solche ihrer Vorgänger vervollständigt, so namentlich die beim Zurückwurf des Lichtes an schmalen Metallstreifen oder gerillten Metallflächen (768 bis 773) entstehende Beugung beobachtet, wobei sie (mindestens teilweise) ohne Auffangschirm beobachteten. Beim HOOKESchen Schneidenversuch sahen sie (766) die Streifen im hellen Raum und ihr Fehlen im dunkeln, machten aber nicht auf die dort auftretende Erhellung aufmerksam. Endlich haben sie die Beugungserscheinungen beobachtet, wenn nicht durchsichtige und undurchsichtige Körper aneinander stoßen, sondern nur Körper, bei denen Durchlässigkeit oder Brechungsvermögen verschieden sind (754).

BIOT und POUILLET werden von FRAUNHOFER ausdrücklich als Vorläufer erwähnt, außerdem macht er noch auf einen Aufsatz des jüngeren TOBIAS MAYER¹⁾ in den Schriften der Göttinger Akademie 1816/18 aufmerksam. TOBIAS MAYER hat in geschickter Weise die Versuche und manche Beobachtungen seiner Vorgänger wiederholt; unabhängig von FRESNEL und etwa gleichzeitig mit ihm ist er auf den Gedanken gekommen, die Erscheinungen, ohne sie aufzufangen, mit der Lupe zu beobachten²⁾.

Bevor die Leistungen FRESNELS besprochen werden können, muß mit einigen Worten auf den damaligen Stand der Theorie des Lichtes eingegangen werden: Es mag nicht jedem bekannt sein, daß die Undulationstheorie, unmittelbar bevor FRESNEL sie zum Siege führte, als gänzlich

widerlegt galt. TOBIAS MAYER schreibt im Eingange seines Aufsatzes, daß von ihr in Fachkreisen kaum mehr gesprochen werde. Zur Erklärung mag angeführt werden: Brechung und Spiegelung lassen sich nach der Emanations- und Undulationstheorie darstellen, bei der ersten war die Entscheidung, durch die Messung der Geschwindigkeit des Lichtes im Wasser, noch nicht gefallen. Die Doppelbrechung hatte HUYGENS freilich besser aufklären können als NEWTON, dafür war die Polarisation, die durch die Entdeckungen von E. L. MALUS in den Vordergrund getreten war, für die Undulationstheorie so lange unerklärlich, als man nicht transversale Schwingungen annahm, wozu auch FRESNEL erst in den zwanziger Jahren kam. Für die NEWTONSchen Farben hatte NEWTON eine wenn auch gezwungene Erklärung; bevor TH. YOUNG das Interferenzprinzip einführte, hatten die Gegner nichts entgegensetzen. Ähnlich war es mit der Beugung, wo NEWTON eine allerdings wenig befriedigende Erklärung gegeben und wo YOUNG erst langsam bekannt werdende Darstellung nicht viel mehr leistete. Die Geradlinigkeit der Lichtstrahlen glaubte man nur durch die Emanationstheorie erklären zu können, da die Analogie mit den Schallwellen der Wellentheorie entgegenstand, die Aufklärung, durch die Beugung einerseits, die geringe Länge der Lichtwellen andererseits, war noch nicht ausreichend gegeben worden¹⁾, obgleich YOUNG die letztgenannte Größe ungefähr bestimmt hatte. Endlich glaubte man in den chemischen Wirkungen des Lichtes einen vollgültigen Beweis für das wirkliche Vorhandensein der Lichtteilchen zu haben.

Über A. FRESNELS Leben mag hauptsächlich nach F. ARAGO (**) bemerkt werden: Er wurde am 10. Mai 1788 in Broglie (Normandie) als Sohn eines Baumeisters geboren. Er besuchte in Paris die polytechnische Schule, erhielt (1806?) eine Stelle als Ingenieur für Straßen- und Brückenbau. 1815 trat er für LUDWIG XVIII. ein, wurde von Napoleon abgesetzt und ging nach Paris, sein damaliger Aufenthalt mag die Beziehungen zu ARAGO und andern angeknüpft haben, die ihn Anregung und Unterstützung bei seinen wissenschaftlichen Arbeiten gaben. Nach Ludwigs XVIII. Rückkehr wurde er wieder eingesetzt und hatte später eine höhere Stellung, war außerdem Examinator an der polytechnischen Schule. Seit 1823 war er Mitglied der Akademie. Seit 1824 lungenleidend, starb er am 4. Juli 1827 in Ville d'Avroy bei Paris. Ein moderner Plutarch könnte vielleicht manche Ähnlichkeiten und Unterschiede in seiner Entwicklung und der FRAUNHOFERS aufführen.

FRESNEL hat das ganze Gebiet der Optik behandelt, so weit es theoretisch von Bedeutung schien; seine Untersuchungen über die Beugung

¹⁾ TOBIAS MAYER, der Sohn des bekannteren Mathematikers, Physikers und Astronomen gleichen Namens, wurde 1752 in Göttingen geboren, war Professor der Mathematik und Physik in Altdorf, Erlangen und Göttingen, dort starb er 1830.

²⁾ Gelegentlich hatten ja auch BIOT und POUILLET, namentlich in unmittelbarer Nähe der Öffnung, die Lupe verwandt.

¹⁾ Die entsprechenden Erscheinungen beim Schall (Schallschatten und Schallbeugung) hat erst Lord RAYLEIGH genauer untersucht, s. A. WINKELMANN (S. 575/80).

und Interferenz sind die ersten, die er veröffentlicht hat. Die erste Abhandlung (*) hat er 1815 verfaßt, 1816 ist sie erschienen. 1818 schrieb er in Beantwortung einer Preisfrage der Akademie seine Hauptarbeit über Beugung (**), die größtenteils 1819 in den *Ann. de phys. et de chim.*, vollständig 1826 in der Sammlung der Akademie „für 1821 und 1822“ erschien. 1822 schrieb er für die französische Übersetzung von THOMSONS Chemie einen Anhang „sur la lumière“ (***), der seine Entdeckungen auf verschiedenen Gebieten enthielt. Die beiden letztgenannten Aufsätze hat POGGENDORFF in deutscher Übersetzung mitgeteilt. Mehrere andere Arbeiten, sowie Briefe an ARAGO, die über die Entwicklung von FRESNELS Anschauungen Auskunft geben, sind erst bei der Gesamtausgabe seiner Werke 1866 (Band II, 1868) veröffentlicht worden. Im folgenden soll im großen und ganzen der Darstellung seiner Hauptarbeit nachgegangen werden.

FRESNELS Beobachtungen unterscheiden sich von den früheren zunächst durch die Lichtquelle. Er vereinigte das durch die enge Öffnung gegangene Licht durch eine starke Sammellinse in einem Punkte, und gab dann dem Abstände dieses Punktes vom beugenden Körper verschiedene, nicht immer sehr beträchtliche Größen. Indem er anfangs das Mattglas wie BIOR anwandte und die Lupe darauf richtete, sah er bald, daß die Beugungsstreifen auch ohne besondere Auffangvorrichtung zu sehen waren und ließ diese daher fort, beobachtete mit der Lupe und einem besondern Mikrometer. Einfarbiges Licht stellte er nicht mit Hilfe des Prismas her, sondern verwandte ein dunkelrotes Glas als Filter; das durchgelassene Licht mochte immerhin nur einen kleinen Wellenlängenbezirk umfassen.

Betrachtet man zunächst den Fall des schattenwerfenden Körpers (etwa eines Haares), so könnte man die Fransen nach der Emanationslehre nur durch eine periodisch nach der Entfernung wechselnde Abstoßungskraft erklären. Es sei nun (Fig. 1) der Abstand der Lichtquelle vom Körper $LS = a$, der des Mikrometers vom Körper $ST = b$, $AA' = d$ sei der Abstand eines Streifens an seinem Ursprung vom Körperrande, r die Tangente des Beugungswinkels, so gäbe die geradlinige Fortsetzung des Lichtes für die Fortpflanzung eines solchen Streifens das Gesetz

$$(1) \quad x = b r + \frac{d(a+b)}{a},$$

wo $CP = x$ der Abstand des Beugungsstreifens vom Rande des geometrischen Schattens ist. FRESNEL mißt den Abstand des vierten dunkeln Streifens für verschiedene Werte von a und b und findet, daß die Gleichung (1) in keiner Weise erfüllt ist.

FRESNEL kommt also zu dem Ergebnis, daß die Fransen nicht durch geradlinige Fortpflanzung des Lichtes, sondern durch gegenseitige Vernichtung und Verstärkung der Lichtstrahlen zustande komme und erwähnt seinen bekannten Spiegel-

versuch. In seiner ersten Arbeit vertrat er eine Anschauung, die mit der YOUNGS übereinstimmte, wie ihm indessen erst ARAGO später mitteilte. Danach sollten die äußeren Fransen (im hellen Teile) durch Interferenz geradlinig durchgehenden Lichtes mit dem am Rande des Körpers zurückgeworfenen, die innern (im Schatten) durch Interferenz der an beiden Rändern zurückgeworfenen Strahlen entstehen. Nun ist der gerade Weg von der Lichtquelle zu einem Punkte des Mikrometers gegeben durch Fig. 2:

$$LP^2 = LT^2 + TP^2 = (a+b)^2 + \left\{ \left(\frac{a+b}{a} \right) c + x \right\}^2,$$

wo c die halbe Breite der Öffnung, x der Abstand CP des betrachteten Punktes vom Rande des geometrischen Schattens ist. Für den Weg des Strahles, der an einem Rande a zurückgeworfen wird, hat man:

$$LA + AP, \quad \text{und} \quad LA^2 = LS^2 + SA^2 = a^2 + c^2,$$

$$AP^2 = AM^2 + MP^2 = b^2 + \left(\frac{b}{a} c + x \right)^2.$$

Man kann nun LP , LA , AP nach dem sog. binomischen Lehrsatz entwickeln; da c und x klein sein werden, kann man Glieder, die mehr als die erste Potenz von c/a usf. enthalten, weglassen und hat dann für den Unterschied der Lichtwege:

$$\Delta = LA + AP - LP = \frac{a x^2}{2 b (a+b)}$$

$$\text{oder} \quad x = \sqrt{\frac{2 \Delta b (a+b)}{a}}.$$

Soll nun x einen dunkeln Streifen bezeichnen, so muß $\Delta = \lambda/2$, $\frac{3\lambda}{2}$ usf. sein, für einen hellen Streifen $\Delta = 0$, λ usf. $\Delta = 0$, der Rand des Schattens ist aber dunkel; um Theorie und Beobachtung in Einklang zu bringen, muß man bei der Zurückwerfung eine Verzögerung von einer halben Schwingung annehmen, also setzen:

$$(2) \quad x = \sqrt{\frac{(2\Delta + \lambda) b (a+b)}{a}},$$

wo nun für dunkle Streifen $\Delta = \lambda/2$ usf. zu setzen wäre. Die Abhängigkeit von a und b , wie auch das Fortschreiten der dunkeln Streifen $x_1 : x_2 : x_3 = \sqrt{1} : \sqrt{3} : \sqrt{5}$ stimmt mit den Beobachtungen, nicht aber die absolute Größe der Streifen, wie feinere Messungen zeigen. Für die innern Streifen gibt die YOUNGSsche Theorie

$$(3) \quad \Delta = cx/b \quad \text{oder} \quad x = \Delta b/c,$$

woraus ebenfalls Orte der dunkeln und hellen Zonen folgen, die nahezu, aber nicht genau stimmen.

Als Haupteinwand gegen die YOUNGSsche Lehre sieht FRESNEL aber Abänderungen des Spaltversuches an, die ihm zu lehren scheinen, daß die Beugungserscheinungen von der Gestalt der Schneiden ganz unabhängig seien.

FRESNEL bespricht nun die Theorie der Undulationen, die durch die Gleichung

$$(4) \quad u = a \sin \left[2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \right]$$

bestimmt werden, wo a in weiter Entfernung vom leuchtenden Punkte als fest angenommen werden kann. Dann behandelt er das Zusammenwirken mehrerer gleichlaufender Wellenzüge, ihre gegenseitige Vernichtung, wenn der Gangunterschied eine halbe Wellenlänge ist und die allgemeine Regel für ihre Zusammensetzung.

Den Interferenzgrundsatz, den FRESNEL auch durch seinen Spiegelversuch geprüft hat, verbindet er nun mit dem HUYGENSschen Prinzip, nach dem bei Fortpflanzung eines Wellenzuges jeder Punkt als Mittelpunkt gelten kann. Dies führt dann dahin, daß für jeden Punkt des Raumes alle Wellenzüge zusammenzusetzen sind, die von den Punkten einer Wellenfläche herkommen. Wo keine Hindernisse vorhanden sind, vernichten sich freilich alle Wellen mit Ausnahme derer, die eine geradlinige Fortpflanzung vom Lichtpunkte aus erscheinen lassen. Die FRESNELsche Auffassung wurde inzwischen verbessert, in ihrem Grundgedanken blieb sie erhalten.

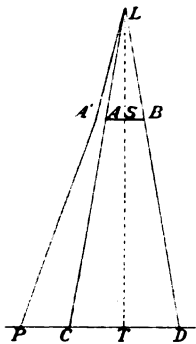


Fig. 1.

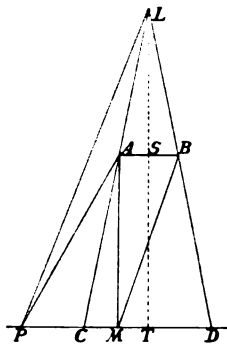


Fig. 2.

Hat man nun etwa (Fig. 3) einen dünnen schattengebenden Körper AB , und ist P ein Punkt des Auffangschirms CD , so wirken dort die von den verschiedenen Punkten einer Kugelwelle, $A, s, m, m', m'' \dots$; $B, t, n, n', n'' \dots$ ausgehenden Erregungen zusammen. FRESNEL führt aus, daß man den gezeichneten ebenen Durchschnitt als Vertreter des räumlichen Vorganges ansehen könne und daß außerdem nur die in der Nähe der Achse liegenden Punkte in Frage kämen. Teile man nämlich die Kugelwelle so ein, daß die Wege $mP, m'P, m''P$ sich je um eine halbe Wellenlänge unterschieden, so seien die Stücke $mm', m'm''$ in einiger Entfernung von A einander nahezu gleich. Die Erregungen seien nicht etwa grundsätzlich unabhängig von der Richtung anzusetzen, aber für den geringen Richtungsunterschied von $mP, m'P, m''P$ könne man sie als gleich, ebenso auch als in gleicher Richtung verlaufend annehmen. Da nun jedem Punkte von mm' ein Punkt von $m'm''$ entspreche, der eine halbe Wellenlänge weiter von P entfernt sei, könne man annehmen, daß die beiden Strecken einander in ihrer Wirkung

vernichteten. Genauer sei es, mm' nicht zu $m'm''$, sondern zu beiden anstoßenden Bögen $m'm''$ und $m'A$ in Beziehung zu setzen, so daß man seine Wirkung durch die Summe der Hälfte beider Wirkungen vernichtet sein lasse, dies Verfahren könne man bis nach A fortsetzen. Es bleibe so die halbe Wirkung der Bögen Am und Bn übrig, die man in den Punkten s und t vereinigt denken könne, danach entstehe die Lichtwirkung in P durch Zusammenwirken von sP und tP , nicht von AP und BP , wie es die YOUNGSche Anschauung verlangte. Dadurch wird begreiflich, daß diese ein nahezu, aber nicht genau richtiges Ergebnis lieferte, und die Art der Abweichung wird erklärt. FRESNEL zeigt nun, daß für eine enge Öffnung seine Darstellung richtigere Folgerungen gibt als die YOUNGSche, kommt jedoch zum Ergebnis, daß zur genauen Durchführung der Theorie Integrale nötig sind.

Vor deren Einführung behandelt er aber noch einen wichtigen Sonderfall. In der Öffnung AB (Fig. 4) sei eine Linse, die in der Mikrometer-ebene in T ein Bild der Lichtquelle L erzeugt.

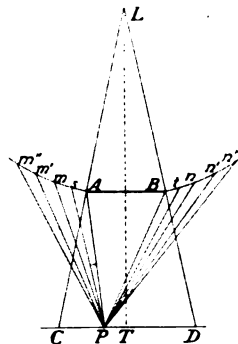


Fig. 3.

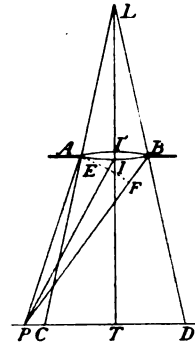


Fig. 4.

Welche Erscheinung wird in einem seitlichen Punkte P auftreten? Durch die Linse hat die auf T treffende Welle in A die Gestalt eines um T mit TA beschriebenen Bogens $AI'B$. Beschreibt man um P mit PA einen Bogen AEF , so sind die Abstände $I'E, BF$ die Unterschiede der Wellenlängen, dabei entsprechen gleichen Bögen von AB gleiche Unterschiede. Ist die Strecke BF gleich einer geraden Zahl $2n$ von halben Wellenlängen, so kann man AB in $2n$ Teile zerlegen, von denen zwei benachbarte einander aufheben, ist sie eine ungerade Anzahl $(2n + 1)$ von halben Wellenlängen, so bleibt bei der entsprechenden Einteilung $1/(2n + 1)$ des Bogens übrig. Die erstgenannten Stellen geben die Minima, die andern die nach außen beständig schwächer werdenden Maxima; da aber die Mitte hell ist, so sind die beiden innersten Maxima doppelt so weit voneinander entfernt als die weiteren. Durch BF ist P bestimmt.

FRESNEL bestätigt dies Ergebnis durch einen Versuch; er benutzt, da seine Öffnung ein Spalt ist, eine Zylinderlinse. Er verwendet ihn aber auch zu einer Wellenlängenbestimmung, bei der

er für die (durchschnittliche) Wellenlänge des durch sein rotes Glas gelassenen Lichte Werte zwischen 0,000 635 und 0,000 640 mm erhält; daß seine Messungen nicht so miteinander stimmen konnten, wie die bald zu erwähnenden FRAUNHOFERSchen, ist erklärlich. Sein Spiegelversuch ergab fast denselben Wert. Da man die Wellenlänge auch aus den NEWTONSchen Farben bestimmen konnte, so war schon ein dreifaches Verfahren bekannt.

Da wir als FRAUNHOFERSche Erscheinung eine solche bezeichnen, bei der am Orte der Lichtquelle oder an dem eines optischen Bildes der Lichtquelle beobachtet wird, so hat hier auch FRESNEL gelegentlich eine solche benutzt.

Nachdem er den Einfluß der Weite der Öffnung besprochen hat, geht er nunmehr zur allgemeinen Berechnung über, und zwar behandelt er zunächst den HOOKESchen Schneidenversuch.

Es sei L die Lichtquelle, AB der Schirm, A die Schneide, B sei soweit entfernt, daß es nicht in Frage kommt. Die Lichtwirkung in einem Punkte P der Auffangebene (Schirm, Mikrometer) muß durch Zusammenwirken der

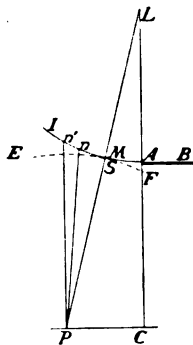


Fig. 5.

Teile der Kugelwelle AMI entstehen. LMP sei eine Gerade, beschreibt man um P den Bogen ESP , so ist für jedes Teilchen n der Abstand ns auf der Geraden nP maßgebend. Für diesen Abstand hat man aber $\frac{1}{2} \frac{z^2(a+b)}{ab}$, wo $z = An$ ist.

In Wellenlängen ist also die Wirkung eines Bogens dz um $z \frac{2(a+b)}{2ab\lambda}$ hinter der des Punktes M zurück.

Man muß die gesamten Wirkungen des Bogens AI zueinander addieren oder vielmehr, da es sich um unendlich viele unendlich kleine Teile handelt, über den Bogen integrieren. FRESNEL zeigt, daß die Lichtstärke für jeden Punkt P durch zwei Integrale zu bestimmen ist, die er numerisch auswertet.

Dies gibt ihm die Möglichkeit, die Helligkeit für jeden Punkt der Auffangebene zu bestimmen und damit die Maxima und Minima festzulegen. Die Formel für die Minima läßt sich wie folgt schreiben

$$(6) \quad x = m \sqrt{\frac{1}{2} \frac{(a+b)b\lambda}{a}}$$

Hierbei ist m ein numerischer Wert, der für jedes Minimum aus FRESNELS Tafeln folgt. Bezeichnet man die Minima mit 1, 2 . . ., so ist

$$(6a) \quad m_1 = 1,873, \quad m_2 = 2,739, \quad m_3 = 3,391.$$

Wirft man einen Rückblick auf die YOUNGSche Theorie, so sieht man, daß bei ihr die Formel (2) auch für den Schneidenversuch gelten müßte. Setzt man nun $\lambda = \lambda/2, 3\lambda/2, 5\lambda/2$ usf., so käme man auch zur Formel (6), nur wäre

$$(6b) \quad m_1 = 2, \quad m_2 = 2\sqrt{2} = 2,828, \\ m_3 = 2\sqrt{3} = 3,464 \dots$$

Genaue Messungen gaben FRESNEL die Möglichkeit, zwischen beiden Anschauungen zu entscheiden; sie fielen für seine Theorie aus. Die Messungen stimmten bis auf 1 oder 2 Hundertstel Millimeter überein. Weiter gab die Theorie das Ergebnis, daß beim Schneidenversuch im geometrischen Schatten eine Aufhellung, dagegen keine Maxima und Minima vorkommen können, was zu den Beobachtungen von HOOKE und NEWTON stimmte.

FRESNEL ging nun zum dünnen schattengebenden Körper und zum Spalte über, seine beiden Integrale geben auch hier die Werte der Helligkeit, und alle Beobachtungen wurden in ganz feinen Einzelheiten dargestellt. Da aber der Leser jetzt einen Begriff von der berühmten Abhandlung bekommen haben dürfte, und ein weiteres Eindringen mathematische Auseinandersetzungen nötig machte, scheint es an der Zeit abzubrechen. Nur ein Umstand, der damals Aufsehen erregte, mag noch erwähnt werden.

Dem Ausschusse der Akademie, der FRESNELS Preisarbeit prüfte, gehörte auch S. D. POISSON an. Es zog aus den Formeln eine merkwürdige Folgerung: Setze man einen schattengebenden Körper von kleinem, kreisförmigem Querschnitt einem engen senkrecht auffallenden Bündel von Lichtstrahlen aus, so müsse die Mitte des geometrischen Schattens, wo dieser auch aufgefangen wurde, ebenso hell sein, als wäre gar kein Hindernis vorhanden. Sofort angestellte Versuche bestätigten dies Ergebnis und lieferten daher statt der von Poisson vielleicht erwarteten Widerlegung eine glänzende Bestätigung. Man hat aber nicht bemerkt, daß MARALDI den Versuch schon fast 100 Jahre vorher gemacht hatte¹⁾. In einem Anhang zu seinem Aufsatz leitete FRESNEL den POISSONSchen Satz noch in einfacher Weise ab und führte ferner aus, daß bei enger kreisförmiger Öffnung die Helligkeit der Mitte sich mit der Entfernung des Auffangschirmes ändern müsse.

Von FRAUNHOFER kommen drei Arbeiten in Frage, ein Aufsatz in den Denkschriften der Münchener Akademie (14. Juli 1821), eine kurze Bemerkung in den Astronomischen Nachrichten (22. Juli 1822) und eine Arbeit, die ebenfalls in

¹⁾ PRIESTLEY, S. 387/8.

der Münchener Akademie vorgetragen (14. Juni 1823), aber in GILBERTS Annalen veröffentlicht wurde.

In der Einleitung zum ersten Aufsatz bezieht sich FRAUNHOFER auf BIOT und TOBIAS MAYER, bemerkt, daß beim Auffangen der Erscheinung keine große Genauigkeit zu erwarten sei und beschreibt sodann sein Beobachtungsverfahren.

„Um alles durch eine schmale Oeffnung ge-
beugte Licht in das Auge zu bekommen, und
die Erscheinungen stark vergrößert zu sehen,
noch mehr aber, um die Winkel der Ablenkung
des Lichtes unmittelbar messen zu können,
stellte ich einen Schirm, der eine schmale vertikale
Oeffnung enthielt, die durch eine Schraube breiter
oder schmaler gemacht werden konnte, vor das
Objectiv eines Theodolith-Fernrohrs. Ich ließ
mit einem Heliostat in einem finstern Zimmer,
durch eine schmale Oeffnung, Sonnenlicht auf
den Schirm fallen, durch dessen Oeffnung es
folglich gebeugt wurde. Durch das Fernrohr
konnte ich alsdann die Erscheinungen, welche
die Beugung des Lichtes hervorbringt, vergrößert,
und doch mit hinlänglicher Helligkeit beobachten,
zugleich aber auch die Winkel der Ablenkung
des Lichtes mit dem Theodolith messen.“ —

„Das Instrument, mit welchem ich beobachtet
und die Winkel gemessen habe, ist im Wesentlichen
ein 12zölliges repetirendes Theodolith, welches
mittels der Verniers auf 4" teilt. In der Mitte
des Kreises ist, oberhalb demselben, eine ebene
horizontale Scheibe von 6 Zoll [162 mm] Durch-
messer, die sich um ihre eigene Axe dreht,
und deren Mittelpunkt genau in der Axe des
Theodolith liegt. Sie hat ihre eigne Theilung
auf 10". Auf die Mitte dieser Scheibe wird der
Schirm gestellt, durch welchen das Licht ge-
beugt wird, der demnach in der Axe des
Theodolith steht, wodurch die Correctionen, die
ohne dieses, wegen der Entfernung des beugenden
Körpers von der Axe, an den gemessenen Win-
keln gemacht werden müssten, wegfallen. Die Ein-
theilung der Scheibe muss dazu dienen, nöthigen-
falls den Winkel des einfallenden Lichtes u. s. w.
messen zu können. Ausserhalb der Scheibe, in
der Entfernung von $3\frac{1}{2}$ Zoll [90 mm] von der
Mitte, fängt erst das Fernrohr an, dessen Ob-
jectiv 20 Linien [45 mm] Oeffnung und 16,9 Zoll
[456 mm] Brennweite hat; es ist mit der Alhidade
des 12zölligen [= 325 mm] Kreises verbunden,
und gehörig balancirt. Die Axe des Fern-
rohrs ist mit der Ebene des Kreises parallel,
und genau horizontal. Ich bediente mich einer
30 auch 50maligen Vergrößerung. Das ganze
Instrument ist vom Boden isolirt. In der Ver-
längerung der optischen Axe $463\frac{1}{2}$ Zoll
[12,55 m] von der Mitte des Theodolith entfernt,
ist das Heliostat, dessen Stunden-Bewegung
mittels einer Schraube und eines daran befind-
lichen, bis zum Standpunkte des Theodolith
reichenden Gestänges gemacht wird, um das
Sonnenlicht willkürlich zu verstärken oder zu

„schwächen. Die Oeffnung am Heliostat ist verti-
kal, 2 Zoll [54 mm] lang, und kann breiter oder
„schmäler gemacht werden. Ich hatte sie ge-
wöhnlich 0,01 bis 0,02 Zoll [0,27 bis 0,54 mm]
„breit.“

Die Breite der Oeffnung am Schirm maß
FRAUNHOFER zu jedem Versuche mit einem be-
sonders hergerichteten Mikroskop aus, die Genauig-
keit der Messung gibt er auf $0,00001 = 0,00002$ Zoll
 $= 0,00027 = 0,00054$ mm an.

Über die grundsätzliche Auffassung FRAUN-
HOFERS sei noch eine Stelle aus einer Anmerkung
zur letzten Arbeit angeführt (119/20). FRAUN-
HOFER verweist darauf, daß ein prismatisches Spek-
trum nicht rein sei, wenn es auf einem Schirm auf-
gefangen werde, weil sich infolge der Breite des
Prismas die Farben teilweise überdecken müßten
und fährt dann fort: „Fallen dagegen die weissen
„Strahlen unter einem gewissen Neigungswinkel,
„und zwar allesammt unter demselben, auf ein
„Prisma, so müssen die äussersten rothen, nach der
„Brechung, nach der ganzen Breite des Prismas
„ebenfalls alle unter ein und demselben Winkel
„ausfahren; und dasselbe muss mit jeder der fol-
„genden Arten farbiger Strahlen der Fall seyn.
„Nun aber hat ein vollkommenes Objectiv die
„Eigenschaft, alle unter sich parallele unter irgend
„einem Winkel auffallende Strahlen in einem
„Punkt im Focalabstande zu vereinigen; es muss
„daher ein solches prismatisches Spectrum in einem
„vollkommenen Fernrohr aus *vollkommen homo-*
„genen Farben bestehen, vorausgesetzt, dass die
„weissen Strahlen von einem Gegenstand kommen,
„dessen scheinbarer Durchmesser *sehr* klein ist. —
„Das Gesagte gilt nicht bloß bei den Phänomenen
„durch Brechung, sondern auch bei denen durch
„Beugung und gegenseitige Einwirkung gebeugter
„Strahlen auf einander, und ist die Ursach,
„wesswegen man, wenn man das durch ein Gitter
„modificirte Licht mit einer weissen Fläche auf-
„fängt, nichts von den Phänomenen sieht, welche
„mittelst eines Fernrohrs darin beobachtet werden
„[den dunkeln Linien]. Daß eine Loupe nicht die
„Dienste eines Fernrohrs versehen kann, sieht man
„leicht ein.“ Es folgt noch eine Bemerkung, daß
man auf einer weißen Fläche ein reines Spectrum
auffangen könne, wenn man ein Objectiv zwischen
Prisma und Auffangschirm stelle, so daß dieser
in der Brennebene des Objectivs stehe.

Ohne die Bedenken zu erörtern, die etwa der
Vergleich zwischen prismatischem und Beugungs-
spectrum erregen mag, sei er noch weiter dahin
ausgeführt, daß es für beide Fälle noch eine zweite
ausgezeichnete Möglichkeit gibt, wenn nämlich
mit einem Instrument nicht auf die Lichtquelle,
sondern auf das Prisma oder die beugende Fläche
eingestellt wird. Man hat hier beim Prisma
weißes Licht (siehe NEWTON, Optik, I. Buch, 75/6,
2. Versuch), bei der Beugung die farbenfreie Dar-
stellung der Fläche (ABBESche Theorie der mikro-
skopischen Abbildung). Man könnte also so ver-
gleichen:

Reines Spektrum — FRAUNHOFERSche Beugungserscheinung

Unreines Spektrum — FRESNELSche Beugungserscheinung

Weißes Licht — Abbildung der beugenden Fläche.

Das Verhältnis von FRAUNHOFER und FRESNEL zu BIOT kann man so ausdrücken, daß FRAUNHOFER die Absicht BIOTS, die „vollständige“ Erscheinung zu beobachten, wirklich durchgeführt hat. Bei ferner Lichtquelle nähert sich die Erscheinung auf dem Schirme, wenn man diesen weiter und weiter entfernt, mehr und mehr dem FRAUNHOFERSchen Falle. Die schon erwähnten gelegentlichen subjektiven Beobachtungen mit bloßem Auge konnten die Erscheinungen nicht, wie es FRAUNHOFER tat, der Messung zugänglich machen. Dagegen war FRESNELS Bestreben in BIOTS Sinne darauf gerichtet, die „unvollständige Erscheinung in ihrem Werden“ zu beobachten; hierin besteht der Unterschied der FRAUNHOFERSchen und FRESNELSchen Beugungserscheinungen vom BIOTSchen Standpunkte aus. Logisch dürfte freilich eine Unterscheidung zwischen „vollständigen“ und „unvollständigen“ Erscheinungen nicht zulässig sein, die FRAUNHOFERSchen Erscheinungen sind ein Grenzfall der FRESNELSchen²⁾.

In dem aber, was FRAUNHOFER beobachtet und gemessen hat, ist er weit über seine Vorgänger hinausgekommen. Es sei zunächst der Inhalt der ersten Abhandlung kurz dargestellt.

1. Beugungserscheinungen durch eine einzelne Öffnung. FRAUNHOFER sah eine große Anzahl Spektren auf beiden Seiten der Mitte, die roten Enden nach außen, er maß die Winkelabstände, und zwar für die roten Enden, bei den ersten vier Spektren oder einem Teile von ihnen. Die Breite des beugenden Spaltes betrug bei den im ganzen 14 Messungen 0,11545 Zoll bis herunter zu 0,00114 Zoll (3,1252 bis 0,0309 mm). Das Ergebnis läßt sich in der Form schreiben:

$$(7) \quad L_n \cdot c/n = \text{const.}$$

Hier ist n die Ordnungszahl eines Spektrums, L_n dessen Ablenkung (oder die seines roten Endes) von der Mitte, c die Breite der Öffnung. FRAUNHOFER hat hier keine Winkel über $1\frac{1}{4}^\circ$ gemessen und sich bei den engsten Öffnungen auf die beiden ersten oder das erste Spektrum beschränkt. Die Formel enthält die Abhängigkeit von der Breite der Öffnung, worüber BIOT nur Andeutungen gemacht hatte. Mißt man c in Pariser Zoll, L_n hingegen in Bogenmaß (bei den kleinen benutzten Bögen ist dann $L_n = \sin L_n = \text{tg } L_n$), so ist die Konstante 0,0000 211 Zoll = 0,000 571 mm. Nach SCHWERT gibt die Konstante die Wellenlänge der Farbe an, die an der betreffenden Stelle ausgelöscht ist; daß dies am roten Ende tatsächlich

²⁾ Seit wann die Ausdrücke „FRAUNHOFERSche und FRESNELSche Beugungserscheinungen“ üblich sind, kann ich nicht angeben; jedenfalls hat sie F. NEUMANN in seinen Ende der sechziger Jahre gehaltenen Vorlesungen gebraucht.

für eine gelbe Farbe der Fall ist, zeigt eine weitere Beobachtung FRAUNHOFERS. Um die Reinheit des Spektrums zu untersuchen, befestigte er ein Flintglasprimas von etwa 20° mit wagerechter brechender Kante, diese nach unten, vor dem Okular. Er konnte dann den wagerechten Faden des Okularmikrometers wohl in reinem Spektrum, nicht aber in gemischtem Lichte sehen; und es gelang ihm dies erst vom vierten Spektrum an, und noch sehr undeutlich. Hier sah FRAUNHOFER auch, daß das rote Ende der ersten Spektren blaues Licht enthielt.

Eine besondere Vorrichtung diente dazu, die Erscheinung zu beobachten, wenn die beiden Grenzen des Spaltes dem Fernrohr nicht gleich nahe sind. Es kommt dies darauf hinaus, daß das Licht schief auf den Spalt fällt. FRAUNHOFER stellte die Unsymmetrie fest. Weiter beobachtete er die kreuzförmige Erscheinung, wenn er am Helio- staten eine runde Öffnung hatte und im Spalte eine rechteckige oder quadratische Öffnung. Er gibt eine Zeichnung.

Genaue Beobachtungen finden sich wieder für die Beugung durch eine runde Öffnung. Hier entsteht eine helle Mitte mit farbigen Ringen. FRAUNHOFER gibt für die Breite eines Ringes:

$$(8) \quad Lc = \text{const.},$$

wo c der Durchmesser der Öffnung und die Konstante dieselbe sei wie beim Spalte. Dagegen ist der Halbmesser L_1 des ersten Ringes merklich größer als der Abstand des ersten Streifens von der Mitte. SCHWERTS Rechnungen zeigten, daß auch die Ringe noch ein wenig größer sein müssen als die Streifen beim Spalte und sich erst bei weiterer Entfernung von der Mitte der konstanten Grenze nähern, stimmen aber mit den Beobachtungen FRAUNHOFERS sehr gut.

Endlich stellte FRAUNHOFER noch die Erscheinung durch einen schmalen Kreisring fest.

2. Beugungserscheinungen durch eine große Zahl Öffnungen. FRAUNHOFER stellte ein senkrechtes Gitter her, indem er viele gleichdicke Fäden parallel in gleichen Anständen auf einen Rahmen spannte, den gleichen Abstand suchte er dadurch zu erreichen, daß er am oberen und unteren Ende feine Schrauben anbrachte und die Fäden auf die Gänge spannte. Am Helio- staten war die Öffnung wieder ein senkrechter Spalt. FRAUNHOFER, der wohl nur eine Verstärkung der durch einen Spalt beobachteten Erscheinung erwartet hatte, war nicht wenig erstaunt, statt dessen eine große Zahl neuer Spektren zu sehen, in denen er auch die von ihm wenige Jahre vorher beobachteten dunkeln Linien wiederfand. Außerdem stellte er wieder mit Hilfe des Okularprismas fest, daß die Farben der Spektren rein waren, daß aber das rote Ende des zweiten und das violette des dritten Spektrums einander überdeckten, und daß das nämliche bei den folgenden Spektren eintrat. FRAUNHOFER verfertigte Gitter aus verschieden dicken Fäden und mit verschiedenen großen Zwischen-

räumen, einen Teil der Gitter stellte er auch her, indem er Glasplatten mit Goldblättchen belegte und eine Anzahl parallele Gerade hineinritzte. Er fand nun, daß für die neuen Spektren eine regelmäßige Ausführung des Gitters sehr wichtig ist, daß ihre Ausdehnung aber nur von der Summe Zwischenraum + Faden, $c + d$, abhängt. Außerhalb sah er noch Spektren, die durch die einzelnen Zwischenräume zu entstehen schienen.

FRAUNHOFER beobachtete nun die Stellen, wo in den verschiedenen Spektren die dunkeln Linien B bis H zu sehen waren und stellte bei leicht ersichtlicher Bezeichnung das Gesetz fest:

$$(c + d)B_n/n = \text{const}_B, (c + d)C_n/n = \text{const}_C \text{ usw.}$$

Die Konstanten sind bekanntlich die Wellenlängen, die Werte, die FRAUNHOFER für die sieben Linien erhält, sind die folgenden:

		Heutige Werte
B	0,0000 2541 Zoll = 0,000 6878 mm	0,000 6867 mm
C	0,0000 2425 Zoll = 0,000 6565 mm	0,000 6563 mm
D	0,0000 2175 Zoll = 0,000 5888 mm	0,000 5893 mm
E	0,0000 1943 Zoll = 0,000 5260 mm	0,000 5270 mm
F	0,0000 1789 Zoll = 0,000 4843 mm	0,000 4862 mm
G	0,0000 1585 Zoll = 0,000 4291 mm	0,000 4308 mm
H	0,0000 1451 Zoll = 0,000 3928 mm	0,000 3969 mm

Insgesamt hat FRAUNHOFER 10 verschiedene Gitter benutzt; für das größte war $c + d = 0,025364$ Zoll = 0,68660 mm, beim feinsten 0,001952 Zoll = 0,5284 mm, das Verhältnis $c : d$ schwankte etwa zwischen 4 : 1 und 1 : 8. In seiner ersten Arbeit hat FRAUNHOFER noch keinerlei theoretische Überlegungen angestellt und daher die Übereinstimmung der Konstanten mit den Wellenlängen nicht festgestellt, wohl aber hat er bemerkt, daß die Abstände zwischen den Linien im Beugungsspektrum in einem ganz anderen Verhältnisse stehen als im prismatischen Spektrum.

Bei Betrachtung der Spektren fiel es FRAUNHOFER auf, daß einzelne verschwanden oder viel schwächer waren als die benachbarten. Er bemerkte auch, daß dies dann geschah, wenn ein durch eine einzelne Öffnung erregtes Spektrum mit dem roten Ende etwa auf die Stelle des betreffenden Gitterspektrums für E traf. Das rote Ende bedeutet nach dem vorhergehenden eine Auslöschung des hellsten Lichtes; dieser Einfluß der Einzelöffnung ist jetzt bekannt. Sind die Fäden dünner als die Zwischenräume, so ist ihre Breite maßgebend (siehe 4.).

3. Beugungserscheinungen durch eine geringe Zahl Öffnungen. Dafür findet FRAUNHOFER wieder die beiden Arten von Spektren, doch sind hier die durch Zusammenwirken der Öffnungen entstehenden¹⁾, die Spektren zweiter Klasse, nicht rein und zeige daher auch keine dunkeln Linien. Weiter zeigte sich im Raume zwischen der hellen Mitte und dem ersten Spektrum noch eine dritte Klasse. Bei Zunahme der Zahl Öffnungen wurden diese

Spektren dritter Klasse zahlreicher, aber enger und waren endlich nicht voneinander zu unterscheiden.

Die Spektren zweiter Klasse änderten langsam ihren Ort, wurden reiner und bekamen schließlich das unter 2. erwähnte Aussehen.

Die Aufklärung der Erscheinungen gab SCHWERT, indem er für einfarbiges Licht feststellte, daß es 3 Klassen von Maximis gibt, denen bei weißem Licht 3 Klassen von Spektren entsprechen. Freilich sind Maxima dritter Klasse zwischen je 2 solchen zweiter Klasse enthalten, wie SCHWERT auch durch Beobachtung mit einfarbigem Lichte bestätigte; die entsprechenden Spektren sind FRAUNHOFER mit Ausnahme der innersten entgangen.

FRAUNHOFER mißt auch hier die roten Enden der Spektren; SCHWERT kommt zu dem Ergebnis, daß die Messungen mit der Theorie übereinstimmen, wenn man dieses Ende mit dem Minimum für die hellste Farbe zusammenfallend annimmt.

4. Verschiedene Beobachtungen. — FRAUNHOFER stellt fest, daß ein auf die durchsichtige (breite) Öffnung gespannter Faden, abgesehen von der Mitte, dieselben Spektren hervorruft wie ein gleich breiter Spalt.

Den Einfluß des Brechungsverhältnisses sucht er festzustellen, indem er die Gitter in eine Flüssigkeit stellt. Die Winkel der später in Luft ausgetretenen Strahlen müssen dieselben gewesen sein, wie wenn das Gitter in Luft stand.

FRAUNHOFER beobachtete die Beugung durch Gitter auf einer spiegelnden Fläche. Sie sind ebenso wie beim Durchgang, doch muß eine Änderung eintreten, weil notwendigerweise das Licht etwas schief auffallen wird. Die Wirkung eines solchen schiefen Auffalls gibt FRAUNHOFER noch nicht ganz richtig an.

Den Schluß der Abhandlung bilden eine Anzahl Versuche über das Zusammenwirken mehrerer Öffnungen von verschiedener Form und Lage, die FRAUNHOFER durch Figuren deutlich macht.

Nach Vollendung seiner Arbeit lernte FRAUNHOFER die Aufsätze YOUNGS kennen und erfuhr, daß für die aufeinander folgenden Spektren nicht die Winkelunterschiede, sondern die Unterschiede der Sinus der Winkel einen festen Wert haben sollten. In einem Briefe an SCHUMACHER teilt er mit, daß er dies durch ein Gitter mit dem Werte $c + d = e = 0,000285$ Zoll = 0,00715 mm an den Spektren zweiter Klasse bestätigt habe.

Genauer über diese Messungen gibt der letzte Aufsatz. Nachdem FRAUNHOFER verschiedene andere Mittel versucht hatte, gelang es ihm mit einer besonderen Maschine, die eine Diamantspitze hatte, Gitter von völlig ausreichender Regelmäßigkeit bis zu

$$e = 0,0001223 \text{ Zoll} = 0,003310 \text{ mm}$$

herab in eine Glasplatte einzuritzen. Er konnte zwar Gitter bis zu

$$e = 0,00003125 \text{ Zoll} = 0,0008459 \text{ mm}$$

¹⁾ FRAUNHOFER spricht in seiner ersten Arbeit von äußeren mittleren und inneren Spektren, in der französischen Übersetzung und im letzten Aufsatz von Spektren erster, zweiter und dritter Klasse.

herstellen, aber nicht so, daß eine genügende Anzahl von Parallellinien in gleichmäßigen Abständen verlief; er hält dies überhaupt für unmöglich, was die Folgezeit nicht bestätigt hat.

Mit dem Gitter von $e = 0,003310$ mm erhielten die Linien im ersten Spektrum zweiter Klasse Achsenabstände von $7-11^\circ$, im zweiten von 15 bis 23° , so daß klar zu erkennen war, daß man statt 9. setzen mußte:

$$(9a) \quad e \sin B_n/n = \text{const.}$$

usf. Bestätigt wurde die Beobachtung durch ein größeres Gitter, mit dem auch die Linien im dritten und vierten Spektrum beobachtet werden konnten, was bei dem feineren wegen der geringen Unregelmäßigkeiten nicht ganz sicher gelang.

Weiter beschäftigte FRAUNHOFER sich mit dem schiefen Einfall des Lichtes auf das Gitter und bestätigte auch hier ein theoretisches Gesetz. Er gibt eine Formel an, die er „nach den Prinzipien „der Interferenz entwickelt hat, welche schon im „Jahre 1802 von Dr. THOM. YOUNG aufgestellt „und nachher zuerst von den HH. ARAGO und „FRESNEL der verdienten Aufmerksamkeit gewürdigt worden sind“.

Ich habe nicht feststellen können, wie FRAUNHOFER zu der Gleichung gelangt ist. FRAUNHOFER macht darauf aufmerksam, daß sie eine nicht streng geradlinige Fortpflanzung des Vorganges ergebe. Für den Fall der FRAUNHOFERSchen Erscheinung liefert die Formel das richtige Ergebnis:

$$(10) \quad \sin \sigma'_n - \sin \sigma = \pm n\lambda/e.$$

Hier ist σ der Einfallswinkel, σ'_n der Winkel des n ten Maximums für eine Lichtart, λ die zugehörige Wellenlänge. FRAUNHOFER bestätigt das Gesetz.

Wie man schon aus dieser Darstellung sieht, hat sich FRAUNHOFER jetzt (wenn auch vorsichtig) auf den Standpunkt der Undulationstheorie gestellt. Seine jetzigen Messungen geben aber auch:

	Neue Werte für λ :	Heutige Werte:
C	0,0000 2422 Zoll = 0,000 6556 mm	0,000 6563 mm
D	0,0000 2575 Zoll = 0,000 5888 mm	0,000 5893 mm
E	0,0000 1945 Zoll = 0,000 5265 mm	0,000 5270 mm
F	0,0000 1794 Zoll = 0,000 4856 mm	0,000 4862 mm
G	0,0000 1587 Zoll = 0,000 4296 mm	0,000 4308 mm
H	0,0000 1464 Zoll = 0,000 3963 mm	0,000 3969 mm

Die Messungen sind nach KAYSER (692) 40 Jahre hindurch in ihrer Genauigkeit unerreicht geblieben.

FRAUNHOFER beobachtete auch die von solchen Gittern durch Zurückwerfung entstandenen Spektren und stellte fest, daß hierbei ein Teil eines Spektrums aus vollständig polarisiertem Lichte bestehen kann.

Eine Bemerkung dieses Aufsatzes bezieht sich auf Gitter, wo Öffnungen von verschiedener Breite und Entfernung ($c + d = e_1, e_2, e_3 \dots$) in regelmäßiger Anordnung aufeinander folgen. Für die Spektren zweiter Klasse ist $e = e_1 + e_2 +$

$e_3 + \dots$ zu setzen, die Helligkeitsverhältnisse können sehr mannigfaltig sein.

Ich verweise noch kurz auf die bekannte Bemerkung über die Erkennbarkeit von Einzelheiten, die kleiner sind als die Wellenlänge. Im CZAPSKISchen Lehrbuche habe ich (S. 486) die Meinung geäußert, FRAUNHOFER habe die Sichtbarkeit der Teilchen mit der Möglichkeit verwechselt, Gestalt und Größe zu erkennen. Seine Ausdrucksweise ist etwas unklar und schwankend, doch möchte ich jetzt glauben, daß er eine richtigere Vorstellung gehabt hat.

Vergleicht man die Arbeiten FRAUNHOFERS mit denen FRESNELS, so wird dem Leser zunächst die große Unbefangenheit auffallen, mit der der Forscher an seine Aufgabe herangeht, im ersten Aufsatz fehlt jede theoretische Überlegung; um so mehr Bewunderung muß das richtige Gefühl erwecken, mit dem er dazu gelangt, die Versuche immer und immer wieder zu ändern, und so zu ändern, daß neue, wichtige Erkenntnisse gewonnen werden. Es soll zugegeben werden, daß BIOT und TOB. MAYER ihm hie und da Anregungen gegeben haben, aber die Art und Weise, wie er diese Anregungen benutzt hat, war nur einem Manne ganz ungewöhnlicher Art möglich. Bei FRESNEL ist jeder Versuch, den er unternimmt oder veranlaßt, das Ergebnis theoretischer, verstandesgemäßer Überlegung; ohne ihm Unrecht zu tun, kann man behaupten, daß die Versuche FRAUNHOFERS, namentlich die Anwendung der großen Zahl regelmäßig verteilter Öffnungen, eine ganz andere Bedeutung gewonnen haben als die FRESNELS.

Es mag Erstaunen erregen, daß beide Männer so gut wie unabhängig von einander gearbeitet haben. Wenn FRAUNHOFER zunächst nicht von FRESNELS Theorie weiß, so hat FRESNEL auch FRAUNHOFERS Entdeckung der dunkeln Linien nicht benutzt.

Später ist freilich eine gegenseitige Befruchtung eingetreten, FRAUNHOFER ist durch die theoretischen Untersuchungen zu seinen Beobachtungen bei schief einfallendem Lichte veranlaßt worden, und andererseits sind seine alten und neuen Versuche zu einer glänzenden Bestätigung der FRESNELSchen Theorie geworden, als F. M. SCHWERT sie 1835 zur Grundlage seiner mathematischen Darstellung benutzte. Es bleibt freilich dabei, FRESNEL hat die neue Theorie der Beugung und in der Folge der Optik geschaffen — soviel die Folgezeit geändert hat, der Kern ist erhalten geblieben — auf FRAUNHOFER ist es zurückzuführen, wenn die Beugungserscheinungen eine gewaltige Bedeutung für die Praxis, für die Messungen erhalten haben, und hier ist schon auf die für die damalige Zeit ganz unerhörte Genauigkeit seiner Messungen wie auf die Sorgfalt und Mühe bei Ausführung der Gitter hinzuweisen.

Durch das Werk zweier großer Männer ist der Abschnitt über Beugung, der bis dahin ein Anhang, man möchte sagen, ein unbequemes Anhängsel, der Optik war, zu einem ihrer wichtigsten Teile

geworden. Die Bewunderung für ihre Leistungen wird noch größer, wenn man bedenkt, daß es bei beiden nur ein Teil ihrer wissenschaftlichen Arbeiten, bei beiden eine Tätigkeit außerhalb ihres eigentlichen Berufs war, bei FRAUNHOFER ging dies so weit, daß er (S. 139) nur wenige bestimmte Tage im Monat (die Sonn- und Feiertage) zu diesen Versuchen frei hatte; und er konnte sie nur dann vornehmen, wenn an einem dieser Tage die Sonne schien, da die künstlichen Lichtquellen, die wir jetzt haben, noch nicht vorhanden waren. Lag FRAUNHOFER die Optik allgemein vielleicht von vornherein näher als FRESNEL, der noch Ende 1814 nach ARAGOS Zeugnis gesteht, er wisse nicht, was Polarisation sei, so fehlte FRAUNHOFER in seiner Jugendbildung das ganze wissenschaftliche Rüstzeug, das dem andern zu Gebote stand.

Quellenverzeichnis:

(Die Titel sind zum Teil gekürzt, sie stehen dann genauer im CZAPSKISCHEN Lehrbuch.)

F. ARAGO (*), Sur un phénomène remarquable qui s'observe dans la diffraction de la lumière. Ann. de chim. et de phys. (2) 1, 199/202. 1816. — (**) Gedächtnisrede auf FRESNEL, 26. Juli 1830. Samtl. Werke, deutsch herausgegeben von W. G. HANKEL. I. Bd. (Leipzig: O. Wigand 1854) 85/148. — J. B. BIOT, Traité de physique expérimentale et mathématique T. IV. Paris: Deterville 1816, 781 S., 8°, 7 Tafeln. — Jos. FRAUNHOFER (*), Neue Modifikation des Lichtes durch gegenseitige Einwirkung und Beugung der Strahlen, und Gesetze derselben. Münchn. Denkschr. 8, 1/76. 1821/2. Ges. Schriften. 53/112, 6 Tafeln. In französischer Übersetzung: SCHUMACHERS astr. Abhandl. Heft 2,

S. 46/112. 1823. Ges. Schriften 263/310. — (**) Aus einem Briefe an SCHUMACHER, Astr. Nachr. 1, 295/6. 1823. Ges. Schriften 113. — (***) Kurzer Bericht von den Resultaten neuerer Versuche über die Gesetze des Lichtes, und die Theorie derselben. Gilb. Ann. 74, 337/78. 1823. Ges. Schriften 117/143. — A. FRESNEL (*), Mémoire sur la diffraction de la lumière, où l'on examine particulièrement le phénomène des franges colorées que présentent les ombres des corps éclairés par un point lumineux. Ann. de chim. et de phys. (2) 1, 239/81. 3 + 1816. Oeuvr. compl. I, 9/33. (1866). — (**) Mémoire sur la diffraction de la lumière, couronné par l'Académie des sciences (29. VII. 1818). Ann. de chim. et de phys. (2) 11, 246/96, 337/78. 1819 (ein Teil fehlt). Mém. de l'acad. 5. 339/475. 1826. Oeuvr. compl. I, 247/382. 14 +, Tafel. In deutscher Übersetzung: Pogg. Ann. 30, 100/255. 1833. — (**) De la lumière. Anh. zur Übersetzung von THOMSONS Chemie (1822). Oeuvr. compl. II, 3/146. 5 +, Tafel. (1868). In deutscher Übersetzung: Pogg. Ann. 3, 89/128, 303/28. 5. 223/56. 1825. 12, 197/249, 366/99. 1828. — F. M. GRIMALDI, Physico-mathesis de lumine . . . Bononiae 1665. — H. KAYSER, Handbuch der Spektroskopie . . . I. Bd. Leipzig 1900. — TOB. MAYER, Phaenomenum ab inflexione luminis pendentium ex propriis experimentis recensio et comparatio. Comm. Soc. rec. Goett. 1816/18, 4, 49–80, 12 +. — F. NEUMANN, Vorlesungen über theoretische Optik . . . Leipzig 1885. — IS. NEWTON, Optik; angeführt nach OSTWALD Klass. 96/7. — J. PRIESTLEY (übers. von G. S. KLÜGEL), Geschichte und gegenwärtiger Zustand der Optik . . . Leipzig 1776. — F. M. SCHWERT, Die Beugungserscheinungen . . . Mannheim 1835. — A. WINKELMANN, Handbuch der Physik. II. Bd. Akustik. 2. Aufl. Leipzig 1909. — TH. YOUNG, In Frage kommen die Abhandlungen Misc. works I, 140/69; 170/8; 179/91.

Fraunhofer als Mechaniker und Konstrukteur.

VON FR. MEYER, Jena.

Über FRAUNHOFER als Optiker ist schon viel geschrieben und gesprochen worden. Seine fabelhaften, genialen Leistungen auf rein optischem Gebiet werden in allen Abhandlungen, die über ihn und seine Tätigkeit veröffentlicht wurden, nach Gebühr gewürdigt. Nur seine Arbeiten auf rein mechanischem Gebiet wurden bis jetzt leider wenig beachtet, trotzdem er auch hier bahnbrechend gewirkt hat. Er sah sehr bald ein, daß mit der Optik allein nichts zu machen war und daß das schönste Objektiv nur ausgenutzt werden konnte, wenn es durch eine richtige mechanische Einrichtung gefaßt wird. Er empfand sehr bald, daß es bei größeren Durchmessern nicht mehr genügt, die Linsen einfach in gedrehte Fassungen zu legen, wie es bei kleineren Linsen üblich ist. Die Auflageflächen ließen sich mit den damaligen Hilfsmitteln nicht so genau laufend herstellen, daß Verspannungen der Linsen vermieden wurden. Er gab daher zuerst die Dreipunktauflage an, die er dadurch erzielte, daß er zwischen Fassung und Linse und zwischen die Linsen drei dünne, genau gleiche Stanniolplättchen legte, eine Methode, die

heute noch allgemein bei Objektiven mittlerer Größe angewendet wird. Ferner fand er bald, daß die ungleiche Ausdehnung des Fassungsmaterials und des Glases bei Temperaturunterschieden schädlich wirkte. Er klebte daher zwischen den Fassungsring und die Linsen unter 120° zwei Stanniolplättchen, brach die Fassung an der gegenüberliegenden Seite aus, legte einen Metallbaggen ein, den er unter einem Federdruck, der das Gewicht der Linsen um ein wenig überstieg, an die Linsen anpreßte, und erreichte dadurch, daß die Linsen in jeder Lage des Objektives nur so wenig verschieden gepreßt wurden, daß sich keine schädlichen Wirkungen mehr zeigten. Diese Methode wird heute noch bei Instrumenten, die absoluten Messungen dienen sollen, wie z. B. Durchgangsinstrumenten, Meridiankreisen, streng angewandt. Bei Refraktoren, die im allgemeinen nur relativen Messungen dienen, faßt man neuerdings die Objektive in einem Material, dessen Ausdehnungskoeffizient dem des Glases näher ist, z. B. Gußeisen oder Siemens-Martin-Stahl, und gibt der Fassung einen solchen Durchmesser, daß

auch bei großer Kälte keine Verspannung der Linsen eintreten kann. Es hat sich herausgestellt, daß bei mittleren Durchmessern, z. B. 200—250 mm, die Schlotterung der Linsen, die bei hohen Temperaturen notwendig eintreten muß, unschädlich ist. Bei größeren Durchmessern schreitet man dagegen auch heute noch zu ähnlichen Hilfsmitteln, wie sie FRAUNHOFER angegeben hat.

Ein weiterer Schritt war die Erkenntnis, daß es nicht genüge, die Linsen des Objektivs gegen-

giert man nun so lange an den Korrektionschrauben des Objektivs sowohl wie an denen des Zentrierfernrohres, bis die Mitte des Okulars des Fernrohres sich mit der durch ein Fadenkreuz bezeichneten Mitte des Okulars des Zentrierfernrohres deckt, einerlei an welche Seite der Fassung des Objektivs das Zentrierfernrohr mit seinen beiden oben bezeichneten Füßchen geschoben wird, so ist das Objektiv zentriert.

Die Montierung des nunmehr einwandfreien

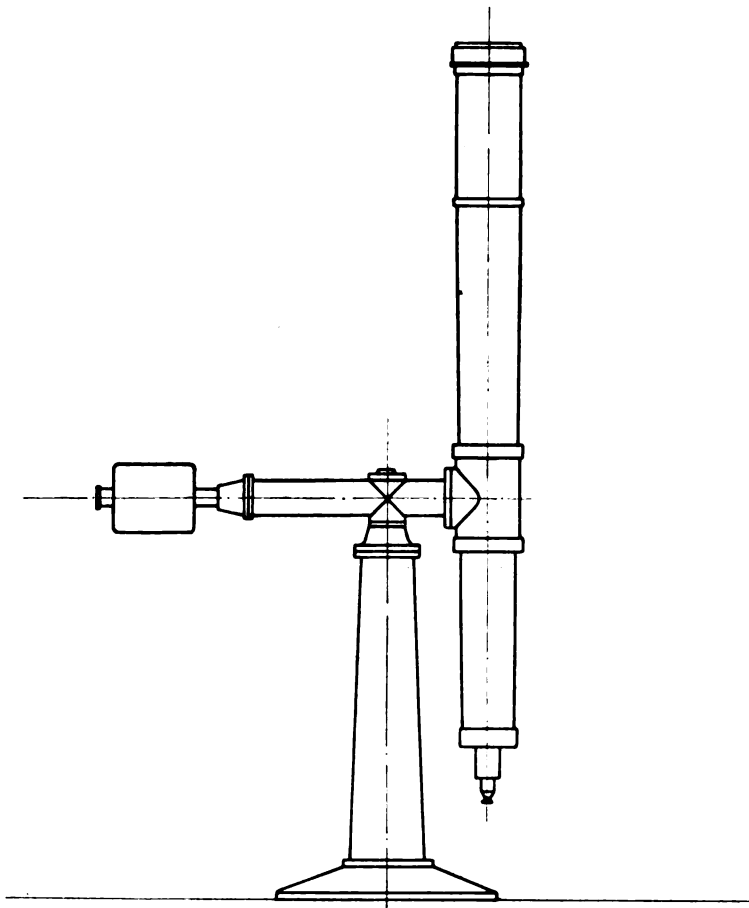


Fig. 1. Azimutal montierter Refraktor.

einander in eine richtige Lage zu bringen, sondern daß es auch notwendig ist, das Objektiv im Fernrohr so anzuordnen, daß die optische Achse desselben durch die Mitte des Okulars geht. FRAUNHOFER stattete also die Fassung mit Korrektionsschrauben aus, die es erlaubten, das Objektiv nach allen Richtungen zu kippen, und konstruierte das noch heute unübertroffene Zentrierfernrohr, ein auf drei Schraubenfüßchen stehendes kleines Fernrohr, das so auf das Objektiv gesetzt wird, daß zwei Füßchen an dem Rand der Fassung des Objektivs anliegen. Korri-

fernrohres war ein Problem, dessen Lösung in damaliger Zeit nicht gerade einfach war. Bei der allgemein üblichen, azimutalen Aufstellung, von der die Fig. 1 ein Beispiel darstellt, war die Beobachtung mit einem Fernrohr, das eine starke Vergrößerung ermöglichte, sehr schwierig und die Ausnutzung des Objektivs unvollkommen. Der Grund hierfür lag vor allem darin, daß man beim Verfolgen eines Sternes das Fernrohr um beide Achsen nachdrehen mußte, und zwar — was besonders schwierig ist — um jede Achse mit anderer Geschwindigkeit. FRAUNHOFER baute darauf in

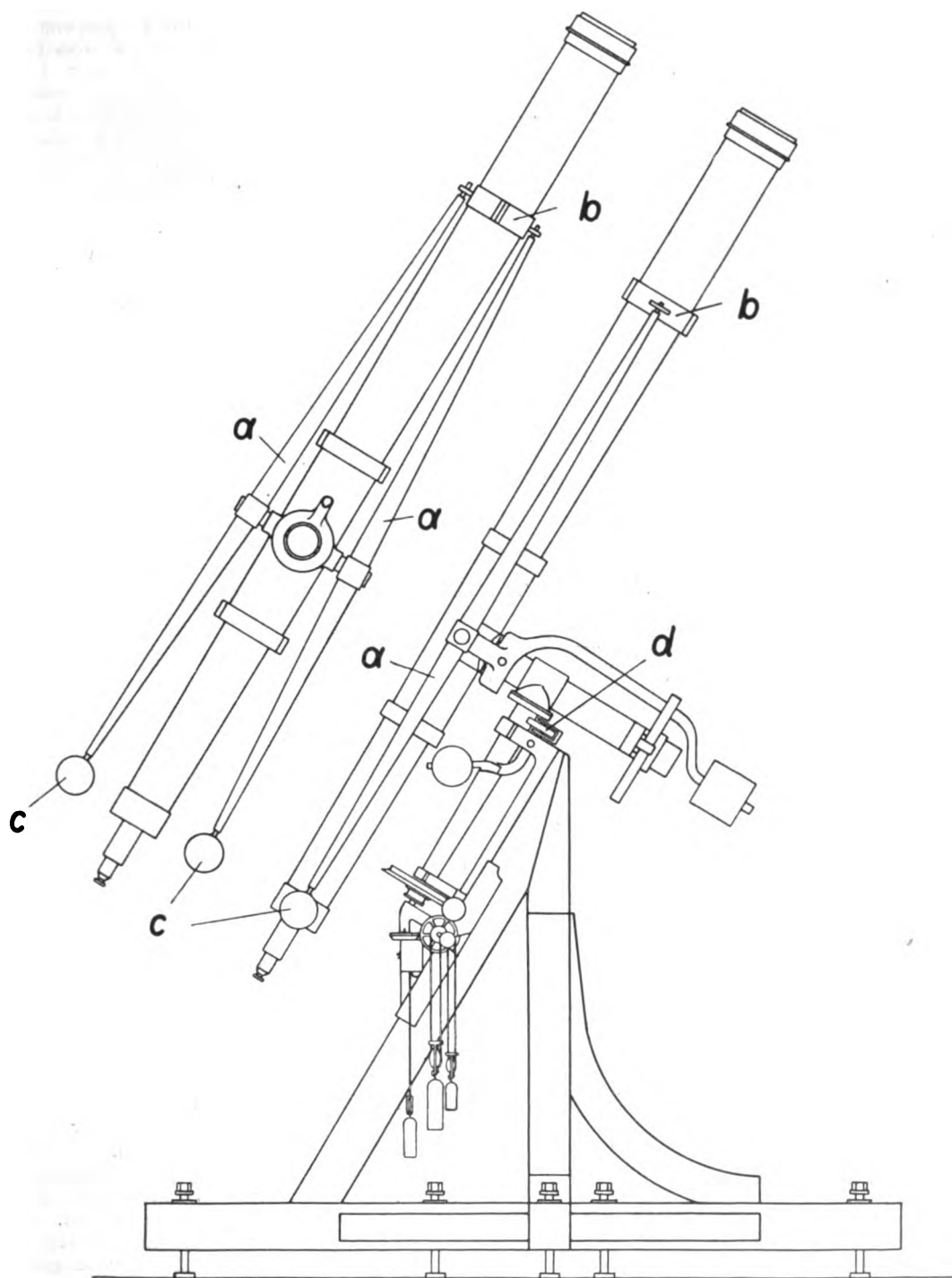


Fig. 2. Parallaktisch montierter Refraktor, gebaut von FRAUNHOFER für die Dorpater Sternwarte, mit 24 cm Objektivöffnung, 4,3 m Brennweite.

Anlehnung an die parallaktisch aufgestellten Äquatoreale von REICHENBACH, LIEBHERR, SCHEINER, OLAF RÖMER, SISSON usw. eine parallaktische Montierung für Refraktoren, die unter dem Namen *Deutsche Aufstellung* allgemein bekannt geworden ist. Diese Aufstellung, veranschaulicht durch die Fig. 2, gestattete die Verfolgung eines Sternes durch Drehung des Instrumentes um nur eine Achse, die Polarachse. Die Gleichförmigkeit der Nachdrehung des Fernrohres ließ naturgemäß immer noch zu wünschen übrig, und es trat bei ihm der Wunsch auf, das Fernrohr durch ein Uhrwerk gleichmäßig zu be-

federnden Arme *b* sind so abgepaßt, daß die Gewichte bei einer bestimmten gewünschten Umdrehungszahl an das im Innern konisch ausgebrehte Gehäuse *d* anstoßen und hier eine Reibung verursachen, wodurch eine schnellere Drehung verhindert wird. Durch Heben und Senken der Achse mit den Gewichten im Innern des konischen Gehäuses werden die Ausschläge derselben verändert und die Umdrehungszahlen genau eingestellt. FRAUNHOFER benutzte diese Einrichtung des Hebens und Senkens der Regulatorachse auch als Feinbewegung in Stunde. Es liegt naturgemäß auf der Hand, daß ein solcher Regulator

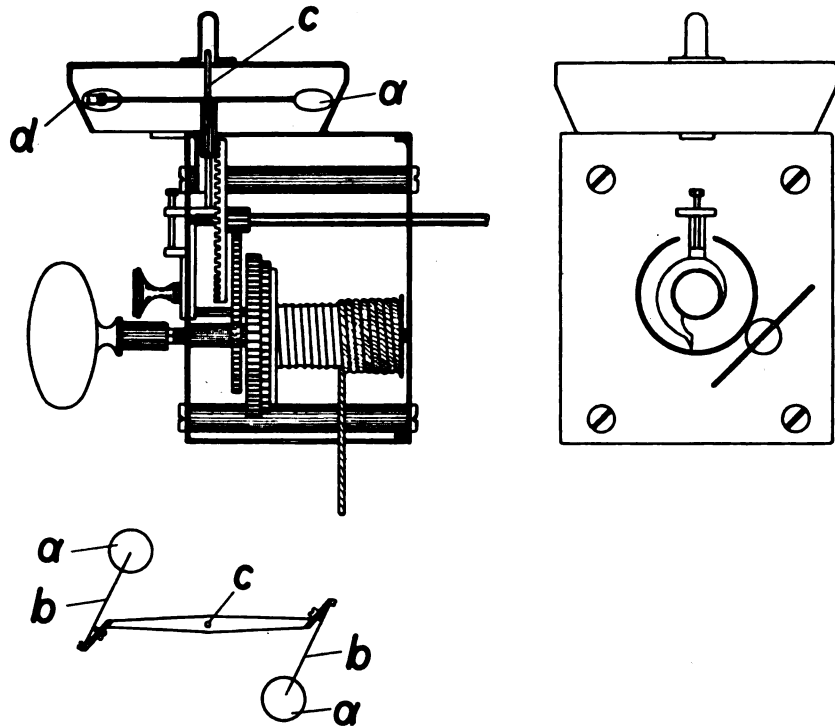


Fig. 3. Zentrifugal-Regulator von FRAUNHOFER für den Refraktor der Dorpater Sternwarte.

wegen. Die bekannten Uhrwerke, durch Ankerhemmungen und Pendel reguliert, ließen sich nicht verwenden, da die durch den Anker erzeugten, ruckweisen Bewegungen die Beobachtungen störten.

Das war für FRAUNHOFER der Anlaß, einen Zentrifugalregulator zu konstruieren, der durch ein Gewicht unter Vermittlung eines Räderwerkes in Drehung versetzt wurde. Die Fig. 3 zeigt schematisch den für den Dorpater Refraktor gebauten Regulator. Die Hemmung erfolgte folgendermaßen: Zwei kleine Gewichte *a* sitzen an federnden Armen *b* einander gegenüber zu beiden Seiten einer vertikalen Achse *c*. Sie schwingen bei der Drehung der Achse *c* aus, und zwar um so weiter, je schneller die Achse sich dreht. Die

nur eine geringe Regulierfähigkeit besitzt, da es immer einer gewissen Erhöhung der Umdrehungsgeschwindigkeit bedarf, um eine Reibungsarbeit zu leisten, die ausreicht, um die unausbleiblichen Verschiedenheiten im Kraftbedarf für den Antrieb des Refraktors auszugleichen. Je mehr der Widerstand des zu treibenden Instrumentes sich ändert, desto größer muß naturgemäß der Ungleichförmigkeitsgrad der Bewegung sein. FRAUNHOFER glaubte dieser Kalamität dadurch zu begegnen, daß er neben den Regulatorantrieb noch einen zweiten Antrieb durch ein konstantes Gewicht einschob, das die allgemeine Reibung des Instrumentes zum größten Teile überwand, so daß der Regulator effektiv nur die veränderlichen Reibungswiderstände auszugleichen hatte. Der

Erfolg, den er damit erzielte, befriedigte die damaligen Ansprüche. Daß diese Ansprüche nicht sehr hoch waren, sieht man am besten aus einer von ihm selbst herrührenden Beschreibung des

Zeit noch recht bescheiden in den Ansprüchen an die Gleichförmigkeit des Antriebes eines Refraktors war, und es hat sich daher dieser von FRAUNHOFER angegebene Doppelantrieb noch lange er-

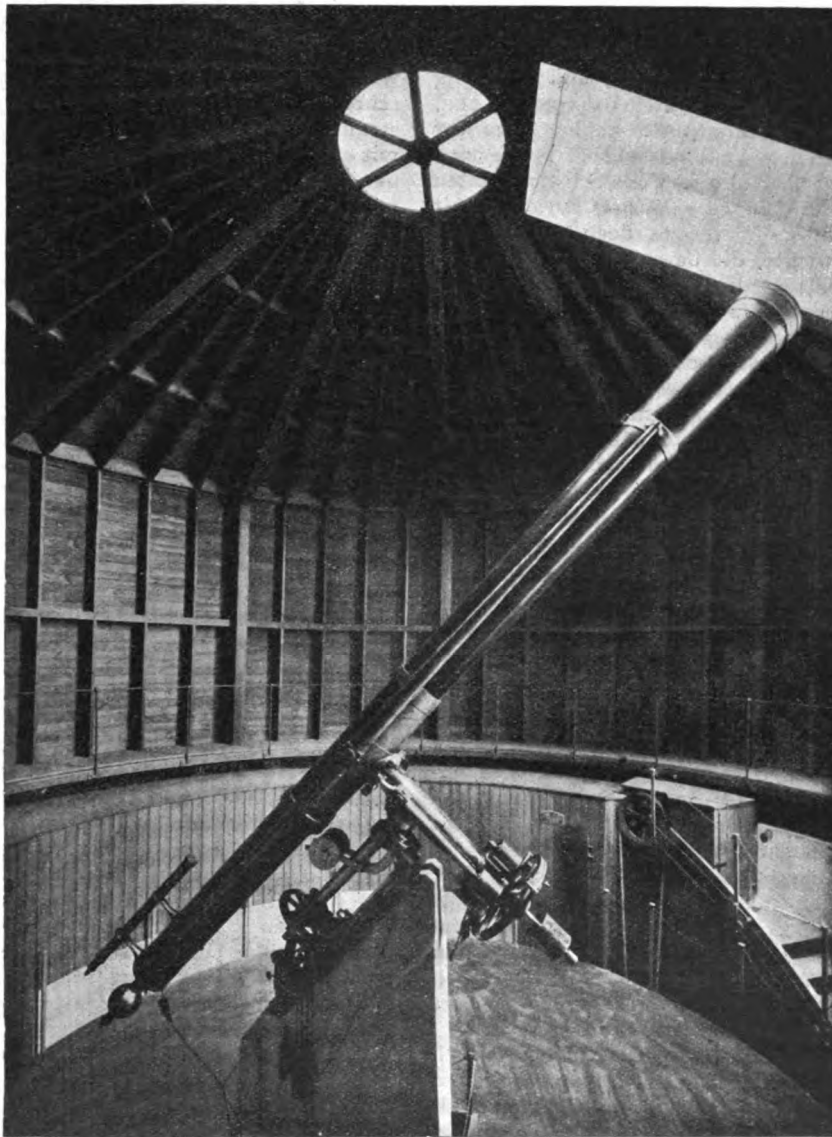


Fig. 4. Refraktor von $40\frac{1}{2}$ cm Objektivöffnung, 7,3 m Brennweite, fertiggestellt 1839 in den Werkstätten der Nachfolger FRAUNHOFERS für die Sternwarte Pulkowa, jetzt aufgestellt im Deutschen Museum in München.

großen, 9 zölligen Refraktors für die Dorpater Sternwarte, des Meisterwerkes FRAUNHOFERS, worin er bemerkt, daß der Regulator so genau ginge, daß der Stern während einer längeren Zeit im Gesichtsfeld des Fernrohres gehalten werden könnte. Man sieht daraus, daß man zur damaligen

halten. Die Verbesserungen der Uhrwerke durch COOKE in England und WARNER & SWASEY in Amerika sind erst Jahrzehnte später entstanden. Auch der erst im Jahre 1839, 13 Jahre nach dem Tode FRAUNHOFERS, gelieferte, 15 zöllige Refraktor für die Sternwarte Pulkowa, den FRAUN-

HOFFER noch begonnen haben soll und sein Nachfolger MERZ vollendete, der bis ins kleinste ein Nachbild des Dorpater Refraktors FRAUNHOFERS ist, wird durch ein solches Doppelgangwerk angetrieben. Nebenbei bemerkt ist dieser große, 15 zöllige Refraktor jetzt ein Glanzstück der astronomischen Abteilung des Deutschen Museums in München. Die Sternwarte Pulkowa schenkte ihn vor dem Weltkrieg dem Museum, und es gelang dem Direktor desselben, Exzellenz von MILLER, persönlich den Refraktor noch wenige Tage vor Ausbruch des Krieges mit unsäglich Mühe nach Deutschland zu überführen. Viele Schwierigkeiten machte FRAUNHOFER eine leichte Beweglichkeit des Instrumentes. Waren es doch schon recht erhebliche Gewichte, die bewegt werden mußten, um so mehr, als er das Fernrohr selbst nicht in seinem Schwerpunkt mit der Deklinationsschne verschraubte. Dieser lag nämlich, wie aus Fig. 2 ersichtlich, bei der konischen Form des Rohres und dem großen Mehrgewicht des Objektivs gegenüber dem Okularkopf, nicht in der Mitte des Rohres, sondern erheblich näher am Objektiv. Das lange Okularende hätte ein sehr hohes Stativ und eine ebenfalls sehr hohe Beobachtungsleiter erfordert. Aus diesen Gründen verlegte er die Befestigung des Rohres an der Deklinationsschne erheblich näher an das Okularende des Fernrohres und balanzierte das Übergewicht des Objektivendes des Fernrohres durch Gegengewichte am Okularende aus. Diese Gegengewichte, am Fernrohr selbst angebracht, hätten naturgemäß starke Verbiegungen desselben hervorgerufen, um so mehr als es nicht aus Metall, sondern aus Mahagoniholz gefertigt war. Er ordnete daher zu beiden Seiten des Fernrohres lange Hebel *a* (Fig. 2) aus Messingrohr an, die in der Mitte am Mittelstück des Rohres in kardanischen Gelenken aufgehängt waren und deren eines Ende mit einem Ringe *b*, der dicht unter dem Objektiv das Rohr umschloß, verbunden war, während das andere Ende die nötigen Gegengewichte *c* trug. Auf diese Weise verminderte er die Verbiegungen des Rohres um ein Erkleckliches, ja sie wurden sogar wesentlich geringer, als wenn er das Rohr im Schwerpunkt aufgehängt hätte.

Das Gewicht des Rohres und dadurch auch das Gegengewicht am Ende der Deklinationsschne wurden durch diese Konstruktion selbstverständlich erheblich höher; er nahm aber dieses Mehrgewicht gern in den Kauf, da der Vorteil in optischer Beziehung ihm größer erschien als der Nachteil durch die Mehrbelastung der Achsen.

Den sog. Leichtgang des Instrumentes erreichte

er durch die Einführung von Friktionsrollen *d* (Fig. 2) (eigentlich richtiger als Antifriktionsrollen zu bezeichnen), die durch Vermittlung von Hebeln und Gewichten so gegen die Achsen gepreßt wurden, daß die Gewichte des Fernrohres durch diese Rollen aufgenommen und die Drücke in den Führungslagern und damit die Lagerreibung auf ein Minimum herabgesetzt wurden. Der Erfolg war ein vorzüglicher. Er schreibt darüber an STRUVE in Dorpat: „Das Instrument läßt sich trotz seines hohen Gewichts mit einem Finger bewegen.“ Und so muß es auch gewesen sein, sonst hätte er es mit dem verhältnismäßig unvollkommenen und kleinen Uhrwerk nicht bezwungen.

Heute werden manche Leser dieser Zeilen vielleicht sagen, die Hilfsmittel, die FRAUNHOFER anwendete, sind ja so einfacher Natur und heute so selbstverständlich, daß es keines übermäßig großen Genies bedurfte, um sie auszuführen. Sie vergessen dabei aber, daß er nicht einfach eine ihm gestellte Aufgabe löste, sondern daß er zum ersten Male ein so großes Instrument schuf, für das er die Anforderungen selbst erkennen mußte, die später etwa daran gestellt werden würden. Er hat die von ihm selbst an sich gestellte Aufgabe glänzend gelöst, und wir können nicht anders als sein Genie bewundern. Neben dieser großen Aufgabe hat FRAUNHOFER sich noch außerordentlich verdient gemacht durch die Konstruktion vieler Nebenapparate, unter denen die Mikrometer eine Hauptrolle spielen. Seine Ringmikrometer und Netzmikrometer sind noch heute fast unverändert im Gebrauch. Auch hier beschränkte er sich nicht darauf, das System anzugeben, sondern er konstruierte auch die Maschinen, mit denen diese Mikrometer hergestellt wurden.

Die weittragende Bedeutung FRAUNHOFERS für den Bau astronomischer Instrumente kann am besten daraus ermesselt werden, daß seine Nachfolger bis in die Einzelheiten hinein die von ihm stammenden Konstruktionen beibehalten haben. Jahrzehntlang haben sich die Formen FRAUNHOFERS fast unverändert erhalten. Der bereits erwähnte, 15 zöllige Refraktor der Sternwarte Pulkowa, der in Fig. 4 dargestellt ist, zeigt im Vergleich mit dem Dorpater Refraktor deutlich, daß seine Nachfolger es nicht gewagt haben, irgendeine Änderung in der Konstruktion vorzunehmen. Erst REPSOLD, COOKE in England, WARNER & SWASEY in Amerika sind von den FRAUNHOFERschen Formen etwas abgewichen, letzten Endes ist aber auch hier an den grundlegenden Gedanken wenig oder nichts geändert.

Joseph Fraunhofer als der Schöpfer der deutschen Feinoptik.

Von M. VON ROHR, Jena.

Schon in meiner ersten Darstellung der Entwicklung optischen Glases in dieser Zeitschr. 12, 781—797. 1924 habe ich den Versuch gemacht, mit meinen damaligen Kenntnissen den Zustand namentlich der englischen Glastechnik um den Anfang des 19. Jahrhunderts zu schildern, und ich kann darauf auch den Leser dieses Aufsatzes verweisen. Für die nachfolgende Darstellung ist indessen dieser Rahmen zu eng, und man wird die Bedeutung von FRAUNHOFERS Lebenswerk klarer ermessen, wenn man auf den Zustand der damaligen Feinoptik im ganzen eingeht, wie er für England hauptsächlich, aber auch für Frankreich galt, während in unserm Vaterlande von einem solchen kaum zu reden war. Daß dabei gelegentlich auch von den Glasverhältnissen gehandelt werden muß, läßt sich durchaus nicht vermeiden¹⁾.

Wenn also um das Ende des 18. Jahrhunderts der schlierige Zustand auch des englischen Flintglases dem wißbegierigen Laien hauptsächlich dadurch bekannt wurde, daß die herstellenden Optiker keine Linsenfernrohre mit wirklich großen Durchmesser liefern konnten — auch DOLLOND ist über 12 $\frac{1}{2}$ cm nicht hinausgekommen —, so ist es verständlich, daß man bei dem Wunsche nach größeren Geräten namentlich für die Sternforschung wieder auf die Spiegelfernrohre zurückgriff.

Man muß sich nur gegenwärtig halten, daß die schönen Nachforschungen Herrn D. BAXANDALLS die Bedeutung gerade der Londoner Hersteller von Spiegelfernrohren in ein helles Licht gesetzt haben. Insonderheit der Schotte J. SHORT, der sich aber im Jahre 1739 in London niedergelassen hatte, lieferte bis zu seinem Tode im Jahre 1768 ganz ausgezeichnete Standfernrohre GREGORYScher Anlage mit gut parabolisch geschliffenen Hauptspiegeln. Welch ein Wert lange Zeit auf diese Formen gelegt wurde, kann man auch daraus erkennen, daß solche Geräte, die gelegentlich wohl auch Liebhabern zur Betrachtung des Sternhimmels dienten, noch um den Anfang des 19. Jahrhunderts in ziemlich großen Mengen auch auf dem Festlande, beispielsweise in der Westschweiz, hergestellt und abgesetzt wurden.

Für die Himmelsbeobachtung bediente sich namentlich der aus Hannover stammende, aus einem Musiker zum Sternforscher gewordene FRIEDRICH WILHELM HERSCHEL (* 1738, † 1822)

¹⁾ Da ich nicht beabsichtige, hier mit überpeinlicher Genauigkeit die älteren Quellen anzugeben, so sei auf ihre sehr zuverlässige Zusammenstellung bei E. VOIT, JOSEPH VON FRAUNHOFER, Bayerisches Industrie- und Gewerbeblatt 1887, auch S.-A. Th. Riedel, München, 20 S. 8°, 6 + und 1. Bildn., hingewiesen. Hiernach wird man neben VOIT [V.] auch die Arbeiten von FR. V. THIERSCH [v. Th., Th.] und S. MERZ leicht erkennen. Anführungen aus FRAUNHOFERS eigenen Schriften sind durch eingeklammerte Seitenzahlen nach der LOMMELSchen Gesamtausgabe kenntlich gemacht.

der Spiegelrohre mit einem besonders großen und allgemein anerkannten Erfolg. Er hat, wie Untersuchungen der neuesten Zeit festgestellt haben, namentlich 7- und 10füßige (= 2 und 3 m) Rohre von NEWTONScher Anlage in ziemlich großer Zahl¹⁾ auch auf dem Festlande abgesetzt, und man kann aus französischen Quellen z. B. darauf hinweisen, daß ein reicher Pariser Liebhaberastronom wie TRUDAINE 1790 ein solches 2 m-Rohr für den eigenen Gebrauch erstanden hat.

So sah es ganz aus, als sollte — wie zu NEWTONS Zeit — der Wissenschaft die Spiegelung leisten, was ihr die Brechung versagte, und die Meinung sehr bedeutender Sternforscher der damaligen Zeit war entschieden den Spiegelgeräten zugeneigt.

Freilich ganz ohne gewichtige Nachteile in rein optischer Hinsicht waren auch diese Vorkehrungen nicht. Der Lichtverlust bei zweimaliger Spiegelung war und blieb sehr beträchtlich, und das HERSCHELSche Mittel der Schiefstellung des Spiegels ließ sich auch nach dem Vorgange dieses Meisters selbst nur bei ganz großen Rohren mit einem Spiegeldurchmesser von 50 cm und mehr vorteilhaft verwenden, da die Abschattung durch den Kopf des Beobachters bei kleineren Spiegeln zuviel Licht abgehalten hätte. — Auch das in regelmäßigen Abständen notwendige Nachpolieren der rasch beschlagenden Spiegel (es scheint regelmäßig ein zweiter Spiegelsatz mit erstanden worden zu sein, um in diesen Pausen die Beobachtung fortsetzen zu können) wird nicht jeden Astronomen erfreut haben.

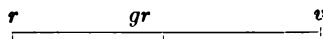
Wenn um das Ende des 18. Jahrhunderts, besonders nachdrücklich wohl von AL. ROCHON, Platinspiegel empfohlen wurden, da solche dem Beschlagen nicht unterlägen — auch der Pariser Fachmann N. S. CAROCHÉ hat ein ziemlich 2 m langes Spiegelrohr mit einem solchen kostbaren Spiegel von etwa 21 $\frac{1}{2}$ cm Öffnungsdurchmesser verfertigt —, so wird man darin weniger einen wirklich durchführbaren oder gar häufiger durchgeführten Vorschlag sehen — dazu war dieser

¹⁾ Nach den Angaben des Fürsten TRUBETZKOJ vom Jahre 1923 auf Grund von Papieren der Familie HERSCHEL hatte FR. W. HERSCHEL 1795 200 Spiegel zu 2 m-Rohren und 150 zu 3 m-Rohren hergestellt. Dabei kostete ein kleines dieser Rohre mit seiner vollständigen Ausrüstung 100 Guin. (= 2150 Goldmark), der Spiegel und die Okulare allein 30 Guin. (= 640 Goldmark). Eine gleichzeitige Preisangabe für die 3 m-Rohre findet sich dort nicht. Aber 7 Jahre früher hat er für das vollständige Rohr 3 verschiedene Preise angegeben, die zwischen 200 (= 4300 Goldmark) und 300 Guin. (= 6450 Goldmark) lagen. Daß er in Bath eine Werkstätte mit Arbeitern dafür hatte (1785 stand sie unter seinem ihm im Alter folgenden Bruder Alexander), entnehmen wir der gleichen inhaltreichen Anmerkung. Die Öffnungsdurchmesser erscheinen nach der neuen STEAVENSONSchen Arbeit je 16 $\frac{1}{2}$ und 22 $\frac{1}{4}$ cm betragen zu haben.

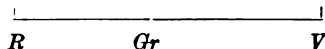
Werkstoff auch damals zu teuer —, sondern daran mehr das Drängen der Sternforscher auf leistungsfähige und dabei bequemer zu handhabende Geräte ermessen.

Die bekannten Schwierigkeiten, die Schlieren im Flintglas den Optikern bei der Anfertigung farbenfreier Fernrohre boten, regten einen diesem Gewerbe ganz fernstehenden Erfinder, den Schiffswundarzt ROBERT BLAIR, bereits vor 1785 zu eingehenden Versuchen an, und sie führten ihn um 1791 zu einer überraschend genauen Beschreibung des Fehlers, den man heute als *sekundäres Spektrum*¹⁾ bezeichnet. Seine in diesem Jahre sowohl ausführlich in den Denkschriften der Edinburger Gesellschaft als auch andeutungsweise in dem gleichzeitigen englischen Patent Nr. 1800 beschriebene Erkenntnis soll in enger Anlehnung an die zweite Quelle, da die erste hier vorläufig nicht zugänglich ist, wiedergegeben werden. „Der grundsätzliche Fehler der üblichen farbenfreien Fernrohre sei der folgende: Im Verhältnis zu der ganzen Brechung zwischen Rot und Violett breche Flintglas das grüne Licht beträchtlich schwächer als Kronglas; mithin sei, wenn die (Gesamt-) Ablenkung zwischen Rot und Violett infolge der Brechung beider Mittel gleich sei, die (Teil-) Ablenkung zwischen Rot und Grün immer stärker als im Flint und die (Teil-) Ablenkung zwischen Grün und Violett im Kron immer kleiner als im Flint.“

Um diese Beobachtung ganz bequem zu verstehen, sei ein Farbenband für Kron dargestellt durch die allein zu ungefährender Übersicht dienende Länge rv mit dem Zwischenpunkte gr



dann würde für ein Flintprisma mit entsprechend kleinerem Winkel oder — bei objektiver Betrachtung — für eine geringere Entfernung des Auffangeschirmes, so daß das Farbenband $RV = rv$ vorläge, die Anordnung der drei Punkte etwa die folgende sein



so daß also, wie oben beschrieben, gilt

$$rgr > RGr; \quad grv < GrV$$

Wie BLAIR bei seinen Versuchen möglicherweise vorgegangen ist, darauf wird sogleich noch ein Hinweis einzurücken sein.

„Eine derartige Lagerung des Zwischenpunktes sei aber auch bei stark zerstreuten Mitteln nicht unvermeidlich: Zwar finde sie sich bei ätherischen Ölen und bei metallischen Lösungen; dagegen ließen Salz- und Schwefelsäure ein ent-

gegengesetztes Verhalten erkennen und zeigten, trotz starker Farbenzerstreuung eine Anordnung, von Gr wie beim Kron. Durch geeignetes Mischen, gegensätzlich wirkender Flüssigkeiten sei es ihm gelungen, ein Mittel zu erhalten, das viel stärker zerstreue als Kron, in der inneren Verteilung der Ablenkung aber dem Kron ganz entspreche und somit diesen Fehler vollkommen zu heben gestatte, der von der ungleichartigen Brechbarkeit des Lichtes stamme. Solche Fernrohre solle man *aplanatische* nennen.“

In seiner Abhandlung hat er nach dem in GILBERTS Annalen 6, 129 erschienenen Auszuge, der allein hier eingesehen werden konnte, Mischungen von „salzigsaurem Spießglanz“ mit „Salzsäure“ oder von „Quecksilbersublimat mit rohem Salmiak“ als Beispiele angeführt, wobei namentlich die letztgenannte Mischung einen besonders lehrreichen Versuch durchführen ließe. „Eine ausgezeichnet scharfe Probe auf Farben erhalte man, wenn man (nach NEWTONS alter Vorschrift) eine Hälfte des Objektivs abdecke.“

R. BLAIR scheint noch 1797 an der Durchführbarkeit seiner Vorschrift für Fernrohre zu allgemeinem Gebrauch festgehalten zu haben, doch versteht man es heute sehr gut, daß auch im Jahre 1800 noch keine derartigen Geräte auf dem Markt waren.

Aber wie sehr man auch vom Standpunkte des ausführenden Optikers aus diese Anlage verurteilen mag, dem Verständnis, der Hingabe und dem wissenschaftlichen Eifer dieses frühen Liebhabers muß man heute große Anerkennung zollen, daß er bloß nach der Güte des Bildes urteilend, seine Beobachtungen so ausgezeichnet richtig deuten konnte. Verständlicherweise verhinderte die mangelnde Schärfe der Brechzahlbestimmung durchaus, diesen Weg weiterzuverfolgen, denn mit Rot, Grün, Violett oder irgendeiner mittleren Farbe war natürlich keine irgend scharfe Messung zu machen.

Die Äußerung R. BLAIRS blieb in England nicht ohne Widerspruch bei den Gelehrten und führte 11 Jahre später den bedeutenden Physiker W. H. WOLLASTON, ebenfalls einen Arzt, zu der folgenden Aussage¹⁾, die wegen ihrer Wichtigkeit für unseren Gegenstand in wörtlicher Übertragung folgen soll.

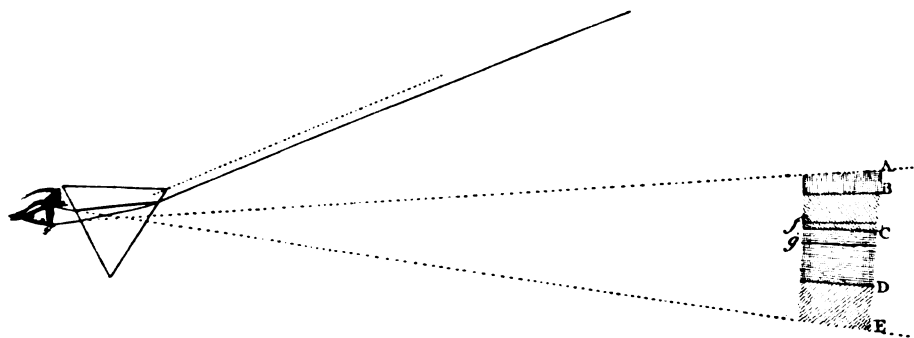
„Diese Beobachtungen über die Zerstreuung, kann ich nicht ohne die Bemerkung abschließen, daß die Farben, in die sich ein Strahl weißen Lichts durch Brechung zerlegen läßt, mir weder sieben an Zahl zu sein scheinen, wie man sie

¹⁾ Es sei darauf hingewiesen, daß der ungleichmäßige Gang der Zerstreuung in verschiedenen Mitteln schon 1762 A. C. CLAIRAUT, dann 1765 J. C. BOSCOVICH bekannt gewesen war. Doch wird R. BLAIR diesen Fehler den ausführenden Optikern Englands wohl zuerst nahegebracht haben.

¹⁾ WOLLASTON, W. H., A method of examining refractive and dispersive powers by prismatic reflection. (Read June 24, 1802.) Phil. Trans. 1802. 365—80, m. 3 + auf Tfl. XIV. S. dazu auch Neue Methode, die brechenden und zerstreuen Kräfte der Körper vermittels prismatischer Reflexion zu erforschen, von Dr. WOLLASTON, dargestellt von MOLLWEIDE. Gilb. Ann. 31, 235—51; 398—415. 1809. Hier besonders 412—5 und Abb. 1 auf Taf. VII.

gewöhnlich im Regenbogen wahrnimmt, noch auf irgendeine (mir erfindliche Weise) auf drei zurückführbar sind, wie sich das einige eingebildet haben; sondern daß sich, wenn man ein sehr enges Lichtbündel verwendet, 4 Abteilungen erster Ordnung in dem prismatischen Farbenband erkennen lassen, und zwar mit einem Grade von Deutlichkeit, wie er meines Wissens bisher noch nicht beschrieben oder beobachtet worden ist.'

Wird ein Strahl von Tageslicht in ein dunkles Zimmer durch einen Spalt von $1\frac{1}{4}$ mm Breite eingelassen und vom Auge aus einer Entfernung von $3-3\frac{1}{2}$ m durch ein dicht an das Auge gehaltenes schlierenfreies Flintprisma aufgenommen, so erscheint der Strahl nur in die folgenden 4 Farben Rot, Gelbgrün, Blau und Violett zerlegt, und zwar in den auf Fig. 3 dargestellten Verhältnissen.'



W. H. WOLLASTONS Darstellung von 7 dunkeln Linien im Sonnenspektrum vom Jahre 1802.

Die Grenzlinie A für die rote Seite des Farbenbandes ist ein wenig undeutlich, was zum Teil auf das Unvermögen des Auges zu schieben sein mag, rotes Licht [auf der Netzhaut] zu vereinigen. Die Linie B zwischen Rot und Grün ist bei einer gewissen Stellung des Prismas völlig deutlich, ebenso wie D und E, die beiden Grenzen für Violett. Aber C, die Grenze zwischen Grün und Blau, ist nicht so deutlich abgeschnitten wie die andern; auch befinden sich ihr zu beiden Seiten andere deutliche schwarze Linien f und g, die beide bei einer unvollkommenen Ausführung dieses Versuchs irrtümlich als Grenzlinie dieser beiden Farben angesehen werden könnten [379].'

Am deutlichsten sind die Farbengebiete getrennt, wenn der einfallende Lichtstrahl mit den beiden Prismenflächen etwa die gleichen Winkel einschließt. Dafür habe ich gefunden, daß die Farbengebiete AB, BC, CD, DE sich nahezu verhalten wie die Zahlen 16, 23, 36, 25.'

Da nach der Annahme Dr. BLAIRS die gegenseitigen Verhältnisse dieser Farbengebiete nach dem sie hervorbringenden Mittel schwanken, so habe ich mit dem oben beschriebenen Aussehen solche Farbenbänder verglichen, wie sie durch prismatische Tröge entstehen, die Stoffe enthalten, die nach seiner Annahme in dieser Hinsicht die größten Verschiedenheiten aufweisen, nämlich

starke, aber farblose Salpetersäure, reines Terpentinöl, sehr helles Sassafrasöl und — ebenfalls farblosen — Canadabalsam. An jedem dieser Stoffe habe ich die gleiche Anordnung dieser 4 Farben gefunden und bei entsprechender Stellung der Prismen die gleiche Ausdehnung der Gebiete, soweit ich das beurteilen konnte.'

Wenn aber die Neigung eines der Prismen so verändert wird, daß sich die Zerstreuung der Farben vermehrt, so ändern sich ihre gegenseitigen Verhältnisse ebenfalls; und so können die Gebiete AC und CE statt wie oben durch 39 und 61 ausgedrückt werden, sich auf 42 und 58 ändern [380].'

An Kerzenlicht kann man eine Folge von Erscheinungen ganz anderer Art erkennen. Wenn ein sehr enger Strich des blauen Lichts im unteren

Teil einer Kerzenflamme für sich allein in gleicher Weise durch ein Prisma untersucht wird, so erscheint das Farbenbild nicht wie ein stetiges Band von Lichtstreifen verschiedener Farbe, sondern es zerfällt in 5 Einzelbilder in gegenseitigen Abständen. Das erste ist deutlich rot, mit einer hellgelben Grenze; das zweite und das dritte sind beide grün; das vierte und das fünfte sind blau, und eben das letzte scheint mit der Trennungslinie D in dem Sonnenspektrum der Fig. 3 übereinstimmend.'

Dient als Untersuchungsgegenstand die blaue Linie des elektrischen Lichts, so fand ich das Farbenband ebenfalls in mehrere Einzelbilder zerfallen; aber die Erscheinungen sind etwas anders als die vorhergehenden. Es ist indessen zwecklos, Erscheinungen eingehender zu beschreiben, die sich mit der Helle des Lichts ändern, und die zu erklären ich nicht auf mich nehmen kann.'

Man kann vielleicht eine unausgesprochene gelassene Meinung WOLLASTONS erkennen, daß BLAIR, da er wohl, um bei subjektiver Beobachtung die gleiche Länge des Farbenbandes zu erhalten, seine Prismen neigte, auf diese Weise Fehler in seine nachträgliche Messung eingeführt haben möge. Solch eine Neigung der Prismen wird man voraussetzen müssen, wenn BLAIR ebenfalls, etwa der

größeren Helligkeit wegen, die Spektren subjektiv prüfte.

Wendet man sich nach diesen kurzen Mitteilungen über den Kampf der Gelehrten und der Optiker mit den offenkundigen Nachteilen der damaligen Geräte der Herstellung der Durchschnittswaren zu, so muß man selbstverständlich mit dem englischen Gewerbe beginnen.

Man führte in London, wie neuere Untersuchungen RAMSDENScher und BERGEScher Zylinderrohre gezeigt haben, das farbenfreie Fernrohr-objektiv zunächst gern nach J. DOLLONDS Vorgehens als dreiteilige Anlage aus, wo 2 Kronlinsen die beiderseits hohle Flintlinse umschlossen. Doch zwang schon um den Ausgang des 18. und den Beginn des 19. Jahrhunderts die leidige Schwierigkeit der Glasbeschaffung den Londoner Optikern eine zweifache Verbindung mit Kron voraus zur Annahme auf.

Übrigens war auch die Beschaffenheit der für diese achromatischen Objektive verwandten Glasarten gar nicht ohne Tadel. J. H. TIEDEMANN in Stuttgart klagte schon 1785 in seinem Büchlein darüber, daß die Linsenflächen nicht selten beschlügen, und richtete seine Objektivfassung so ein, daß man die Linsen zum Putzen aus ihr entfernen und später wieder hineintun konnte.

Wenn man gelegentlich bei der älteren dreifachen Anlage Klagen über den Lichtverlust durch Zurückwurf an den vielen Flächen gegen Luft hört, so wurde die Verminderung dieses Verlusts an der späteren zweifachen Form anscheinend wenig gewürdigt, und zwar deswegen, weil die Hebung der Kugelabweichung bei der Doppel- linse zugestandenermaßen mangelhafter war. Eine Durchrechnung vorhandener, genau nachgemessener Stücke hat jene alten Vorwürfe bestätigt und einen sehr merklichen Betrag von Verbesserung des Objektivs bei gelbem Licht erkennen lassen. Dagegen war die Behandlung der Farben- abweichung aller Anerkennung würdig, die Farben- fehler des Objektivs und des Okulars waren so gut gegeneinander abgestimmt, daß man auch heute mit den gleichen Werkstoffen keine wesentliche Änderung zum Besseren durchführen könnte.

Man kann schließlich noch hervorheben, daß der richtig vorgeschulte Londoner Optikergeselle wohl schon damals regelmäßig im Körperschleifen von Linsen ausgebildet war; nachweisen läßt sich das meines Wissens zwar erst von 1808 ab, aber meine Kenntnis der Entwicklung der Schleif- verfahren in London ist verständlicherweise sehr oberflächlich. Man wird danach verstehen, daß der Londoner Facharbeiter in optischen Betrieben bei seiner für die damalige Zeit recht bemerkenswerten technischen Ausbildung auch noch um 1831 gar nicht daran glauben wollte, daß man im Auslande ähnliches leisten könne, obwohl eine gerechte Bewertung der höchsten Leistungen optischer Kunstfertigkeit damals tatsächlich zu anderen Ergebnissen geführt haben würde. Für den Anfang des 19. Jahrhunderts aber muß die

Überlegenheit der Londoner Technik als ganz fest begründet gelten.

Die französischen Optiker scheinen damals, soweit meine nicht sehr eingehende Kenntnis reicht, hinter den englischen zurückgeblieben zu sein. Einen Hauptgrund wird man in dem mangelhaften Glasersatz suchen müssen, der ihre Herstellung von Objektiven aus Flint und Kron sowohl der Zahl als dem Durchmesser nach beschränkt haben wird, sobald man sie mit der englischen Erzeugung verglich. Dafür kann man nicht nur die anfänglichen Versuche von PASSEMENT in den Jahren 1761 und 1763 anführen, sondern auch ein eingehender Bericht des optischen Fachmanns J. G. A. CHEVALLIER über eine ihm bemerkenswert erscheinende Flintlieferung aus der Zeit um 1811 wirft ein recht deutliches Licht auf den Stand des damaligen Glasersatzes.

Wenn man damals in Paris den Versuch machte, durch eine Art verbindenden Kitt 4 von den 6 spiegelnden Flächen gegen Luft, wie sie bei der Anlage nach DOLLOND vorkamen, unschädlich zu machen, so verdient dieser Vorschlag an sich durchaus nicht die Verwerfung, die ihm J. RAMSDEN nach einem Berichte W. NICHOLSONS zuteil werden ließ. Aber es ist wohl möglich, daß die Pariser Optiker ihn damals nicht zweckmäßig durchgeführt haben. An sich ist DE LALANDE in seiner Ablehnung zweifellos zu weit gegangen, wenn er wirklich die verkitteten Objektive in Bausch und Bogen verurteilt hat.

Mit großer Geduld und großem Fleiß hat man in Paris aber gesucht, das mangelhafte Flintglas zu verbessern, hat sorgfältige Versuche gemacht, die geblasenen dünnen Flintglasplatten in ihrer Form zu verändern, hat zu diesem Zwecke anscheinend schon früh Senkverfahren entwickelt und durch vorhergängige Entfernung der bösesten Schlieren auch die Gleichartigkeit des gesenkten Glases zu erhöhen gesucht. Man muß im Hinblick auf die Geschichtsforschung immer wieder bedauern, daß die französischen Zeitschriften jenes Abschnitts in Jena so schwierig zugänglich sind, und man daher dort vielfach auf lückenhafte und nicht immer mit zweifelloser Sachkunde angefertigte Auszüge und Übersetzungen angewiesen ist.

Auch das von P. L. GUINAND im Jahre 1798 von dem Pariser Optiker N. S. CAROCHÉ übernommene Verfahren der Prüfung auf Schlieren läßt erkennen, daß man mit Verständnis voringing, und wenn auch die unsicheren Zeitverhältnisse nach der folgenschweren Staatsumwälzung kaum der regelmäßigen Vervollkommenung optischer Kunstfertigkeit sehr förderlich gewesen sein werden, so war doch ein Schatz von Erfahrungen in der optischen Technik da, und geschulte Arbeiter können nicht gefehlt haben. Es kann daher nicht weiter verwundern, wenn wir in den 20er Jahren des 19. Jahrhunderts optische Künstler in Paris an erfolgreicher Arbeit sehen, sobald der Glasmangel nur einigermaßen gehoben war.

Wendet man sich nunmehr zu unserm eigenen Sprachgebiet, so kann man nur ein ganz trübes Bild entwerfen, dessen dichte Schatten den richtigen Hintergrund für das leuchtende Bild des Münchener Unternehmens abgeben, das sich von ihnen reizvoll und vielversprechend wie der Regenbogen von der Wolkenwand des abziehenden Gewitters abhebt.

Es sind im wesentlichen drei verschiedene Betriebsformen, die wir im eigenen Gebiet zu schildern haben, die Brillenwerke in Oberdeutschland, die ansässigen *Optici* (die künstlichen Optikermeister) und schließlich die für „Verlagsanstalten“ arbeitenden Liebhaberschleifer.

Geschäftlich von der größten Bedeutung unter diesen 3 Gruppen waren die Brillenwerke, hauptsächlich in Nürnberg und Fürth, die allmählich das Geschäft in billigen Drahtbrillen (namentlich Arbeitsbrillen für Alterssichtige) so gut wie völlig an sich zogen. Sie arbeiteten ausschließlich für Wiederverkäufer, die sie mit sehr billigen und sehr schlechten Waren versorgten. Namentlich die Formgebung der Linsenflächen war ungemein mangelhaft und völlig veraltet.

Ihnen standen die handwerksmäßigen oder in der Sprache jener Zeit künstlichen Optiker gegenüber. Sie lieferten besser geschliffene Gläser zu höheren Preisen an die Eigenbenutzer. An vielen Orten werden sie über ganz einfache Fassungen nicht hinausgekommen sein, da ihnen einträgliche Brillenlieferungen für die Kreise der Gesellschaft durch die der Brille abgeneigte Sitte der Rokokozeit so gut wie unmöglich gemacht wurden. In reicheren Landeshauptstädten wird ein besserer Verdienst gewesen sein, und so gelang bevorzugten Vertretern dieses Standes wohl in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts die Entwicklung der den Augen vorzuhaltenden Scherenbrille, die von dem Brauch der Gesellschaft zugelassen wurde. Daneben konnte ein gewisser Absatz in zierlich ausgestatteten Handröhrchen erwartet werden, der namentlich im deutschen Süden zur Gründung einiger bevorzugter Perspektivmacher-Geschäfte geführt hat. Ja, von der württembergischen Landeshauptstadt lernt man die Kunstfertigkeit eines aus dem deutschen Nordwesten dahin verschlagenen, selbstunterrichteten Optikers J. H. TIEDEMANN (* 1742, † nicht vor 1809) kennen, der sich auf die Herstellung verschiedener optischer Geräte nach englischem Muster geworfen hatte. Versuchen, bessere Brillen zusammen mit optischen Instrumenten (z. T. aus England eingeführt) darzubieten, begegnen wir in dem als Meßplatz besonders bevorzugten Leipzig, aber auch hier dürfen wir unsere Erwartungen nicht allzu hoch spannen, wenn wir bei der Wahrheit bleiben wollen. An ungünstiger gelegenen Orten scheinen hier und da auch fest angesessene Optiker ihre Waren durch den Hauptreiz der Billigkeit empfohlen zu haben, was dann zu einem besonders unerfreulichen Wettbewerb mit den Brillenwerken Oberdeutschlands führte.

Eine dritte Gruppe, die uns erst in neuerer Zeit durch eingehende Durchforschung des hauptsächlichsten deutschen Zeitungsblattes für den Mittelstand bekanntgeworden ist, bildeten die für Verlagsanstalten arbeitenden Liebhaberoptiker, die in den letzten Jahren des 18. Jahrhunderts im wesentlichen wohl Mikroskope aus einfachen Linsen von etwas besserer Beschaffenheit geliefert haben mögen, als das den Nürnberger Schundwerken möglich war. An irgendwie höher stehende Leistungen wird man nicht zu glauben haben: Doch verdient dieser neue Berufsstand darum eine besondere Erwähnung, weil aus ihm August DUNCKER hervorging, der Begründer der Kgl. privilegierten Optischen Industrie-Anstalt in Rathenow. Es handelte sich hier um einen Mann mit Universitätsbildung, der also den mangelhaft, wenn überhaupt, auf dem Gebiete der Optik vorgebildeten handwerksmäßigen Wettbewerbern in theoretischer Hinsicht weit überlegen war. Er führte eine Verbesserung der Flächengestaltung durch Maschinenarbeit ein und hat gleich von vornherein die Herstellung von Brillengläsern und daneben auch von Gestellen in größerem Maßstabe aufgenommen. Außerdem bot er auch Perspektive und die ihm wohlbekannten Mikroskope (mit einfachen Linsen) an, ohne daß er allem Anscheine nach auf diesem Gebiete führend gewirkt hat. Mit Brillen in besserer Ausführung und doch zu verständigen Preisen hat er bald ziemlichen Anklang gefunden und so die ersten Schritte dazu getan, den Ladenoptikern das Schleifen der Brillengläser abzunehmen und ihnen nur die gutbezahlte Anpassung zu überlassen.

Sehr eigentümlich ist es, daß damals an sehr verschiedenen Stellen Brillengläser aus Flint angezeigt wurden, und zwar nicht allein von herumreisenden Marktschreibern, wie z. B. LEHMANN aus der Grafschaft Kastell, sondern auch von tüchtigen Vertretern des Optikergewerbes, wie eben dem Rathenower Fabrikunternehmer A. DUNCKER. Er hatte 1800, als ihn ein Untersuchungsausschuß von Staatsbeamten besuchte, schon eine ziemliche Menge von Flintglasbrocken für solche Brillengläser eingekauft. Man kann im Vorbeigehen bemerken, daß sich dieser eigentümliche Brauch — ich nehme an, in dem Wunsche, den Brillengläsern möglichst schwache Krümmungen zu geben — noch lange am Leben erhielt und noch 1864 dem holländischen Augenforscher F. C. DONDEES als lebenskräftig bekannt war. Die festländischen Erzeugungstätten scheinen in ziemlicher Zahl mindestens in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts gelegentlich Flintbrillen angezeigt zu haben.

Man wird an diesem Bilde keinen Anlaß zu besonderem Stolz finden können: Die Keime einer erfreulichen Entwicklung waren doch nur schwach und klein, und auch der Rathenower Betrieb bedurfte einer tatkräftigen und in höherem Maße sachkundigen Leitung. Sie ist ihm in der Tat zuteil geworden, aber erst zu einer Zeit, die weit

hinter dem hier zu besprechenden ersten Viertel des 19. Jahrhunderts liegt.

Eine Änderung dieses durchaus unbefriedigenden Zustandes der Erzeugung feinerer optischer Geräte im deutschen Sprachgebiet ergab sich aus dem Wunsche, neuzeitige Vermessungsgeräte in Bayern zu schaffen. Der ausgezeichnete Ingenieur G. REICHENBACH (* 1772, † 1826) und der Uhrmacher J. LIEBHERR (* 1767, † 1840) hatten sich miteinander verbunden, diesem Mangel abzu helfen, und ihnen schloß sich 1804, flüssige Mittel und erprobten Unternehmungsgeist einschließend, der erfolgreiche Fabrikherr JOSEPH UTZSCHNEIDER (* 1763, † 1840) an. Obwohl mit Einzelheiten der optischen Arbeiten nicht bekannt, bereiste er 1805 die süddeutschen optischen Betriebe, die ihm aber keinen besonderen Eindruck gemacht zu haben scheinen. Im Gegenteil glaubte er in dem westschweizer Schmelzfachmann GUINAND auch einen geeigneten Optiker für die Schleifarbeiten gefunden zu haben.

Immerhin war diese Kraft 1805/06 und darüber hinaus bei der Ausführung der Schmelzen optischen Glases kaum zu entbehren, und man wird sich damals in München bei dem Schleifen der Linsen so gut geholfen haben, wie man eben konnte, und das wird zweifellos nicht besonders vorbildlich gewesen sein.

Man wird annehmen können, daß die mechanische Arbeit unter so sachverständiger Leitung wie von G. REICHENBACH und J. LIEBHERR gut vorwärtsschritt, und UTZSCHNEIDER erinnerte sich 1826, daß damals manche, in ihren mechanischen Teilen fertige Geräte am Lager gestanden und auf ihre Linsen gewartet hätten. Die optischen Arbeiten, in denen die leitenden Kräfte weniger bewandert gewesen sein werden, standen unter dem Meister JOSEF NIGGL, der aber seine Stellung dort noch 1807 aufgegeben hat. Sein Nachfolger war J. FRAUNHOFER, auf dessen äußeren Lebensgang wir nunmehr kurz eingehen müssen.

J. FRAUNHOFER war am 6. März 1787 als das 11. Kind des Glasermeisters FRANZ XAVER FRAUNHOFER geboren und trat nach ganz mangelhafter Schulung mit etwa 12 $\frac{1}{4}$ Jahren, nämlich im August 1799, bei dem Münchner Spiegelmacher und Glasschleifer PHILIPP WEICHSELBERGER in die auf 6 Jahre bemessene Lehre: Wie wir aus späteren Aussagen hören, war seine Absicht, ein tüchtiger Brillenmacher zu werden, denn andere Aussichten lagen wohl ganz außerhalb seines Gesichtskreises. Wir wissen ferner in einigermaßen unbestimmter Weise, daß er, wohl bei Antritt seiner Lehrzeit, zwar habe lesen, aber nicht schreiben und rechnen können, und vermögen daraus einen Schluß auf seine mit ganz unerhörtem Fleiße verbundene Begabung zu ziehen, wenn wir beachten, was er bald danach, schon 1807, in der Anwendung höherer Rechnung auf optische Aufgaben geleistet hat. Den gleichen Schluß müssen wir aus der Tatsache ziehen, daß er später imstande war, von seinen wichtigeren Abhandlungen

selber Übersetzungen in die französische Sprache anzufertigen. Einzelheiten kennen wir wenig, vielleicht mag man den Jammer einer solchen Lehrlingszeit, die niedrigen häuslichen Dienste, die von einem derartigen Burschen verlangt wurden, den gänzlichen Mangel an Teilnahme, die törichte Herrschsucht eines geistlosen Lehrherrn einer gleichzeitigen Schilderung entnehmen, die KARL FRIEDRICH VON KLÖDEN in seinen Jugenderinnerungen gegeben hat. Seine Lehrzeit begann im Oktober 1801, und die Vernachlässigung seines geistigen Lebens ist dem regsamen und erstaunlich lernbegierigen Knaben — er hatte freilich mit FRAUNHOFER verglichen eine merklich bessere Vorschulung erfahren — besonders hart angekommen. Schwerlich ist es FRAUNHOFERN als Lehrburschen besser ergangen, und es wirft ein grelles Licht darauf, daß sein Lehrherr ihm jede geistige Fortbildung untersagte. Den ersten Anlaß zu einer Besserung seiner Lage bot am 21. Juli 1801 ein schlimmer Unglücksfall, der Zusammenbruch des altersschwachen Gebäudes, in dem sich die Werkstatt befand. Frau WEICHSELBERGER wurde erschlagen, der im 15. Lebensjahre stehende Lehrling wurde verschüttet, konnte aber durch die Rettungsarbeiten, die der Polizeimeister A. VON BAUMGARTNER leitete, ohne Beschädigung seiner Gliedmaßen gerettet werden. Der Landesherr, der bayrische Kurfürst MAXIMILIAN JOSEPH, nahm ebenfalls persönlich an dem Geretteten Anteil und beschenkte ihn mit 18 Dukaten (= 173 G.-M.), einer für die damalige Zeit sehr beträchtlichen Summe.

Auch der Geheimreferendar J. UTZSCHNEIDER zeigte sich dem Knaben freundlich, wenngleich es damals zu keiner näheren Bekanntschaft kam. Für uns ist es von Wichtigkeit zu hören, daß sich der junge FRAUNHOFER von dem Geschenk eine Glasschneidemaschine erstand, die er in seinem künftigen Berufe gut würde brauchen können. Er kaufte ferner seinem Meister das letzte Halbjahr seiner Lehrzeit ab, so daß er im Frühjahr 1805, also mit dem Beginn seines 19. Lebensjahres, Geselle geworden sein wird. Für seine Schulung konnte er nichts weiter tun, als die Feiertagsschule besuchen, wie er noch 1805 dort einen Preis (den 23. unter 86 Schülern) erhielt.

Seine Gesellenzeit verlief zunächst wohl ähnlich kümmerlich wie die K. F. v. KLÖDENS, und ganz wie dieser mußte er bei seinem früheren Meister aushilfsweise arbeiten; Gravierarbeiten für Besuchskarten, die er geplant hatte, konnte er bei dem Geldmangel jener kriegführenden Zeit nicht loswerden, doch hatte er sich dabei auf dem Gebiete des Stechens in Kupfer solche Kenntnisse erworben, daß er später Tafeln für seine wissenschaftlichen Arbeiten in schwierigen Fällen selber zu stechen vermochte.

Hier half ihm die Gründung der optischen Werkstätte, und er wandte sich an J. UTZSCHNEIDER, der ihn schon 1807, also in seinem 21. Jahre, in dem Betriebe beschäftigte, und zwar heißt es

(v. Th. 28), er sei „unter die technische Leitung „von NIGGL und die wissenschaftliche Pflege von „SCHIEGG gestellt“ worden. Über den Erstgenannten wird noch weiter unten zu handeln sein. Was ULRICH SCHIEGG (* 1752, † 1810) angeht, so war dieser in seinem 20. Jahre in den Benediktinerorden getreten und hatte seit 1791 an der Salzburger Universität ein Lehramt bekleidet, ja auch naturwissenschaftliche Vorlesungen gehalten. Nach Aufhebung seines Klosters wurde er 1803 nach München als Astronom berufen, nach (Sp. 37) auch in die Akademie aufgenommen. Er wurde später bei der Vermessung der neu angegliederten fränkischen Gebiete verwandt und verunglückte dabei durch einen Unfall auf der Reise. Auf FRAUNHOFER hat er offenbar nur kurze Zeit einwirken können, und man möchte glauben, daß dessen Entwicklung in seinem Sonderfach ihn bald von einem Vertreter der allgemeinen Naturwissenschaften hinweggeführt haben wird. Nach der Erinnerung ERTELS als eines Ohrenzeugen hat G. REICHENBACH schon bald nach FRAUNHOFERS Anstellung die große Begabung des jungen Gesellen in einer für den damaligen Meister nicht eben erfreulichen Weise anerkannt. Er wirkte zunächst unter dem Meister J. NIGGL (* 1778, † 1835). In unserer Zeit ist Herr A. SEITZ¹⁾ diesem durchaus nicht unfähigen Meister der alten Schule nachgegangen, der sich später in München selbständig gemacht hat und als ein recht tüchtiger Arbeiter galt. Man möchte aber heute nicht glauben, daß sich dieser äußerlich schrofie, ja bärbeißige Mann für die Entwicklung neuer Verfahren in einem höheren Maße geeignet habe. Er hat noch im Jahre 1807 mit FRAUNHOFER zusammen gearbeitet.

Was damals hergestellt wurde, darüber kann man heute nur noch Vermutungen äußern. Ob auch Brillengläser, auf die NIGGL besonders geschult war, ausgeführt wurden, ist ganz unsicher; auszuschließen ist es um so weniger, als doch P. L. GUINAND früher ebenfalls dieses Gebiet der technischen Optik bestellt hatte. Dagegen spricht allein, daß bis jetzt keine Anzeigen dieser Waren bekanntgeworden sind²⁾. Billige Operngläser für ein einzelnes Auge sind bestimmt gemacht worden: 1811 werden nur solche mit einer Doppellinse als Objektiv etwa zu 12,50 und 13,50 S.-M. angeboten, aber gegen Ende von 1812 hören wir auch von zwei mit einer Einzellinse als Objektiv versehenen Stücken, die je mit 8 und 10 S.-M. ausgezeichnet waren. Vorausgreifend mag man bemerken, daß alle diese billigen Waren bestimmt nicht FRAUNHOFERS Billigung hatten, wie er sie ja sicherlich im August 1817 ausdrücklich für seinen Betrieb ablehnte. Man darf eben nicht vergessen, daß die tüchtigen Handwerksmeister

zu London und Paris die Brille von alters her übernommen hatten und sie auch bei ihrem inzwischen merklich gehobenen Stande willig weiterführten, zumal sie bei der Anpassung ihre Geschicklichkeit beweisen und an wohlhabenden Käufern gut verdienen konnten. Demgegenüber scheint FRAUNHOFER sehr früh den Standpunkt des wissenschaftlichen Optikers eingenommen und — was noch PETZVAL in den 50er Jahren des 19. Jahrhunderts ausgesprochenermaßen tat — stillschweigend „edle“ Erzeugnisse der Optik anerkannt zu haben, zu denen er Brillen und Handröhrchen offenbar nicht rechnete. Nebenbei vermochte er verständlicherweise von dem weltfernen Benediktbeuern aus keine Brillen anzupassen, und die Käufer waren sicherlich nicht so begütert wie in den westlichen Hauptstädten. Vielleicht konnte er erst nach REICHENBACHS Austritt im Februar 1814 die Handröhrchen aus den Preislisten verschwinden lassen.

NIGGL gab also, um von dieser Abschweifung zurückzukehren, gegen Ende des Jahres 1807 freiwillig seine Stellung an dem UTZSCHNEIDER-REICHENBACHSchen Betriebe auf und wurde durch J. FRAUNHOFER ersetzt. Wie das Verhältnis zwischen diesen beiden Optikern gewesen ist, wissen wir nicht: Vielleicht ist mit einer Gruppe älterer Gewährsmänner wirklich anzunehmen, daß sich der Vertreter der älteren Arbeitsweise nicht mit dem Schöpfer einer völlig neuen zu einigen vermochte. Vom 2. August 1817 hören wir, daß sich ein Münchener Akademiker SCHWEIGGER bei FRAUNHOFER für den in Not geratenen J. NIGGL verwandt hat. Das Ergebnis war eine höfliche Ablehnung, da gerade die Erzeugnisse NIGGLS — holländische Fernrohre und Brillengläser — in dem FRAUNHOFERN unterstellten Betriebe nicht verwertbar wären. Doch ist es ebensowohl möglich, daß NIGGL sich mit GUINAND nicht zu stellen vermochte, der ja jedenfalls sofort die Leitung auch dieses Betriebes beansprucht haben wird.

FRAUNHOFER hatte schon 1807 seine große Begabung auch auf theoretischem Gebiet erwiesen durch die Abfassung einer (heute verschollenen) Arbeit über die Abweichung außer der Achse bei Teleskopspiegeln. Die Wahl dieses Gegenstandes ist nicht weiter verwunderlich, da gerade in dieser Zeit ziemlich viele HERSCHELsche Spiegelfernrohre von 2 und 3 m Länge und je 16 $\frac{1}{2}$ und 22 $\frac{1}{2}$ cm Spiegeldurchmesser auch an festländischen Sternwarten im Gebrauch gewesen zu sein scheinen. Von der Anlage und den Preisen derartiger Rohre haben wir ja auf S. 539 gesprochen. Den Inhalt dieser Arbeit FRAUNHOFERS kennen wir nur durch die kurze Erwähnung in dem UTZSCHNEIDERSchen Nachruf, worin er hervorhebt, daß FRAUNHOFER für die hyperbolische Form und gegen die parabolische eingetreten sei. Es braucht darüber nichts weiter gesagt zu werden, weil bei dem Anstellungsvertrage FRAUNHOFERS schon im Februar 1809 die Herstellung von Spiegelrohren ausgeschlossen wurde, was ja ganz verständlich

¹⁾ Der Münchner Optiker JOSEF NIGGL. C. Z. 1923. 44. 150/4 (5. VII.).

²⁾ Ein solcher Nachweis ist inzwischen von Herrn A. SEITZ erbracht und der Beleg in seinem FRAUNHOFER-Büchlein veröffentlicht worden.

ist, wenn man an UTZSCHNEIDERS Pläne mit optischem Glase denkt. An einer späteren Stelle werden wir auf die Stellung des Münchener Betriebes zu den Spiegelrohren noch einzugehen haben, wie sie uns aus einer späten Äußerung FRAUNHOFERS klar wird.

FRAUNHOFER mag 1807 noch in München angestellt worden sein, denn nur dort wird U. SCHIEGG ihm haben helfen können, da ihn sein Beruf im wesentlichen an die Hauptstadt fesselte. Nach S. MERZ (6) hat aber UTZSCHNEIDER die Schleiferei schon Ende des gleichen Jahres nach Benediktbeurn verlegt, wo sie, wie man nach dem Vertrage vom 20. Februar 1807 jedenfalls schließen muß, unter P. L. GUINANDS Leitung hätte stehen müssen.

Schon oben war auf die Möglichkeit hingewiesen worden, daß sich J. NIGGL in diese Unterordnung nicht hat fügen wollen, und es stimmt mit der Annahme einer zeitweiligen Oberleitung GUINANDS sehr gut, wenn dieser (Naturwissenschaften 1925, S. 620 r) später seinem Schüler E. REYNIER mitteilte, er habe FRAUNHOFERN das Schleifen und Polieren auf [wasserkraftgetriebenen] Maschinen beigebracht. Im übrigen aber klafft hier eine Lücke in unserer Kenntnis von den ersten Jahren FRAUNHOFERS in Benediktbeurn. Aktenmäßig bestimmtes wissen wir erst wieder durch den Abschluß des Vertrages vom Februar 1809, durch den FRAUNHOFER in die Leitung des Unternehmens an die Seite von UTZSCHNEIDER und REICHENBACH aufgenommen wird.

Daß er sich also in den 14 oder 15 Monaten von Ende 1807 bis zum Februar 1809 ganz ungewöhnlich hervorgetan hat, ist gar nicht zu bezweifeln, und man mag annehmen, daß GUINAND ihm ein so erstaunlich rasches Hinauswachsen über die ihm selber zugeteilte Stellung verübelt hat; denn diese beiden Fachmänner und Betriebsgenossen haben später nicht miteinander auskommen können; aber Einzelheiten dazu sind von ihrer keinem überliefert worden.

Die einzige Angabe zeitlicher Art, die mir bei der Durchsicht der FRAUNHOFER-Erinnerungen zu seinem Schleif- und Polierverfahren aufgefallen ist, steht in der Voitschen Schrift zur 100. Wiederkehr seines Geburtstages. Dort heißt es ausdrücklich, daß diese Erfindungen in zeitlicher Reihenfolge aufgeführt würden, doch finden sich keine Jahreszahlen. Für alle diese Vorkehrungen, soweit sie zu den Maschinen gehören, werden Zeichnungen beigegeben, die von dem STEINHEILSchen Betriebe gefördert wurden, wenn sie nicht gar da entstanden sind. Es steht das in guter Übereinstimmung mit der verständnisvollen und ehrerbietigen Würdigung, die schon C. A. STEINHEIL für den leitenden Geist des ältesten Münchner feinoptischen Betriebes hatte.

Der Reihe nach handelt es sich (V. 5) um eine Poliermaschine, bei der die Geschwindigkeit beim Polieren durch ein Metronom vor schädlichen Schwankungen behütet wurde. Die Prüfung der polierten Flächen erfolgte (V. 5) durch das in-

zwischen allgemein bekanntgewordene Probierglasverfahren. An dritter Stelle wird (V. 6) eine Pendelschleifmaschine aufgeführt und ferner auf besonders feine Fühlhebel (V. 6) und ein Sphärometer (V. 7) hingewiesen. Die Ablesung geschah an einer Teilung, über der ein die Tasterverschiebung stark vergrößernder Hebel spielte.

Mindestens einen Teil dieser grundlegenden Erfindungen muß man wohl in diese 14 oder 15 Monate verlegen: Ohne vohrergehende ganz bedeutende Leistungen wäre FRAUNHOFERS Aufnahme als Teilhaber in die Betriebsleitung unerklärlich; denn der neue Vorsteher hatte am 7. Februar 1809 sein 22. Lebensjahr noch nicht ganz vollendet.

Über die technischen Verfahren, die FRAUNHOFER verwandte, ist seinen eigenen Worten nur ganz wenig zu entnehmen. Dem Berichtenden ist nur aufgefallen (43 d) die Angabe, daß die gewöhnlichen Spiegel damals „mit Hutfilz und benetztem Eisenoxyd“ poliert wurden, was möglicherweise dasselbe Verfahren ist, das er in dem Briefe an BAUMANN als das der alten Optiker abschätzig bespricht. Davon unterscheidet er (47 γ) feinpoliertes Glas und meint damit vielleicht nach (49 β) das Verfahren, womit man „Glas auf einer Harzplatte mit nassem Eisenoxyd „poliert“. Es ist wohl möglich, daß diese heute in den besten Werkstätten bevorzugte Vorschrift damals auf die bayrische Anstalt beschränkt blieb. — Was die Prüfung mit dem Probeglas angeht, so habe ich nur (46/7) gefunden, wo er von den Farben spricht, „welche durch Berührung von zwei „polierten ebenen Glasflächen entstehen“. Daß er öffentlich keine nähere Kunde von diesem Verfahren gab, erklärt sich aus seiner grundsätzlichen Stellung zu den Fabrikgeheimnissen (45 β). Auch in der Werkstätte werden sie zunächst geheimgehalten worden sein, und das Probeglasverfahren blieb es auch, wenn der folgende Schluß richtig ist. Dieses Verfahren ist STAMPFERN unbekannt (47/8), obwohl das Wiener polytechnische Institut den besonders geschickten Arbeiter STARK aus München gewonnen hatte, einen Angestellten, der FRAUNHOFERN beim Zusammensetzen und Ausrichten der größeren Objektive, auch des später nach Dorpat gelieferten, behilflich gewesen war. Andere der soeben beschriebenen Vorkehrungen, so die Pendelschleifmaschine und der besonders feine Fühlhebel, wurden, wie E. VOIT (6) hervorhebt, von J. J. PRECHTL nacherfunden und 1828 veröffentlicht. Eine bloße Bemerkung über das Ausrichten, so daß die Achsen der Gläser vollkommen in eine Linie gebracht wurden, findet sich 1824 bei FRAUNHOFERS Bericht über den großen Refraktor (170 γ). Bei dem gleichen Anlaß (170 a) läßt er auch erkennen, daß er seiner Förderung der Schleif- und Polierverfahren, teils durch Erfindungen, teils durch Entdeckungen ermöglicht, ein entscheidendes Gewicht für eine genügende Annäherung an die ideale Kugelform beilegte.

Wendet man sich nunmehr dem Rechenverfahren zu, die der Meister für die Anlage seiner Objektive verwandt hat, so möchte man nach seiner Äußerung (24 α) auf manche mißlungene Versuche der Frühzeit schließen. „Wenn bei achromatischen Objektiven die Abweichung wegen der „sphärischen Form der Flächen vollkommen gehoben sein soll, so müssen, bei Berechnung derselben, die angenommenen Exponenten der „Brechungsverhältnisse der mittleren Strahlen in „beiden Glasarten für einen und denselben farbigen „Strahl gehören; gehören sie für zwei verschiedene „Strahlen, so ist, der genauesten Rechnung ungeachtet, diese Abweichung nur unvollkommen gehoben. Da man sich durch die Entdeckung „der Linien im Farbenbilde hiervon vollkommen „versichern kann, so ist der Nutzen der Linien „auch zur Vernichtung dieser Abweichung von „Bedeutung.“ Daß er an verschiedenen Objektiven sofort nach der Gewinnung genauer Brechzahlen die Kugelabweichung strengstens mindestens bei den Versuchen gehoben hat, die zur Ermittlung des wünschenswerten Brennweitenverhältnisses der beiden Objektivlinsen hergestellt wurden, geht aus seinen eigenen Worten (22 β) hervor.

Daß das große 9-zöllige Objektiv — es wurde auf der Münchner Gewerbeausstellung im Dezember 1819 ausgestellt und trug FRAUNHOFER eine der 10 damals verteilten Schaumünzen ein — nur eine zerstreute gegen drei sammelnde Flächen aufweise, wurde in der bayrischen Fachpresse verkündet.

Die bewundernden Zeitgenossen haben sehr bald dem Grade nachgespürt, mit dem FRAUNHOFER die Kugelabweichung vernichtete, und von den berühmteren Arbeiten ist die von F. W. BESSEL zu nennen, während sich 1828 S. STAMPFER in einer besonders eingehenden Weise mit der Untersuchung einer ganzen Anzahl FRAUNHOFERscher Objektive (offenbar von dem Wiener polytechnischen Institut bezogener Mechanikerobjektive) beschäftigt hat. Seine Bemerkungen sind ungemein lehrreich, und durch sorgfältige trigonometrische Durchrechnung konnte er deutlich auf den Fehler der Farbenverschiedenheit der Kugelabweichung hinweisen. Seine Absicht war durch den Wunsch gegeben, der in Wien aufblühenden optischen Technik nützliche Dienste zu leisten, und ihm verdanken wir die Mitteilung (75/6), daß FRAUNHOFER kleinen Objektiven mit einem Durchmesser von 18'' (= 4 cm) eine besonders einfache Form — Innenflächen gleich, letzte Außenfläche plan — gegeben hat, bei der allerdings die Kugelabweichung nicht gehoben war. Außerdem habe er nach (43 γ) in früherer Zeit ein stärker brechendes Flint $n = 1,6336$ verwandt und es später, wohl von 1818, ab zugunsten eines leichteren mit $n = 1,6165$ verlassen.

Die genaue Untersuchung, die STAMPFER einem seiner neueren FRAUNHOFERschen Objektive angedeihen ließ, brachte ihn vor die Frage, welche vierte Bedingung — außer der Maßstabgleichung,

der Farbenhebung, der Hebung der Kugelabweichung — der Meister mit seinen vier Krümmungshalbmessern erfüllt habe. Er entschied sich schließlich (81 α) dafür, daß dabei die Kugelabweichung auch noch für einen Achsenpunkt in der Entfernung von $-40 f'$ gehoben worden sei, um die Güte seiner Ausführung rasch an einer fernerer Schriftprobe prüfen lassen zu können.

In einer solchen wohlbedachten Art wurden die Wiener Optiker von den Vertretern der Wissenschaft gefördert, und es gelang ohne jede Frage zunächst eine merkliche Erhöhung und Steigerung optischer Kunst in Wien. Gerade wenn J. v. LITROWS bitterer Hohn, wie wir ihn in der Mitteilung bei S. MERZ (16/7) ausgesprochen finden, wirklich zutrifft, muß man die Geduld und das Erziehungsgeschick der Gelehrten am polytechnischen Institut besonders anerkennen, daß sie ihre Pflegebefohlenen trotzdem auf eine solche Höhe heben konnten. Denn in der Tat kam es in der Hauptstadt Österreichs nur 12 Jahre nach dem STAMPFERSchen Aufsatz zu der glänzenden wenn auch nur kurzen Blüte, die das Zusammenarbeiten J. PETZVALS mit W. FR. VOIGTLÄNDER heraufführte.

Als es sich dann in den 50er Jahren darum handelte, für die von C. A. STEINHEIL in München begründete Anstalt die führende Stellung zurückzugewinnen, da hat sich dessen mathematischer Berater L. PH. SEIDEL in einem seiner ausgezeichneten theoretischen Aufsätze auch zur Anlage der FRAUNHOFERschen Objektive geäußert und die Ansicht vertreten, FRAUNHOFER habe durch planmäßige Versuche mit trigonometrischer Berechnung auch auf die Fehler außerhalb der Achse Rücksicht genommen oder in unserer heutigen Ausdrucksweise die *Sinusbedingung* erfüllt. Er schlug schon 1856 vor, bei einer von der Kugelabweichung hinreichend befreiten Anlage die Gleichung $S_2 = 0$ als die FRAUNHOFERsche Bedingung zu bezeichnen. Tatsächlich handelt es sich dabei um den Ausdruck, zu dem die ABBESche Sinusbedingung bei der Beschränkung auf Strahlenbündel kleiner Öffnung wird. Ganz neuerliche trigonometrische Durchrechnungen zweier älterer zweifacher FRAUNHOFERscher Fernrohrobjektive von 55 und 115 cm Brennweite haben hier gezeigt, daß ihre rechnerische Anlage (mit Einschluß der Sinusbedingung) auch heute nicht übertroffen werden könnte.

Geht man nach dieser Behandlung unserer geringen Kenntnis der Entwicklung seiner Bearbeitungs- und Rechenverfahren auf FRAUNHOFERS Tageswerk in dem Betriebe zurück, so brauchen wir uns hier nicht um die Schwierigkeiten zu kümmern, die es mit dem Schmelzmeister GUINAND gegeben hat. Das wenige, was man darüber vermuten kann, ist schon auf S. 546 behandelt worden; vgl. aber auch S. 553.

Über die Eigentümlichkeit FRAUNHOFERS als Vorgesetzten erfahren wir nur wenig. Es sieht nicht so aus, als habe er mit dem im Jahre 1809 im 62. Lebensjahre stehenden GUINAND je zu

einem Zusammenwirken kommen können; doch mag das an dem natürlichen Widerstand des Schmelzers gegen den sein Werk endgültig beurteilenden Leiter der optischen Abteilung gelegen haben.

Nach seinem 1816 über die Prüfung des Stuttgarter Optikers STRAHL eigenhändig erstatteten Bericht wird man schließen, daß er neue Kräfte mit einer völlig überlegenen Sachkunde auf Herz und Nieren prüfte, mit Entlassungen nicht eben eilig war, aber einen minderwertigen Angestellten auch bei sehr groben Vorarbeiten ließ.

Nach den Verhandlungen J. UTZSCHNEIDERS mit GEORG MERZ im Juli 1826 wegen der Nachfolge wird man geneigt sein, an eine große und ständig geübte Zurückhaltung bei FRAUNHOFER zu glauben. Nach dem Ausscheiden R. BLOCHMANNs 1818 ist er allem Anscheine nach in dem Betriebe selbst ohne persönlichen und wissenschaftlichen Anschluß gewesen. Auch scheint er bei dieser an sich zweifellos wünschenswerten Geheimhaltung seiner Sonderkenntnisse an keinen Nachfolger aus dem eigenen Betrieb für seine Stellung gedacht zu haben. Daß er sich darüber mit C. A. STEINHEIL unterhalten habe, wird berichtet.

Was er in seiner unermüdlichen Tätigkeit als Lehrmeister für den ihm unterstellten Betrieb bedeutete, ist heute kaum mehr richtig zu bewerten: Er war imstande, aus dem Nichts — von der damals deutschen Optikern möglichen Schulung hat er 1816 jedenfalls sehr wenig gehalten — einen optischen Feinbetrieb allerersten Ranges hervorzurufen, und seine näheren Landsleute — GEORG MERZ, sein schließlich Nachfolger, war aus der Nähe von Benediktbeurn gebürtig — in einer Weise auf eine sorgfältige Ausführung zu schulen, die damals ihresgleichen nicht hatte. Im Verlaufe der Zeit werden wir darauf noch gelegentlich zurückzukommen haben, doch sei hier ein einzelnes Zeugnis eines Augenzeugen herangezogen. Wie man aus dem 12. Bande dieser Zeitschr. 1924, S. 789 r. entnehmen kann, war ein vermutlich dänischer Optiker nach seiner Ausbildung in Benediktbeurn ganz erstaunt, die nur behelfsmäßigen Einrichtungen in Paris kennenzulernen. Und Paris hatte doch seit den PASSEMENTschen Arbeiten am farbenfreien Fernrohr vom Jahre 1761 einen Vorsprung von etwa 45 Jahren!

Mit dem äußeren Betriebe des ihm unterstellten Werkes scheint er zunächst nicht viel zu tun gehabt zu haben, so möchte man nicht glauben, daß die dürftige Anzeige vom Jahre 1811 mit seiner inneren Billigung ausgegeben worden sei. Erschienen damals doch noch einfache Theatergläser zu erstaunlich billigen Preisen, worauf schon auf S. 545 hingewiesen worden ist. Dagegen wurden 1811 Handfernrohre in etwas größerer Zahl angeboten, und zwar in der damals allein verkäuflichen äußeren Form; das waren mit Holz- oder Lederbekleidung (gelegentlich auch mit einer Schmelzschicht) versehene Außenrohre, in denen sich messingene Auszüge straff passend bewegten. Diese Form war vermutlich etwa 30 Jahre zuvor

zuerst auf dem Markt gewesen, und zwar hatte sie das weltbekannte DOLLONDSche Haus angeboten, dem damit andere Hersteller in England und auf dem Festlande gefolgt waren.

Daß im Jahre 1812 ein Objektiv von 7'' (= 19 cm) in Angriff genommen und vollendet wurde, wissen wir aus BAUERNFEINDs Darstellung.

Der nächste sicher zu datierende Abschnitt, immer von den Glasarbeiten abgesehen, war REICHENBACHs Ausscheiden aus dem Benediktbeurner Unternehmen am 17. Februar 1814, womit FRAUNHOFER natürlich von selbst einen weiteren Wirkungskreis erhielt.

Vielleicht ist damit auch die erste eingehende Liste des Betriebes vom Jahre 1816 in Zusammenhang zu bringen, die in der wissenschaftlichen Fachpresse¹⁾ erschien. Von den fertigen Geräten, über die noch zu handeln sein wird, zu schweigen, findet sich nunmehr zuerst auch ein Angebot von Einzelteilen, nämlich von Fernrohrobjektiven in Ringfassung, wahrscheinlich mit eingestochener Herkunftsbezeichnung.

Der Grund zu diesem, wie gesagt, für die optischen Betriebe jener Zeit ungewöhnlichen Angebot war durch die enge Verbindung gegeben, in der das damalige Benediktbeurner Unternehmen zu REICHENBACH, dem früheren Teilhaber, stand. Dieser hatte in seiner vornehmlich mechanischen Werkstatt, wie C. M. v. BAUERNFEIND berichtete, eine ganze Anzahl geschickter Mechaniker ausgebildet, die ihre Sternrohre nunmehr mit FRAUNHOFERSchen Linsen versehen konnten. Wir wissen, daß wohlbekannte Betriebe, z. B. das Polytechnische Institut zu Wien, noch nach 1828 von dieser Möglichkeit Gebrauch gemacht haben. FRAUNHOFER ging in seiner Anzeige damals zu 5'' (= 13,5 cm), was selbstverständlich schon einen zuverlässigen Schluß auf die Sicherheit seiner Hoffnung zuläßt, Glasstücke solchen Durchmessers von seiner Hütte regelmäßig geliefert zu erhalten.

Man wird annehmen können, daß die größere Sicherheit in der Erzielung brauchbarer Schmelzen und die unvergleichliche Schärfe bei der Bestimmung der Brechzahlen auch Außenstehenden bekannt wurden, und so ist es nicht verwunderlich, daß man bei FRAUNHOFER anfragte, ob er nicht Mitteilungen von seinem neuen Verfahren machen wollte. Er sagte zu und verfaßte zum Jahre 1817 seine denkwürdige Arbeit „Bestimmung des

¹⁾ Ich weiß nicht, auf wen (ob auf UTZSCHNEIDER oder auf FRAUNHOFER) der Brauch in Benediktbeurn zurückgeht, die Preislisten in allgemein-wissenschaftlichen Zeitschriften aufnehmen zu lassen. Soviel ich sehe, ist das von etwa 1816 ab geschehen und etwas Neues gewesen; vorher scheint man auch in Benediktbeurn dafür lose Blätter bevorzugt oder — in England vielfach — an technische Bücher des Geschäfts Preislisten hinten angebunden zu haben. Namentlich in SCHUMACHERs vielgelesenen „Astronomischen Nachrichten“ hat dieses neue Vorgehen Schule gemacht und dem heutigen Geschichtsforscher vielfach wichtige Quellen erhalten.

„Brechungs- und Farbenzerstreuungs-Vermögens „verschiedener Glasarten, in bezug auf die Ver- „vollkommnung achromatischer Fernrohre“. Sie ist in einem Aufsatz an anderer Stelle¹⁾ gewürdigt worden, wohin sie nach ihrem wesentlichen Inhalt gehört.

Der letzte Anlaß zu der soeben schon erwähnten Arbeit wurde durch FRAUNHOFERS Wunsch geboten, sich seiner am 15. Februar 1817 erfolgten Ernennung zum auswärtigen Mitgliede der Münchener Akademie würdig zu erweisen. Für die damalige Zeit mit ihrem weitverbreiteten Gelehrtenzunftgeist war eine solche, einem Gewerbsmann ohne akademische Bildung erteilte Ehrung so ungewöhnlich, daß wir uns heute nur schwierig eine richtige Vorstellung von ihrer Bedeutung nach außen verschaffen können; wahrscheinlich wird UTZSCHNEIDERS Einfluß das beste dazu getan haben; denn daß die Münchener Akademie auch nicht ohne Engherzigkeit war, sollte FRAUNHOFER selbst wenige Jahre darauf bei einem uns ganz geringfügig erscheinenden Anlaß erfahren.

Wendet man sich jetzt ganz kurz zu den FRAUNHOFERSchen Bestrebungen, die Mikroskope zu verbessern, so sollte die auch hier durchgeführte Farbenhebung weiter kein Erstaunen erregen, hatte doch das von ihm gründlich durchgearbeitete KLÜGELSche Lehrbuch solche Verbindungen gefordert. Wir wissen aus den ersten Preislisten, daß schon im Jahre 1811 ein Mikroskop mit 4 farbenfreien Objektiven und zu 150 S.-M. angeboten wurde, worauf dann im November 1812 noch ein kleineres Mikroskop mit 3 farbenfreien Objektiven zu 113 S.-M. folgte. Im September 1816 findet sich dann ein viel größeres, besonders zu Messungen bestimmtes Gerät mit 6 farbenfreien Objektiven zu etwa 1000 S.-M.

H. v. MOHL hat 1846 — also 20 Jahre nach FRAUNHOFERS Tode — auf Grund eigener Prüfung darüber das Urteil abgegeben, daß diese verkitteten Zwillingslinsen für stärkere Vergrößerungen nicht geeignet waren: FRAUNHOFERN habe offenbar die Beratung durch einen erfahrenen Mikroskopiker gefehlt. Hr. H. BOEGEHOLD hat 1924 darauf hingewiesen, daß an FRAUNHOFERS feinsten Gittern, die er nicht mehr recht trennen konnte, Strichabstände von etwa $3,3 \mu$ vorlagen. Bei der um 1823 allein bekannten geraden Beleuchtung wäre also eine Öffnungszahl $n \sin u = 0,17$ notwendig gewesen, die demnach von seinen Anlagen nicht wesentlich übertroffen worden sein wird.

Schon bald nach der Anerkennung durch die Akademie werden die Sorgen der Betriebsleitung wegen der Verlegung des Schleifbetriebes nach München begonnen haben. J. UTZSCHNEIDER verkaufte wohl im Jahre 1818 seinen Benediktbeurner Besitz an den Staat; doch durfte die Glashütte weiter dort bleiben, mit der sich UTZSCHNEIDER

von Anfang an ja besonders beschäftigt hat. Aus einem glücklicherweise erhaltenen Brief FRAUNHOFERS an UTZSCHNEIDER wegen dieser Verlegung wissen wir, daß damals schon GEORG MERZ einen Vorarbeiterposten zu FRAUNHOFERS Zufriedenheit ausfüllte. Auch TH. (32) erwähnt diesen Helfer, den FRAUNHOFER schon seit dem Jahre 1811 seiner bescheidenen Tätigkeit — er war ein „Schürbube“, etwa ein Heizerjunge — entzogen hatte, um ihn besser zu schulen. Er verwandte ihn zu den zweiten Berechnungen für die Objektive, die er der Sicherheit wegen und zur Bestätigung der seinigen von dieser Hilfskraft ausführen ließ.

1819 wurde die Übersiedlung des optischen Betriebes nach München vollzogen, und damit steht es wohl in innerem Zusammenhang, daß am 20. Februar 1820 ein neuer Vertrag zwischen FRAUNHOFER und UTZSCHNEIDER geschlossen wurde, von dem der Letztgenannte einige kurze Mitteilungen in seinem Nachruf gemacht hat. Gewiß muß man die Überweisung¹⁾ eines Betrages von 10000 Gulden (= 17000 G.-M.) als ein Zeichen guten Willens anerkennen; aber es ist doch ziemlich wahrscheinlich, daß er sich über das Einkommen FRAUNHOFERS allzu günstige Anschauungen bildete, worauf bald noch hinzuweisen sein wird.

Die Übersiedlung nach München, dem Sitz der Akademie, der er als auswärtiges Mitglied angehörte, wird FRAUNHOFERN bald veranlaßt haben, sich zum Besuche der Sitzungen zu melden. Damit begegnete er aber Schwierigkeiten, die uns heute ganz unglaublich erscheinen: Man nahm an seiner dürftigen Vorbildung Anstoß, die er doch wahrlich durch Selbstunterricht und ungewöhnliche technische Leistungen ausgeglichen hatte, und machte Anstand, ihn zuzulassen. Es ist wieder ein Erlebnis, wie es entsprechend K. FR. v. KLÖDEN (319/20) erzählt hat, als der Berliner Geschichtsprofessor FR. RÜHS 1811 urplötzlich den früheren, ganz freundschaftlichen Verkehr mit ihm abbrach, weil er erfuhr, daß sein bescheidener Besucher keine Universitätsbildung hatte.

Immerhin mischten sich in FRAUNHOFERS Falle gute Freunde, namentlich wohl der Bergrat SOLDNER, ein, und man ernannte den „Opticus“ FRAUNHOFER zum „außerordentlichen besuchenden Mitgliede“, so daß er den Sitzungen beiwohnen konnte und doch den zunftgerechten Gelehrten nicht gleichgestellt ward. Die erste große Arbeit über die Beugung des Lichts liefert dem heutigen Leser einen mehr als genügenden Beweis von der Würdigkeit des außerordentlichen Mitgliedes, und man wird annehmen können, daß es diese meisterhafte Arbeit war, die ihm die Ernennung zum Ehrendoktor Erlangens eingebracht hatte.

¹⁾ Die Zeit dieser Überweisung ist strittig; während sie nach dem UTZSCHNEIDERSchen Nachruf ABBE und andere auf das Jahr 1809 setzen, schreibt sie BAUERNFEIND (18 α) erst dem Februar 1820 zu. Da der Letztgenannte möglicherweise genauere Überlieferungen hatte, so sei hier dessen Annahme wiedergegeben.

¹⁾ M. v. ROHR, FRAUNHOFERS Forschungen zur Glasbeschaffenheit und Farbenhebung sowie seine Leitung der Glashütte zu Benediktbeurn. Zeitschr. f. Instrumentenkunde 46. 1926. (Juniheft.) S. a. S. 553.

Inzwischen hatte er im November 1820 die letzte von ihm selber herausgegebene Preisliste des optischen Betriebes herausgebracht, und man kann, wie das schon in dieser Zeitschr. 12, 786 r. geschehen ist, darauf hinweisen, daß er die ringgefaßten Objektive nun schon bis zu Durchmessern von 6'' (= 16,2 cm) anbieten konnte.

An dieser Stelle mag zweckmäßig der Hinweis stehen, daß die Alleinherrschaft der Münchener Werkstätte gerade jetzt untergraben wurde: Man darf eben die Bedeutung nicht unterschätzen, die den endlich mehr oder minder gelungenen Bemühungen P. L. GUINANDS um große Scheibenpaare zukam. Das Pariser Handwerk, namentlich seine angesehensten Vertreter N. J. LEREBOURS und R. A. CAUCHOIX, nahm ihm die großen Scheiben auch dann zu guten Preisen ab, wenn sie nicht tadellos waren. Aus solchem Erwerb hatte N. J. LEREBOURS bereits 1819 ein Doppelobjektiv von $7\frac{1}{3}$ Zoll (= 20 cm) vollendet, was nach V. (20) in München mindestens schon 1820 bekanntgewesen ist. Man hat dort demgegenüber durch den Akademiker J. K. YELIN die größere Güte des FRAUNHOFERSCHEN 9-Zöllers ($24\frac{1}{2}$ cm) vertreten lassen, aber anscheinend die Größe der Gefahr noch immer unterschätzt. Wahrscheinlich ist es dieses 20 cm-Objektiv, das später für die Sternwarte von Paris angekauft wurde. Dieser große Pariser Refraktor aus der Werkstatt von LEREBOURS wurde namentlich von J. SOUTH 1825 ungemein angestaunt und als ein Meisterstück der optischen Kunstfertigkeit hingestellt. Wir müssen heute nach den nicht weiter anzuzweifeln den Berichten — sie wurden etwa 30 Jahre danach von LE VERRIER und N. P. LEREBOURS, dem Sohne des ausführenden Optikers, abgestattet — diese Begeisterung zu einem guten Teile durch den Reiz der Neuheit erklären.

Da ich keine Erfahrung in Sternbeobachtungen besitze, so habe ich mich dafür an einen Astronomen vom Fach, meinen Kollegen W. VILLIGER, gewandt, der mir die folgende dankenswerte Auskunft gab:

„Ein Objektiv von 8,4 englischen Zoll freier „Öffnung muß, wenn von bester Ausführung, noch „Doppelsterne von 0,6'' Distanz bei gleicher „mittlerer Helligkeit der Komponenten von der „ca. 6. Größenklasse trennen. Die von SOUTH „beobachteten Doppelsterne hatten 1825 folgende „Distanzen:

	Distanz:	Helligkeit der Komponenten:
„ ζ Leonis	2''6	2^m $4^m.2$
„ ω Leonis	1''0	$6^m.2$ $7^m.0$

„Diese Doppelsterne sind mit einem guten Objektiv von 6 englischen Zoll Öffnung zu trennen. „Die Leistungen des 8,4-inch-Objektivs sind nach „diesen Beobachtungen als mäßig zu bezeichnen.“

„Ein Doppelstern mit der Bezeichnung

γ Leonis

„ist in der Literatur nicht auffindbar, vermutlich „liegt hier ein Druckfehler vor, es soll wohl heißen

„ γ Leonis. Dieser Doppelstern hatte 1825 2'' Distanz, die Komponenten haben 2,2 und 3,2 Größenklassen. Bei dem geringen Helligkeitsunterschied muß γ Leonis auch bei 8,4 Zoll sehr leicht „zu trennen sein.“

Aber wenn auch in diesem Falle die Vollendung des Dorpater Rohrs nicht entfernt erreicht worden war, so hatte die bloße Tatsache, daß ein großes achromatisches Objektiv von einem französischen Optiker hergestellt worden war, auf den reichen Liebhaberastronomen J. SOUTH einen solchen Einfluß, daß er einem anderen Pariser Künstler, R. A. CAUCHOIX, ein noch etwas größeres Objektiv abkaufte, das freilich noch lange tatenlos ruhen sollte. Auf den Gedanken, sich etwa selber nach München zu einem Vergleich der dortigen Himmelfernrohre mit den Pariser Geräten zu begeben, scheint J. SOUTH überhaupt nicht gekommen zu sein.

Daß CAUCHOIXS Neffe ROSSIN ziemlich bald danach, 1836, Objektive noch größeren Durchmessers plante — wir wissen von ihrem weiteren Schicksal nichts —, beweist, daß die 1816 getroffene Entscheidung UTZSCHNEIDERS in seinem Streite mit GUINAND ihre verhängnisvollen Früchte zu tragen begann: UTZSCHNEIDERS hohes Selbstbewußtsein in seiner Äußerung vom Jahre 1829 wirkt auf den Geschichtskundigen heute sehr betäubend: offenbar war es ihm noch gar nicht recht zum Bewußtsein gekommen, daß sich sehr kaufkräftige Kunden schon längst an Pariser Werkstätten um große Objektive wandten. Er war eben alt geworden und täuschte sich über die allgemeine Lage, weil er nicht sehen wollte.

Wie diese Vorgänge auf FRAUNHOFER wirkten, wissen wir nicht, da wir über seinen Anteil an der kaufmännischen Leitung gar nicht unterrichtet sind, ja nach seinem an SCHUMACHER gerichteten Klagebriefe annehmen müssen, daß er seinen Einfluß, wenn überhaupt, nur durch persönliche und ziemlich peinliche Einwendungen geltend machen konnte.

In das Jahr 1823 fällt sein Gesuch um eine Besoldung als Akademiker, das, wie oben schon angedeutet wurde, doch wohl als eine Widerlegung der UTZSCHNEIDERSCHEN Annahme seiner sorgenfreien Stellung aufgefaßt werden muß. Denn wenn ein Mann wie FRAUNHOFER mit bemerkenswert bescheidenen Ansprüchen an das Leben ohne einen Zuschuß von 800 fl (= 1370 G.-M.) mit seiner Bezahlung vom Geschäft nicht auskam, so wird sie eben ungenügend gewesen sein.

Die glückliche Vollendung des Dorpater Refraktors mag ihm eine große Genugtuung bereitet haben, zumal das begeisterte Zeugnis des ihm befreundeten Astronomen STRUVE den Ruhm seiner Leistung in die Welt hinausschallen ließ.

Die Spiegelrohre wurden von FRAUNHOFER 1824 bei dem Bericht über das große Linsenrohr für Dorpat namentlich wegen ihrer Lichtschwäche abfällig beurteilt. Er kannte im Gebrauch allein die NEWTONSche Anlage, die bei Spiegelrohren auf dem Festlande wohl so gut wie ausschließlich

im Gebrauche stand, und wandte sich gegen den dabei unvermeidlichen Lichtverlust. Für eine einzelne Spiegelung wurde der verwertbare Anteil des einfallenden Lichts damals auf 0,673, also für zwei Spiegelungen auf $0,673 \times 0,673 = 0,453$ veranschlagt. Hält man dagegen den Spiegelungsrest von etwa 0,90 eines aus 2 Linsen bestehenden Fernrohrobjektivs aus Kron und Flint, so bekommt man einen Begriff von der Stellung, die FRAUNHOFER in diesem Streit eingenommen hat; dabei hat er noch nicht einmal den Nachteil des Beschlagens der Spiegelflächen hervorgehoben und die Notwendigkeit, mehrere Spiegelsätze zum Auswechseln zu haben.

Es ist ganz verständlich, daß J. FR. W. HERSCHEL, der fähige Sohn des großen Astronomen und erfolgreichen (s. S. 539) Erbauers von Spiegelrohren, für die Arbeit seines Vaters eintrat, zumal ja das besonders viel benutzte 6 m-Rohr in Slough mit seiner einzigen Spiegelung viel lichtstärker war als die auf dem Festlande vorhandenen Stücke NEWTONscher Bauart. Immerhin hat sich die HERSCHELSche Anlage auf dem Festlande nicht verbreitet, und auch J. SOUTH, 1825 noch HERSCHELS Mitkämpfer gegen FRAUNHOFER, scheint gegen das Ende dieses Jahrzehnts zu den (französischen) Linsenrohren von großem Durchmesser abgeschwenkt zu sein. Freilich muß man auch wieder darauf hinweisen, daß eine Größe wie G. B. AMICI noch 1825 regelmäßig ausgezeichnete Spiegelrohre NEWTONscher Anlage mit 30,5 cm Öffnungsdurchmesser lieferte, und daß J. J. PRECHTL 1828, trotzdem er kurz vorher das Lob der FRAUNHOFERSchen Glasschmelzkunst in hohem Tone gesungen hatte, für seine Zeitschrift einen Aufsatz schrieb, der die großen Spiegelrohre empfahl. Soweit ich unterrichtet bin, haben sich aber die Wiener Künstler damals den Spiegeln nicht zugewendet.

Und als im wesentlichen durch die Bemühungen französischer und westschweizer Schmelzmeister etwa seit den 30er Jahren des vorigen Jahrhunderts große Objektivscheiben erstanden werden konnten, da haben die Astronomen den Weg eingeschlagen, den FRAUNHOFER ihnen weitschauend gewiesen hatte. Daß er 1824 die Bedeutung der Spiegel für Sternaufnahmen nicht gewürdigt hat, wird man ihm heute nicht verübeln.

Schon oben war darauf hingewiesen worden, daß FRAUNHOFER mit dem jungen C. A. STEINHEIL den Gedanken durchgesprochen haben soll, ihn als seinen Nachfolger zu berufen. Man hört, daß nach dem Heimgange des Meisters UTZSCHNEIDER selber diese Möglichkeit weiterverfolgt habe, freilich ohne zu einem Ziele zu kommen. Berücksichtigt man die für Tatkraft und Unternehmungsgeist zeugende Tatsache, daß STEINHEIL schon 1847 eine ganz ausführliche Liste von Geräten veröffentlichte, die bei ihm erstanden werden könnten, so muß man es für die alte Münchener Werkstätte lebhaft bedauern, daß 1826 aus der Perufung des jungen Gelehrten nichts geworden

ist. Namentlich sein freundschaftliches, erfolgreiches und bis in die letzte Zeit seiner Leitung der neugegründeten Werkstätte fortgesetztes Zusammenarbeiten mit dem um nahezu 20 Jahre jüngeren L. PH. SEIDEL wäre zweifellos dem alten Betriebe, wenn auch noch nicht gleich 1826, so doch mit der Zeit von hohem Nutzen geworden. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß STEINHEILS ablehnender Bescheid bald fiel, so daß UTZSCHNEIDER auf diese Ablehnung hin den noch vorhandenen Vertrag mit GEORG MERZ um das Ende des Julis von 1826 schloß. So gut geschult auch der neue Werkmeister war (s. S. 549), so hat er doch FRAUNHOFERN auf seiner rein wissenschaftlichen Bahn der Forschung und Weiterbildung nicht folgen können; er war darauf beschränkt, den guten Ruf der Werkstätte namentlich für große Himmelsfernrohre und deren Aufstellung zu bewahren.

Mithin wich mit FRAUNHOFERS Sterben auch hier der Geist rein wissenschaftlicher Weiterarbeit aus dem Münchener Unternehmen, das noch eben so reich begnadet gewesen war. Im deutschen Sprachgebiet ging die wissenschaftliche Führung leise aber unverkennbar nach Wien über, wo, wie bereits erwähnt, J. J. PRECHTL mit S. STAMPFER alles taten, um ihre tüchtigen Wiener Handwerker, J. FR. VOIGTLÄNDER und namentlich G. S. PLÖSSL, durch wissenschaftliche Anregungen zu fördern. Die Einflüsse der guten englischen Überlieferung, die seit VOIGTLÄNDERS Londoner Lehrzeit in diesen beiden Wiener Optikermeistern wirksam waren, erhielten namentlich durch STAMPFERS unermüdlichen Eifer um die Anlage der FRAUNHOFERSchen Objektive eine wirksame Förderung infolge der Ergebnisse strenger Rechnung. Wenn man heute zu dieser hier zuerst auftretenden Arbeitsgemeinschaft des reinen Gelehrten mit dem reinen Techniker eine Bemerkung wagen darf, so möchte man fürchten, daß dem Handwerksmeister die wissenschaftlichen Anregungen gar zu willig entgegengebracht wurden. Immerhin hob sich das Fernrohrgeschäft Wiens deutlich, so daß sogar ein nicht leicht zu befriedigender Fachmann wie C. F. GAUSS seinen Beifall aussprach, und die ursprünglich von englischen Gelehrten stammende Anlage des Diallytfernrohrs erhielt durch das Zusammenarbeiten von STAMPFER und PLÖSSL in Wien ihre Verwirklichung: Nirgendwo sind sonst so große Fernrohre von dieser Anlage ausgeführt worden, worüber an leicht zugänglicher Stelle eingehendere Einzelheiten zu finden sind. Und all das war nur ein Anfang: Die höchste Blüte der von PRECHTL und STAMPFER geförderten optischen Bestrebungen zu Wien fällt, wie oben angedeutet, 14 Jahre nach FRAUNHOFERS Tode, wo das denkwürdige Zusammenarbeiten von PETZVAL und VOIGTLÄNDER begann und — leider nur für wenige Jahre — fortgesetzt wurde. Natürlich kann man nicht voraussagen, daß man damals in München ähnliche Glanzleistungen hätte vollbringen können; daß aber die ruhmreiche Werk-

stätte in demselben Orte, wo C. A. STEINHEIL und FR. v. KOBELL im April 1839 ihre denkwürdigen ersten Lichtbildaufnahmen auf deutschem Boden anfertigten, den der Optik neu eröffneten Möglichkeiten auch nicht einmal einen teilnahmsvollen Blick widmete, das war betrüblich, und der Lohn dafür hat denn auch auf dem eigentlichen optischen Gebiet nicht auf sich warten lassen.

Wendet man sich zu der Schilderung von FRAUNHOFER als Menschen, so wurde schon gelegentlich auf sein Verhältnis zu seinen Mitarbeitern und Untergebenen hingewiesen. Er scheint, selber von rastlosem Tätigkeitsdrange beseelt, an den Fleiß und die Geschicklichkeit der Untergebenen ungemein große Anforderungen gestellt und bei der Bewertung ihrer Dienste das Wohl der von ihm vertretenen Anstalt in erster Linie berücksichtigt zu haben.

Im Verkehr mit älteren Leuten der Gesellschaft, mag es sich um Männer wie J. UTZSCHNEIDER oder A. v. BAUMGARTNER gehandelt haben, denen er sich verpflichtet fühlte, oder um einflußreiche Gelehrte wie C. F. GAUSS, oder O. STRUVE, oder J. FR. W. HERSCHEL, so ist bescheidene Zurückhaltung wohl ein ganz hervorstechender Zug bei ihm. GAUSS und HERSCHEL haben das ausdrücklich hervorgehoben, HERSCHEL sogar in einer besonders warmen Form, da ihn die Sohnesliebe zu einer Entgegnung auf eine FRAUNHOFERSche Äußerung veranlaßt hatte. Ein A. v. BAUMGARTNER in Dankbarkeit dargebotenes Fernrohr mit der Widmungsinschrift ist heute im Besitz der ZEISSischen Sammlung, auch mit J. UTZSCHNEIDER scheinen die Beziehungen trotz ständiger naher Berührung sehr angenehm geblieben zu sein, und UTZSCHNEIDER selbst wird, nach seinem Nachruf zu urteilen, kaum an irgendwelche Unzufriedenheit seines großen Mitarbeiters gedacht haben. Liest man die wenigen Briefe FRAUNHOFERS an ihn, so ist man erstaunt über die Bescheidenheit und Fügsamkeit eines Mannes ohne Jugenderziehung, der sich doch seiner Bedeutung für das ganze Unternehmen wohl bewußt war.

Aus einem durch REPSOLDS Sammlerfleiß bekanntgewordenen Brief ergibt sich ein Einblick in FRAUNHOFERS sonst sorgfältig verschlossenes Innere. Ihm war ähnlich wie Ende Juni 1815 zu Gonesse GNEISENAUN einmal der Geduldsfaden gerissen, und er klagte 1825 SCHUMACHERN sein Leid. Man erkennt, wie ihm das Wohl der Anstalt über alles geht, wie ihn seine Neigung in das Privatleben zu wissenschaftlicher Beschäftigung treibt, und wie er doch seine Stellung beibehält, obwohl ihn die mangelnde Anerkennung durch REICHENBACH und eine einigermaßen engherzige Geschäftsführung UTZSCHNEIDERS gelegentlich bitter verstimmt. Aber sein Pflichtgefühl war größer als seine Eigenliebe. Wen es nicht rührt, wie der totkranke Meister im Winter bei der Probe von Fernrohren am offenen Fenster seine Gesundheit schädigt, mit ersterbender Stimme vom Krankenbett aus seine Arbeiter anleitet und

schließlich in den letzten Wochen vor seinem Tode einem Freunde Anweisungen zum Schmelzen von Kronglas in die Feder diktiert, wen das nicht rührt, der hat kein Herz für Menschenwert. Auch dieser Totkranke hatte keine Zeit müde zu sein und ist, wahrlich erhebend und groß, in den Sielen gestorben.

Die Persönlichkeit FRAUNHOFERS ist offenbar in München — es war ja auch mit seinen 76 000 Einwohnern 1827 noch keine Großstadt — vielleicht schon zu seinen Lebzeiten, besonders aber in den auf seinen Tod folgenden Jahren, von weiten Kreisen gewürdigt und anerkannt worden. Man kann dafür einmal den sehr geschmackvollen Gesichtstaler anführen, den König Ludwig I. 1826 auf die beiden soeben dahingegangenen Begründer der deutschen Feinmechanik und -optik, G. REICHENBACH und J. FRAUNHOFER, schlagen ließ. Daß FRAUNHOFERS Geburtsstadt Straubing schon 1827 mit einer Gedenktafel das Gedächtnis des großen Sohnes ehrte, kann ebenfalls ohne weitere Worte einfach gebucht werden. Am höchsten möchte ich für meine Person aber die Wirkung einschätzen, die der Münchener Maler J. K. STIELER auf den 79 jährigen GOETHE ausüben konnte, als er 1828 im Auftrage des Königs das schöne Bild des Altmeisters malte. Wir verdanken Herrn A. SEITZ¹⁾ die Kenntnis, daß GOETHE in einem 1829 geschriebenen Briefe an STIELER die Hebung der Farben im Fernrohr objektiv sogar lobend anerkannt hat. Man geht schwerlich fehl, wenn man diese erfreuliche, anerkennende Äußerung unseres Größten auf die Gespräche mit dem Münchener Künstler zurückführt, der die Persönlichkeit und den wirtschaftlichen Erfolg des so jung verstorbenen Meisters GOETHEN mit eigenem innerem Anteil geschildert haben wird: Man weiß ja, welch großen Anteil dieser an technischen Unternehmungen der verschiedensten Art zu bezeugen gewohnt war.

Die seinem Leben häufig mangelnde Anerkennung seines Werts haben dem Toten seine Mitarbeiter und Freunde über den Sarg nachgerufen, sein Name wurde 1854 bei der Gründung der neuen Münchener Optischen Anstalt wie zum Segen an die Spitze gestellt, und ganz ähnlich hat ABBE 1887 an ihm wie an einem Musterbeispiel den Schulbegriff des wahren Optikers abgeleitet.

Wäre es diesen bescheidenen Zeilen vergönnt, den Ruhm des großen Optikers in die Welt zu tragen und den technischen Optikern als solchen die Dankesschuld klarzumachen, in der sie alle diesem Riesengeist gegenüberstehen, so würde ihrem Verfasser ein Herzenswunsch erfüllt sein: Sieht er doch in der Erinnerung an FRAUNHOFER eine besonders köstliche Hinterlassenschaft jener alten Zeit, und hegt auch er, mit dem Dichter zu reden, im tiefsten Herzen Lust und Freude an seiner Trefflichkeit und Herrlichkeit, am Ruhm und Wachstum seines großen Namens.

¹⁾ An der auf S. 545 Anm. 1 angegebenen Stelle S. 153 r.

Fraunhofers Forschungen zur Glasbeschaffenheit und Farbenhebung sowie seine Leitung der Glashütte zu Benediktbeurn¹⁾.

Von M. VON ROHR, Jena.

Der Gegenstand dieses Aufsatzes ist einigermaßen schon an 2 Stellen dieser Zeitschr. (12, 781—797. 1924, v. 26. IX. und 13, 619—622. 1925, v. 10. VII.) behandelt worden; es handelt sich zeitlich in erster Linie um eine möglichst unparteiliche Auseinandersetzung zwischen P. L. GUINAND und FRAUNHOFER. Hierzu ist von dem Verfasser vor kurzem in dem Aufsätze „PIERRE LOUIS GUINAND, geb. den 20. April 1748, gest. den 13. Februar 1824, Zeitschr. f. Instrumentenkunde 46, 121/37 und 189/97. 1926, 14 + März- und Aprilhefte“ aus einer lange verborgenen Quelle manches Neue beigebracht worden, was in der vorliegenden Arbeit natürlich berücksichtigt worden ist. Man kann es kurz dahin zusammenfassen, daß UTZSCHNEIDER 1805 in dem Liebhaberschmelzer GUINAND einen ungemein erfindungsreichen und seiner Lieblingsbeschäftigung von ganzem Herzen ergebenen Mann angeworben hatte, der ohne jeden Zweifel FRAUNHOFER seit 1809 in seine Kenntnis eingeführt hat. Nach den großen Fortschritten in der Größe der zum Kauf angebotenen Objektive seit 1812 etwa muß man heute schließen, daß die Arbeitsschmelze von FRAUNHOFER und GUINAND in der Zeit ihres Bestehens vom Herbst 1809 bis gegen das Ende des Jahres 1813 große Fortschritte in der Verwertung des GUINANDSchen Verfahrens gemacht hat.

Nicht zum geringen Teil wird das mit den ungemein strengen Prüfverfahren zusammenhängen, die FRAUNHOFER vom Anfang dieser Zeit an entwickelt hat. Der ungleichmäßige Gang der Zerstreuung in den beiden Gliedern des ein farbenfreies Fernrohr bildenden Glaspaars war ihm natürlich schon aus früheren Arbeiten bekannt, und er hat zunächst durch Filterscheiben gesättigtes Licht zu erhalten versucht. Die Unmöglichkeit, auf diese Weise zu seinem Ziele zu gelangen, brachte ihn auf sein wunderbar geplantes 6-Lampen-Gerät, das nicht so bekannt zu sein scheint, wie es verdient. Er hat mit dieser Vorkehrung ernstlich gearbeitet und auch noch die Schmelzen Kronglas Nr. 9 und Flintglas Nr. 13 genau untersucht, die im Sommer 1813 beide fertig vorlagen. Bei der Absicht, diese Vorkehrung für den Gebrauch von Sonnenlicht einzurichten, hat er dann die 1802 schon WOLLASTON aufgefallenen dunklen Linien wiedergefunden, sie aber, anders als dieser bedeutende Physiker Englands, als unverrückbare Maßmarken für die Kennzeichnung der optischen Eigenschaften des zu untersuchenden Glases verwandt. Eine Beeinflussung durch WOLLASTONS (hier auf S. 541 übersetzte) Äußerung ist möglich, doch hat FRAUNHOFER seine Auffassung und Verwertung dieser Erscheinung vermutlich als grundverschieden angesehen und darum eine Beziehung auf die ältere Arbeit vermieden.

Die Hinweise auf die Übereinstimmung der gelben Linien im Licht von Kerzenflammen mit der dunklen Doppellinie *D* des Sonnenspektrums, die mit diesem übereinstimmenden Linien im Licht der Venus und die davon abweichende Verteilung der Streifen im Fixsternlicht brauchen hier nur erwähnt zu werden, um

unsere Bewunderung für den Forschergeist unseres Helden zu steigern.

In der ihm am wichtigsten erscheinenden Verwertung seiner Entdeckung auf optischem Gebiet ging er dazu über, den Gang der Zerstreuung durch Bildung der Teilverhältnisse (Flint : Kron) ziffernmäßig in aller Strenge festzustellen und die Möglichkeiten zu untersuchen, diesen Gang zu beeinflussen. Dabei kam er denn auf das denkwürdige Paar Flint 13 und Kron M mit merklich gleichmäßigerem Gange des Zerstreuungsverhältnisses.

Die Feststellung der Helligkeitsverteilung in dem ganzen auf das Auge wirkenden Farbenband wurde in einer mustergültigen Weise angeschlossen und dann auch die Farbenabweichung in der Flächenfolge des Menschauges bestimmt, was uns einen weiteren Einblick in seine erstaunliche Leichtigkeit der Verfügung über die bereitstehenden Mittel liefert. Darin hat offenbar eine der stärksten Seiten seiner Begabung bestanden.

Äußerungen zu seinen eigenen Erfolgen als Schmelzer ließen sich seinen Schriften entnehmen, und man geht vielleicht nicht ganz irre, wenn man daneben einen sehr vorsichtig geführten Kampf gegen die inzwischen in Les Brenets eröffnete westschweizer Glashütte zu erkennen glaubt. Diese Vorsicht wird einmal durch FRAUNHOFERS Abneigung gegen den Federkrieg im allgemeinen geboten gewesen sein, sodann aber auch durch Rücksichten auf den Betrieb: man mag auch in Benediktbeurn nicht gewünscht haben, durch eine Erwähnung des hauptsächlichsten Wettbewerbers ihn vor die Augen möglicher Kunden zu bringen. In dieser eigenartigen Stellung zueinander haben die beiden ältesten Hütten für optisches Glas, die in Benediktbeurn und die in Les Brenets, jedenfalls so lange beharrt, wie die beiden Hauptleiter am Leben waren.

Es bleibt fraglich (s. auch S. 550), ob man 1816 in Benediktbeurn nicht besser getan hätte, die Mißstimmung über GUINANDS Handlungsweise hinten zu setzen und ihn wieder in den alten Betrieb aufzunehmen: Der Glaswettbewerb der Westschweiz und namentlich von Paris hätte sich dann vermutlich, wenn überhaupt, später und schwerer entwickelt, als es tatsächlich geschah. Unter allen Umständen scheint J. UTZSCHNEIDER in den Jahren bald nach FRAUNHOFERS Tode, wo allerdings der Lauf der Entwicklung schwerlich mehr auf so einfache Weise zu hemmen war, den Ernst der Lage entschieden unterschätzt zu haben. So war er auch nicht zu einer Lieferung von Glasgut an ausführende Optiker zu haben und entzog mit einer solchen Selbstbeschränkung seiner Benediktbeurner Hütte die zu ihrer Weiterentwicklung nötigen großen und häufigen Glasbestellungen fremder Häuser, die sonst vermutlich nicht ausgeblieben wären.

Mit FRAUNHOFERS Tode erlitt die wissenschaftliche Behandlung auch der Schmelzkunst einen schweren Schlag und ist für Deutschland erst durch das Zusammenarbeiten von E. ABBE und O. SCHOTT seit den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts mit dem bekannten Erfolge aufgenommen worden.

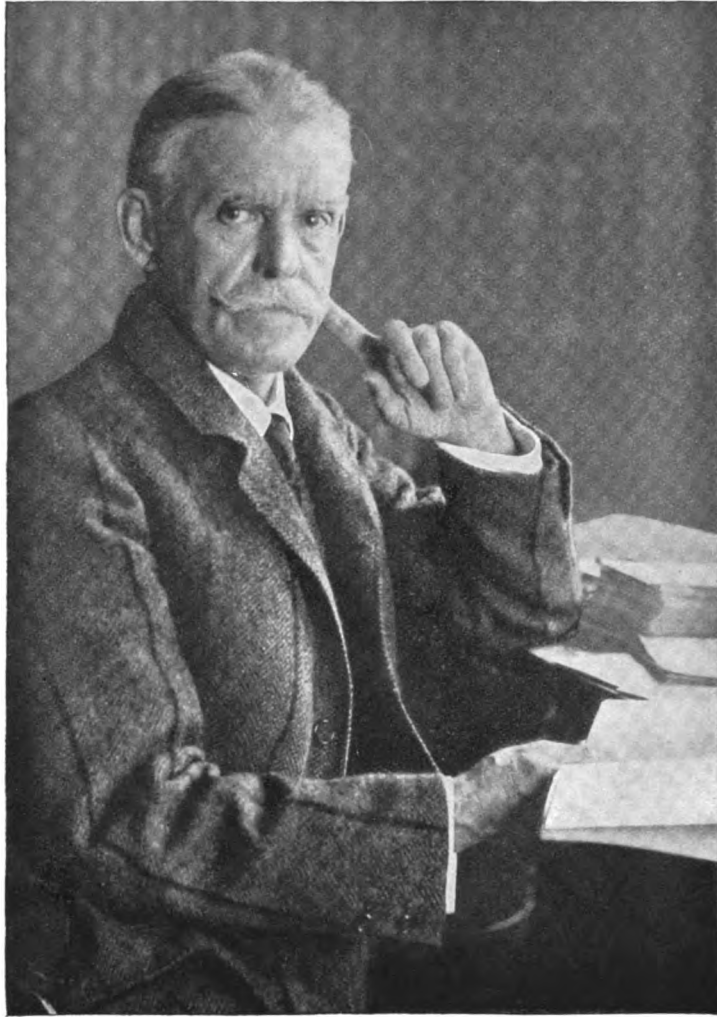
Ein vermutlich ziemlich frühes Bild FRAUNHOFERS ist beigegeben worden. Eigenbericht.

¹⁾ Zeitschr. f. Instrumentenkunde 46, 273—289. 1926, 3 + (Juniheft).



Vorder- und Rückseite des Geschichtstalers auf REICHENBACH und FRAUNHOFER nach einem von Herrn v. PFLUGK hergestellten Abguß.

In etwa $\frac{2}{3}$ der natürlichen GröÙe; der Durchmesser der Münze beträgt 38 mm.



George Schmeing

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Vierzehnter Jahrgang

11. Juni 1926

Heft 24

DEM ANDENKEN

AN

GEORG SCHWEINFURTH

★

Inhalt:

	Seite
GEORG SCHWEINFURTH. Von PAUL STAUDINGER, Berlin	557
GEORG SCHWEINFURTH und die Völkerkunde. Von BERNHARD ANKERMANN, Berlin .	565
GEORG SCHWEINFURTH als Botaniker. Von J. MILDBRAED, Berlin-Dahlem	569
GEORG SCHWEINFURTH in der Wüste. Von JOHANNES WALTHER, Halle	573
SCHWEINFURTHS Bedeutung für die Ägyptologie. Von G. ROEDER, Hildesheim . . .	577

Georg Schweinfurth.

Von PAUL STAUDINGER, Berlin.

Am Morgen des 19. September 1925 schloß GEORG SCHWEINFURTH seine Augen für immer. So klar noch hatten sie bis kurz vor seinem Tode geblickt, daß wir, seine Freunde, hofften, er würde noch am 29. Dezember bei der Vollendung seines 89. Lebensjahres unter uns sein, ja die Vorbereitungen zu der 90-Jahr-Geburtstagsfeier waren schon von einigen Eifrigeren angeregt worden. Da zeigte eine für sich nicht allzu schwere Erkrankung, daß auch das zäheste Menschenleben verhältnismäßig schnell erlöschen kann. Ein Ruf der Trauer ging durch Deutschland, ja durch die ganze gebildete Welt, selbst durch die Länder, in denen der Nationalitätenhaß jetzt so häufig den Geist sonst kluger Männer trübt und verblendet.

Es war aber auch etwas ganz Eigenes um den Nestor der Afrikaforschung gewesen. Seine epochemachende Reise in das Innere des damals so unbekannten, wirklich dunklen Afrika, das uns Älteren noch aus der Geographiestunde als der leuchtende weiße Fleck auf der Landkarte in Erinnerung steht, lag weit über ein halbes Jahrhundert zurück.

Das Forscherglück war ihm hold gewesen, Wichtiges, völlig Neues hatte er entdeckt; das begründete wohl sein Bekanntwerden und seine Berühmtheit, aber bei so manchen anderen Entdeckungsreisenden in damaliger Zeit lagen ähnliche, ja im geographischen Sinne vielleicht noch größere Erfolge vor und doch sprach man nur kurze Zeit viel von ihnen und die Neuzeit, in der so gewaltig Erfindung über Erfindung, Entdeckung über Entdeckung, ja Kampf über Kampf hineingetobt ist, hat sie längst vergessen, nur die Fachleute kennen noch ihre Namen und Verdienste mitunter genauer, selbst das größere wissenschaftliche Publikum erinnert sich ihrer kaum flüchtig.

Wie kam es nun, daß GEORG SCHWEINFURTH eigentlich von Jahr zu Jahr berühmter wurde?

Er war dauernd ein Mehrer seines Ruhmes durch stetiges, fleißiges Forschen und Arbeiten, er ruhte nicht auf seinen Lorbeeren in der kräftigen Manneszeit aus und er rastete nicht als Greis. Ein gütiges Geschick für ihn und noch mehr für die Wissenschaft gab ihm die zähe Kraft nicht nur in einem Alter, wo die meisten schon körperlich an Leistungsfähigkeit starke Einbußen erlitten haben, noch Forschungsreisen machen zu können, sondern auch die Resultate derselben zu verarbeiten und bis in das hohe Alter hinein, selbst bis zu den Tagen seiner Erkrankung Anfang des Augustes 1925, ja sogar noch während derselben, arbeitete er täglich

weiter, beantwortete wissenschaftliche Briefe und Anfragen aus der ganzen Welt, empfang die Besuche derer, die den berühmten Mann sehen und sprechen oder ihn um Rat fragen wollten. Eine gewisse geistige Jugendfrische beherrschte ihn und so konnte er ohne seine besondere Absicht Blatt für Blatt dem Lorbeerkrantz seines Ruhmes zufügen. Ein eigener Zauber ging von seiner Persönlichkeit aus, er bewahrte ihn vor dem Vergessen und machte ihn größer und größer.

Als nun doch das hehre Licht erlosch und das, was sterblich an ihm gewesen war, im herrlichen Botanischen Garten zu Dahlem, inmitten der Kinder Floras aus aller Herren Länder, die er so sehr geliebt hatte, unweit des Botanischen Museums, das seine reichen Schätze birgt, eine weihevollen Ruhestätte gefunden hatte, da waren die Zeitungen und Zeitschriften Deutschlands, ja auch des Auslandes voll von Nachrufen über den großen Toten. Mehr oder weniger eingehend und richtig, nicht immer dem kritischen Urteil intimer Bekannter standhaltend, aber alle darin ausklingend, daß mit GEORG SCHWEINFURTH eine große, seltene Persönlichkeit in das Grab gesunken war.

Und so soll auch hier ein kurzer Überblick über seinen Lebenslauf gegeben werden. GEORG SCHWEINFURTH wurde am 29. Dezember 1837 in Riga als Sohn eines angesehenen und vermögenden Weinhändlers geboren. Sein Vater gehörte nicht zu den alteingesessenen Familien dieser größten deutschen Stadt der russischen Ostseeprovinzen Kurland, Livland, Estland, wie man damals das Baltikum nannte, wo sich noch am meisten das deutsche bürgerliche Leben erhalten hatte, sondern war in Wiesloch in Baden geboren und über Lübeck in Rußland eingewandert und hatte sich in Riga niedergelassen. In Riga mit seinem eigenen, aber urdeutschen Leben wuchs also GEORG SCHWEINFURTH auf und absolvierte dort Ostern 1857 das Gymnasium, reiste darauf mit seinen Eltern im Frühjahr zum ersten Male nach Deutschland und Österreich, wo sein Vater in Gastein eine Kur durchmachte. Der junge in der Ebene aufgewachsene SCHWEINFURTH sah zum ersten Male die Wunder der Alpenwelt, er muß sich auch schnell an das Bergsteigen gewöhnt haben, denn am 20. Juli 1857 bestieg er, allerdings mit 3 Führern, die Spitze des Großglockners. Er selbst schreibt: Als Achter! Jedenfalls war die Besteigung des Großglockners damals noch eine ganz besondere alpinistische

Leistung und zeugt von der Energie und dem Mute des Binnenländers.

Er hat diese Bergtour übrigens in der Carinthia, Klagenfurt 1858, beschrieben.

Nach einer Selbstbiographie bezog er im Winter 1857 die Universität Heidelberg. In seinen sonst sorgfältig zusammengestellten Akten und Diplomen konnte ich allerdings als 1. Immatrikulationsurkunde nur die vom 28. IV. 58 feststellen, wo er u. a. bei BUNSEN Chemie, bei SCHMIDT Botanik, ferner noch Zoologie, Mineralogie usw. belegt hatte. In das Jahr 1858 fällt aber schon die erste größere Reise des jungen Botanikers. Er durchwanderte die Insel Sardinien, die damals nach gewissen Richtungen hin noch wenig bekannt und nicht leicht zu durchziehen war. Erst im Jahre 1884 hat er darüber etwas veröffentlicht, und zwar in: W. BARBEY, *Florae sardoe compendium*, Lausanne 1884, und zwar unter dem Titel: *Mon excursion à travers l'île de Sardaigne*. Ferner schreibt er auch in dem schon vorher angezogenen Lebenslauf, daß er in den Ferien auch seine livländische Heimat pflanzensammelnd zu Fuß durchzogen habe. Er setzte seine Studien in München, wo er bei NAEGELI und JADLKOFER in seinem Hauptfach Botanik hörte und in Berlin, wo BRAUN, der ehemalige Direktor des Botanischen Gartens, BEYERICH in Versteinerungskunde, PETERS in Zoologie neben anderen seine Lehrer waren, fort. Schließlich promovierte er in Heidelberg als Dr. phil. „summa cum laude“, hielt sich aber noch weiter in Deutschland, speziell in Berlin, zur Vollendung seiner Ausbildung auf. Ein äußerer Umstand ließ den Plan in ihm erstehen, Afrika als Land einer botanischen Forschungsreise zu wählen. ROBERT HARTMANN, der wissenschaftliche Begleiter des bekannten Freiherrn v. BARNIM hatte auf dessen Reise in Ägypten und Nubien u. a. auch Pflanzen gesammelt, die SCHWEINFURTH zur Bearbeitung bekam, und die er bei GEORG REIMER, Berlin unter *Plantae quaedam niloticae* mit 16 Tafeln veröffentlichte. Es war das erste Mal, wie er selbst in seinem Aufsatz: *Meine Erlebnisse im Verlagsbuchhandel* hervorhebt, daß er mit einem Verlagsbuchhändler in Berührung trat. Ferner kam er natürlich in Berlin in der Gesellschaft naturforschender Freunde, zu deren Ehrenmitglieder er unter EHRENBURG am 9. XII. 1862 ernannt wurde, sowie in der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin, in die er am 4. April 1863 eintrat und wo HEINRICH BARTH damals den Vorsitz führte, gerade mit diesen Afrikaforschern und anderen Reisenden in Berührung. So dachte er selbst an eine botanische Erkundungsreise in die Nilländer, und er konnte diesen Vorsatz schon Ende 1863 zur Ausführung bringen, da unterdessen sein Vater gestorben war und ihm seine Mutter 10 000 Rubel, also nach damaligem Gelde ca. 30 000 Mark von seinem Erteil überwies. Hoffnungsfreudig betrat er dann am zweiten Weihnachtsfeiertage des Jahres 1863 in Alexandrien zum ersten Male den afrikanischen Boden in Ägypten, dem

Land, das ihm beinahe eine zweite Heimat für lange Zeit wurde. Auf die nun folgende Reise, auf der er sich die „afrikanischen Sporen“ voll verdiente „und auf der er den Befähigungsnachweis“ für Reisen großen Stils in Innerafrika ganz erbrachte, soll hier jetzt nicht näher eingegangen werden.

Viel hat er darüber in einzelnen Aufsätzen in wissenschaftlichen Zeitschriften, in Briefen an Fachgelehrte usw. veröffentlicht, man findet darüber das Nähere in seinen eigenen Literaturangaben und das Hauptsächlichste in dem 1922 bei Hoffmann & Campe, Hamburg-Berlin, erschienenen Buch: *Auf unbetretenen Wegen in Ägypten*. Es war ein glücklicher Gedanke des greisen Autors, in einem hübsch ausgestatteten Buche dem größeren wissenschaftlichen Publikum eine Anzahl von Aufsätzen und Arbeiten wieder zugänglich zu machen, die oft an versteckter Stelle und nicht mehr vorhandenen Zeitschriften erschienen waren. Nur kurz seien die Titel der einzelnen Kapitel in dem zuletzt erwähnten Werke angegeben: 1. Reise an der Küste des Roten Meeres von Kosser nach Suakin. An der nubischen Küste. In Suakin und Rückfahrt nach Kosser. 2. Ausflüge und Bergbesteigungen bei Kosser am Roten Meer. 3. Die ältesten Klöster der Christenheit. 4. Ein alter Staudamm aus der Pyramidenzeit. 5. Eine römische Wüstenstadt und die Steinbrüche am Mons Claudianus. 6. Die Gräber der Uräthiopier. 7. Die neuen Versuche mit den alten Goldbergwerken der Ägypter. Wir erfahren daraus, welche Gegenden er durchzog.

Von anderer Seite in diesem Hefte wird ja näher auf die botanischen Ergebnisse der Reisen SCHWEINFURTHS, also auch auf der eben genannten eingegangen werden, indessen man ersieht schon aus der flüchtigen Inhaltsangabe, welche Fülle des Wissenswerten in diesem einen Buche geboten ist, aber es soll noch hinzugefügt werden, daß ihn schon diese erste größere Reise von Suakin landeinwärts nach Kassala und Gallabat und weiter nach Chartum am Nil und von dort wieder nach Ägypten brachte. Im Sommer 1866 begab er sich auf die Heimreise, und mit einigen Schwierigkeiten, die der damalige preußisch-österreichische Krieg verursachte, kam er über Wien zu den Seinen nach Riga. SCHWEINFURTH hatte gezeigt, was er leisten konnte, eine ausgezeichnete große Pflanzensammlung war von ihm mitgebracht worden, die Augen der wissenschaftlichen Welt richteten sich auf ihn. Er hatte sich Sprach- und Landeskennntnisse angeeignet.

Was Wunder, daß er, der nach einer Ruhepause von 2 Jahren wiederum den dunklen Erdtteil betreten wollte, um seine Forschungen im Nilgebiet fortzusetzen, von der „Humboldt-Stiftung für Naturforschung und Reisen“, deren Mittel die Akademie der Wissenschaften zu Berlin zu vergeben hatte, diese auf besondere Fürsprache von GOTTFRIED EHRENBURG, ALEXANDER BRAUN und EMIL DU BOIS-REYMOND auf 5 Jahre für

seine neue Reise bewilligt bekam! Die ihm dabei gestellte Hauptaufgabe bezog sich auf die botanische Erforschung des Bahr-el-Ghasalgebietes, aber natürlich sollten dabei auch geographische, andere naturwissenschaftliche und ethnographische Erkundungen nicht vernachlässigt werden. Und so setzte GEORG SCHWEINFURTH bereits wieder im Juli des Jahres 1868 in Alexandrien, versehen mit einem Empfehlungsschreiben der Akademie der Wissenschaften zu Berlin, seinen Fuß auf afrikanischen Boden, um seine denkwürdige Reise mit Unterstützung der vizeköniglich-ägyptischen Regierung anzutreten. Zu bekannt ist diese, als daß es nötig wäre, hier in dieser für einen wissenschaftlichen Leserkreis bestimmten Zeitschrift näher darauf einzugehen. Sein Werk darüber: *Im Herzen von Afrika*, erschien 1874 in der ersten deutschen Ausgabe bei F. A. Brockhaus, Leipzig, und etwas früher allerdings in englischer bei Sampson Low, Marston Low, and Searle, London 1874, die das ursprüngliche Autorenrecht von SCHWEINFURTH erworben hatten, dann kam es in französischer, italienischer, ja selbst türkischer Sprache und in einer deutschen Volks- und später Jubiläumsausgabe heraus.

Aber nun kurz zu der Expedition selbst.

Ein reicher Erfolg war GEORG SCHWEINFURTH beschieden. Er zog mit einer Karawane nubischer Elfenbeinhändler zunächst in noch wenig bekannte Gegenden, um schließlich in Teile von Innerafrika zu gelangen, die noch nie vom Fuß eines Europäers betreten waren und von denen wir noch keinerlei Kunde hatten. Es können hier an dieser Stelle nicht die kleineren und größeren geographischen Entdeckungen und Erkundungen aufgezählt werden, die SCHWEINFURTH bei dieser Reise machte, auch führt es zu weit, die Tiere und Pflanzen zu nennen, die als neu oder nur wenig bekannt aufgefunden wurden, oder gar alle die Völker zu schildern, mit denen der Forscher in nähere Berührung trat. Es geschieht dies wohl in einem, den ethnologischen Ergebnissen der Reisen SCHWEINFURTHS gewidmeten Sonderkapitel. Es soll indessen auch hier nochmals auf das Werk hingewiesen werden, worin SCHWEINFURTH im gewandten, fesselnden Stil nicht nur den äußeren Verlauf der Reise, sondern auch alle wissenschaftlichen Ergebnisse festlegt; den Text begleiten und erläutern von ihm selbst geschickt ausgeführte Zeichnungen und geben ihm einen ganz besonderen Wert. Gerade diese zeichnerische Begabung des Forschers hat ihn bei allen seinen Arbeiten und Reisen stark unterstützt und so viele Erfolge für die Wissenschaft gezeitigt. Anstatt längerer Erklärungen fügte er oft auch im Texte von Briefen Zeichnungen oder Aquarelle bei, die bei seiner künstlerischen Begabung die besten Erklärungen gaben. Meisterlich und klar ist die Schilderung von Land und Völkern, von Tier- und Pflanzenwelt. Von Chartum aus begann die Reise. Namen von Völkern wie Baggara-Araber, Schilluk- und Dinka-Neger, Bongo, Nuër mit Unterstämmen und

andere mehr treten uns entgegen und schließlich die Niam-Niam oder A-Sandeh. Er gelangte in das Land der „Monbuttu“¹⁾, um mich an SCHWEINFURTHS erste Schreibweise zu halten, und kam an den Hof des Munsu, dessen Porträt sowie seine Palasthütte und Umgebung sein Stift so meisterlich uns übermittelt hat. Es war ein Glanzpunkt seiner Reise und noch epochemachender gestaltete sich sein Zusammentreffen mit den Akkazwergen, von denen er die erste genauere Beschreibung gab. Die sagenhaften Erzählungen des Herodot und die Mitteilungen aus alten afrikanischen Reisewerken über das Vorkommen von Zwergvölkern wurden dadurch bestätigt. Seit SCHWEINFURTH sind natürlich viele Nachrichten über die Zwergvölker Afrikas und speziell des Kongourwaldes, für die man allein in jenen Gegenden Dutzende von verschiedenen Namen hat, nach Europa gekommen, doch er war es, der die ersten genaueren Berichte brachte. Aber der Forscher erreichte auch einen rätselhaften Strom, der nicht zum Flußgebiete des Nils gehörte, den Uëlle. Wohin floß er, wohinein ergoß er sich schließlich? LIVINGSTONE hatte auf seinen Forschungsreisen den Lualaba entdeckt, aber er meinte, daß dieser in den Gazellenfluß mündete, also die eigentliche Quelle des Nils sei, und STANLEY stimmte dem nach seiner ersten Reise gewissermaßen zu. Aber sein epochemachender, gewaltiger Zug durch Afrika, der zu der Entdeckung des schließlich nach dem Westen fließenden Hauptlaufes des Kongo führte und der viele falsche Mutmaßungen über die Flußsysteme in Innerafrika über den Haufen warf, sowie auch Klarheit über den Lualaba brachte, ließ ihn seinen Irrtum erkennen, und WILHELM JUNKER, der auf 1200 Kilometer die Wasserscheide zwischen Nil und Kongo festlegte, konnte die letzten Zweifel über die Zugehörigkeit des Uëlle zum Kongoflußgebiet beseitigen. Indessen nicht immer war das Glück dem Reisenden hold. Nachdem er schon einmal dem schweren Geschick, durch ein durch Blitzzündung entstandenes Feuer im ersten Teil seiner Reise seine Ausrüstung zu verlieren, entgangen war, raubte ihm am 1. Dezember 1870 ein Lagerbrand die Ausrüstung, die neuen Sammlungen, Tagebücher, Skizzen, meteorologischen Aufzeichnungen, Reisejournale, Körpermessungen, linguistische Notizen usw. Kurz die Arbeit einer schweren Zeit. Doch der Verlust drückte ihn nicht nieder; und was er dennoch heimbrachte, das bezeugt sein Werk.

Durch diese Reise war der Name SCHWEINFURTH bekannt geworden, aber er sorgte dafür, daß er auch bekannt blieb! Unermüdlich arbeitete er weiter. 1874 wählte er die große Oase von el Chargeh zum Ziele seiner Arbeit und traf auf dem Rückwege mit der von GERHARD ROHLFS geleiteten Expedition zur Erkundung der libyschen Wüste zusammen. 1875 durchforschte er eingehend geo-

¹⁾ In seiner Jubiläumsausgabe schreibt er „Mangbattu“. Es gibt aber auch noch andere Schreibweisen dieses Volkes, auf die ich hier nicht eingehe.

logisch und botanisch in 10 Reisen Tausende von Kilometern der östlichen Wüste. Hierzu hatte er ebenfalls Unterstützung vom preußischen Kultusministerium bekommen. Auch das westliche Niltal durchwanderte er, und immer war das Resultat ausgezeichnete Karten und hervorragende botanische, bzw. geologische und paläontologische Sammlungen. 13 Jahre lebte er in Kairo und führte von dort aus seine Reisen, so z. B. 1880 nach dem Libanon, 1881 mit EMIL RIEBECK nach der Insel Sokotra und der süd-arabischen Küste, 1882 nach Oberägypten, wie so oft auf Kamelen aus. Im selben Jahre drohte ihm durch die durch den Arabi-Pascha-Aufstand aufrührerisch gewordene Bevölkerung in Alexandrien mit anderen Europäern eine gewisse Gefahr. 1888 gab er seine Wohnung in Kairo auf; er bekam für sich und zur Aufstellung seiner Herbarien das obere Stockwerk von dem früheren „Steuerhäuschen“ im alten botanischen Garten, Ecke Grunewald- und Potsdamer Straße vom Kultusministerium zugewiesen. Hier lebte er bis zum Abbruch des Gebäudes bei der Verlegung des botanischen Gartens nach Dahlem und erhielt dann unweit von der früheren eine Wohnung im Hause Kaiser-Friedrich-Straße 8 III, in welcher er starb. Für seine in 102 Schränken untergebrachten Herbarien wurden ihm in Dahlem zwei Zimmer auch zum Arbeiten eingeräumt. Jedoch verbrachte er damals nur die Sommermonate in Berlin. Im Winter zog es ihn immer wieder nach Ägypten oder Nordafrika. In die Winter- und Frühjahrsmonate von 1888/89 fällt eine Sammelexkursion nach Yemen. Wenige Monate vor seinem Tode zeigte er mir bei Gelegenheit die Tagebücher über diese Reise. Hochinteressante und wichtige Skizzen von Gebäuden, Landschaft usw. ließen auf einen Blick erkennen, daß hier, wie auch in anderen Tagebüchern und schriftlichen Aufzeichnungen SCHWEINFURTHS, noch ungehobene Schätze ruhen, deren Bergung durch Veröffentlichung einen großen Gewinn für die Wissenschaft bedeuten würde. In den Jahren 1891—94 bereiste SCHWEINFURTH den an Italien unter dem Namen Colonia Eritrea gekommenen Teil von Nordabessinien, teils allein, teils mit MAX SCHOELLER, ALFRED KAISER und ERNST ANDERSSON. Von 1902 bis 1907, zu einer Zeit, als die Eolithenfrage die Gemüter der Prähistoriker und Paläontologen erregte und die schließlich solche Auswüchse annahm, daß extreme Anhänger derselben beinahe in jedem Feuer- oder Kieselstein, von dem einige Stückchen abgesprengt waren, einen „Eolithen“ sahen, durchsammelte er Ägypten, besonders die Höhen und Steinflächen beim alten Theben (Luksor) nach Steinwerkzeugen, und er brachte eine große Anzahl „wirklich echter“ mit schöner Jahrtausendalter Patina mit. Dasselbe tat er in Sizilien und Tunesien. 40 staatliche und private Museen wurden von ihm bedacht.

1901, 1906 und 1908 hielt er sich in Algier und Tunesien auf, nie kam er ohne größere Sammlungen heim. 1909 hatte er in den Wüstentälern von

Assuan uralte Grotto-Zeichnungen von Tierbildern aufgenommen und dabei paläolithische Steinwerkzeuge aus Quarzit entdeckt. Aus Ägypten brachte er überhaupt vieles nach Deutschland. Pflanzliche Reste, die sich in Gräbern unter den Totenbeigaben fanden, Ackergeräte und sonst wenig beachtete Gegenstände aus dem alten und neuen Ägypten für verschiedene Völkerkundemuseen und anderes mehr.

1912—13 verbrachte er den Winter in Mentone und im Winterhalbjahr 1913/14 weilte er zum letzten Male im Lande der Pharaonen, in dem er gewissermaßen einer der größten Bürger war. Er verließ es am 14. Mai 1914. Der Krieg vereitelte fernere Reisen nach dem Süden und seinen 80jährigen Geburtstag feierte er am 29. Dezember 1916 in Partenkirchen-Garmisch, die reine Schneeluft Oberbayerns ebensogut vertragend, wie das milde Klima Afrikas. Er hatte dort in den Bergen „Sonne“, und die fehlte ihm am meisten in unsern häufig trüben, regnerischen Herbst-, Winter- und Frühlingsmonaten in Berlin, was er oft beklagend während des letzten Jahrzehnts seines Lebens hervorhob.

Es soll nun noch auf Einzelheiten im Leben des großen Gelehrten eingegangen werden.

1876 wäre beinahe seiner freien Reisetätigkeit eine große Beschränkung auferlegt worden. Er bekam vom sächsischen Unterrichtsministerium eine Berufung als ordentlicher Professor auf den Lehrstuhl für Geographie der Universität Leipzig als Nachfolger von PESCHEL. SCHWEINFURTH hat diese Berufung ausgeschlagen, und wer ihn wirklich näher kannte, wird sagen, daß dies ein sehr richtiger Schritt von ihm war. Er hätte sich kaum als Hochschullehrer besonders geeignet und er wäre seiner Forschertätigkeit, namentlich der botanischen Wissenschaft, durch Annahme dieses Amtes mehr oder weniger entzogen worden. GEORG SCHWEINFURTH war kein großer Redner bei Vorträgen in größerem Kreise; so klar er schreiben konnte, so schwer verständlich hörten sich manchmal seine originellen Ideen vor einem größeren Publikum an, und nicht immer sprach er fließend. Als 12jähr. Knabe lauschte ich den Worten des damals so populären Afrikareisenden GERHARD ROHLFS, eines angeheirateten Neffen SCHWEINFURTHS und 4 oder 5 Jahre später ging ich mit meinem Vater in großer Spannung nach dem Zwinger in Dresden, wo SCHWEINFURTH von seinen seltenen Entdeckungen sprechen sollte. Es war das erste Mal, daß ich SCHWEINFURTH sah, nicht ahnend, daß das Schicksal mich später so nahe mit ihm zusammenbringen sollte. Ein kleines Mißgeschick machte ihn damals wohl bei seinen Ausführungen etwas befängener. Der König ALBERT von Sachsen war pünktlich zu dem Vortrage des großen Reisenden erschienen. Dieser traf indessen infolge eines Mißgeschicks oder Mißverständnisses erst mit ganz erheblicher Verspätung ein, aber geduldig wartete der König mit seinem Gefolge und verdienter Beifall wurde

SCHWEINFURTH auch hier zuteil. Doch einmal habe ich ihn glänzend reden hören, als er eine große Menge von Zuhörern mit sich fortriß und ihm zum Teil frenetischer Beifall lohnte. Es war am 23. September 1886, als er in der Vollversammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zu Berlin im damaligen Zirkus Renz in seinem Vortrage: Europas Aufgaben und Aussichten im tropischen Afrika für die Männer eintrat, welche draußen in den noch jungen deutschen Kolonien ihr Leben und Können einsetzten und die, weil sie für die koloniale Sache arbeiteten, damals noch von einer Anzahl Unverständiger oder schlecht Unterrichteter beföhdet oder bespöttelt wurden. SCHWEINFURTH hat gewissermaßen nicht aktiv in der deutschen Kolonialbewegung gestanden, aber mit klarem Blicke doch erkannt, wie wichtig dieselbe für Deutschland sei und ihr deshalb immer sein Interesse zugewendet. In einer am 17. August 1889 von der Abteilung Berlin der deutschen Kolonialgesellschaft im Architektenhause veranstalteten Protestversammlung gegen die Übergriffe Englands den deutschen Kolonialbestrebungen gegenüber und der Mißachtung der Bestimmungen der Kongokonferenz durch Großbritannien fand er unter dem Thema „Deutschlands Verpflichtungen EMIN PASCHA gegenüber“ schöne Worte. Er ist auch Ehrenmitglied der deutschen Kolonialgesellschaft gewesen.

In den durch kaiserlichen Erlaß geschaffenen Kolonialrat war GEORG SCHWEINFURTH im Jahre 1891 berufen worden, und er nahm an den Sitzungen eifrig teil. Als im Jahre 1904 aus dem Schoße des Kolonialrat die Kommission zur landeskundlichen Erforschung der deutschen Schutzgebiete errichtet und der Kolonialabteilung des Auswärtigen Amtes bzw. dem Reichskolonialamt zugeteilt wurde, da durfte auch SCHWEINFURTH nicht mit seinem Rate fehlen und beinahe rührend ist die Karte von ihm an den Schreiber dieser Zeilen, worin er bittet, sein Fernbleiben von einer der letzten Sitzungen wegen verschiedener gesundheitlicher Unpäßlichkeiten zu entschuldigen.

Reiche wissenschaftliche Ehrungen sind während seines langen Lebens SCHWEINFURTH zuteil geworden. Er gehörte 64—66 wissenschaftlichen Gesellschaften an, ganz genau läßt sich die Zahl trotz der Sammlung aller Diplome, die SCHWEINFURTH mit seinem großen Ordnungssinn aufhob und in einem Band vereinigte, nicht feststellen. Von 32 Vereinen und Körperschaften war er zum *Ehrenmitglied* ernannt worden, in 18—20 zum korrespondierenden Mitglie. Unter den wissenschaftlichen und in einigen Fällen auch gemeinnützigen Gesellschaften, die ihn zum Ehrenmitglied erwählten, befinden sich die namhaftesten in Betracht kommenden des In- und Auslandes. Die Zahl ist so groß, daß eine Aufzählung ermüden würde. Beinahe alle Kulturstaaten Europas, auch südamerikanische sind in den Listen vertreten. Ein Diplom ließ sich nicht in den vorhererwähnten Band einreihen, da die Dimensionen zu groß waren

und es selbst ein Riesenblatt für sich ausmacht. Es ist das ihm im Dezember 1913 von der Société Khédiviale de Géographie anläßlich seines 50jährigen Aufenthaltes in Ägypten in Leopardenfell gebundene Pergamentblatt mit reizenden Aquarellen aus seinem Forscherleben. Ein schönes, künstlerisches, exotisches Stück! In Ägypten ist natürlich SCHWEINFURTH besonders geehrt worden. Er war der erste Präsident der auf Vorschlag von HEINRICH BRUGSCH Pascha im Jahre 1875 vom Khediven ISMAIL gegründeten geographischen Gesellschaft von Kairo, womit damals ein namhaftes Gehalt verbunden war, das er indessen nur für Repräsentationen ausgab. Nicht minder aber wurde er in Italien geschätzt, dies bezeugt die Ernennung zum Ehrenmitglie einer Anzahl erster dortiger Gesellschaften und die Verleihung des Ordens der Krone Italiens, den er in seiner höchsten Stufe, der eines Großoffiziers, erhielt. Dieser Umstand brachte dem Gelehrten einmal die gelungene Überraschung, daß er vor dem Hotel in Genua, in dem er abgestiegen war, einen Doppel-Ehrenposten bei seinem Ausgang vorfand. Er zog es vor, dann „inkognito“ zu reisen. Auch von Rumänien, Österreich, Belgien, Türkei empfi. er hohe und sehr hohe Ordensauszeichnung, und von deutschen aus Weimar mit eigenhändigem Handschreiben vom Großherzog CARL ALEXANDER bereits im Jahre 1874 den Orden vom wachsamem Falken und später auch höhere preußische Dekorationen. Orden bei einem Gelehrten zu nennen, mag überflüssig erscheinen. Es gab und gibt eine Anzahl von Gelehrten und Forschungsreisenden, die reichgeschmückt mit solchen sind, aber es soll bei SCHWEINFURTH hervorgehoben werden, daß er nur „Privatgelehrter“ war (den Titel „Professor“ bekam er 1880 vom König von Preußen verliehen) und sich *nie* nach Titel und Orden gedrängt hat, auch wenig mit Vorträgen an die Öffentlichkeit trat. Wohl darf man aber die Zahl der ihm von wissenschaftlichen Gesellschaften verliehenen Medaillen aufzählen, um so mehr als diese in Zeiten schwerer finanzieller Not in Deutschland der geographischen Gesellschaft zu Berlin übergeben wurden.

Er erhielt 1874 von der Königlich Geographischen Gesellschaft in London die große goldene Gründermedaille, in eben diesem Jahre auch die goldene Medaille der geographischen Gesellschaft von Paris und Rom, dann die silberne GALILEI-Medaille vom Museo Fisico e storia naturale in Florenz, später die goldenen Medaillen der Gesellschaft für Erdkunde zu Leipzig (EDUARD VOGEL-Medaille), der Gesellschaft für Erdkunde Berlin (GUSTAV NACHTIGAL-Medaille), der schwedischen Anthropologischen und Geographischen Gesellschaft (VEGA-Medaille), erst 1909 die goldene LEIBNIZ-Medaille der preußischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. 1916 kam noch zu seinem 80jähr. Geburtstag die KIRCHENPAUER-Medaille in Silber von der geographischen Gesellschaft in Hamburg und das silberne Anerkennungszeichen des Märkischen Provinzialmuseums dazu. Man sieht,

daß er im Auslande viel *eher* „geehrt“ wurde als in Deutschland, wie er auch, wohl infolge eines Übersehens, erst in den letzten Lebensjahren zu der Ehrenmitgliedschaft der Gesellschaft für Erdkunde in Berlin gelangte. SCHWEINFURTH war für ungesucht erhaltene Ehrungen und Anerkennungen sehr empfänglich. Sie bereiteten ihm eine innere Freude. Ganz besonders stolz war er aber über ein auf Pergament ausgeführtes Glückwunschschreiben der deutschen Ägyptologen zu seinem 80jähr. Geburtstag, die, 35 an der Zahl, unter Führung von ERMAN ihm ihren Dank und Glückwunsch aussprachen, „daß er ihren Gesichtskreis erweitert“ habe. Er betrachtete dies als die hervorragendste Ehrung! Gelegentlich der Vollendung seines 84. Lebensjahres erhielt er als Glückwunschschreiben sogar einen „echten Papyrus“. Doch dieser war nicht an den Sümpfen des Nils, sondern im botanischen Garten zu Dahlem gewachsen, in Berlin verfertigt und kunstvoll von SCHÄFER und MÖLLER in Hieroglyphenschrift ausgeführt worden. Anlässlich der Vollendung seines 80. Lebensjahres wurde ihm noch ein anderer von ihm selbst auf die Anfrage, womit man ihm eine Freude zu machen vermöge, geäußelter Wunsch erfüllt: Sein längst vergriffenes Werk: *Im Herzen Afrikas*“ konnte neu herausgegeben werden und erschien in der bekannten, würdigen Form bei F. A. Brockhaus in Leipzig. Eine kleine Zahl seiner Freunde und Verehrer hatte sich vereinigt und die Mittel zusammengebracht, um ihm diesen Wunsch, wodurch der Wissenschaft ein neuer Dienst geleistet wurde, zu erfüllen und dank dem Opfersinn auch in schwerer Kriegszeit und Eintreten von hoher und höchster Seite an amtlicher Stelle war es gelungen.

Mancherlei Auszeichnungen anderer Art fielen ihm in seinem Leben noch zu. So ernannte ihn 1913 die medizinische Fakultät der Universität Heidelberg zum Dr. h. c. Im September 1876 weilte er in Brüssel als Gast des weit ausschauenden Königs LEOPOLD II. von Belgien, um an der Konferenz teilzunehmen, die eine großzügige Erforschung von Afrika ins Leben rufen sollte und die schließlich zur Gründung des Kongostaates führte. Dem deutschen Antisklavereikomitee gehörte er ebenfalls, wie so mancher anderen Unternehmung, an.

Was hat nun GEORG SCHWEINFURTH der Nachwelt an Werken hinterlassen?

Die hauptsächlichsten großen und kleineren Reisen SCHWEINFURTHS sind schon erwähnt worden. Es durfte nicht auf die Einzelheiten seiner Entdeckungen eingegangen werden, indessen auch seine gedruckten Veröffentlichungen alle aufzuführen, würde allein ein kleines Büchlein ausmachen; aber ebenso wie er eine kurze, wenn auch nicht ganz vollständige Selbstbiographie geschrieben hatte, so gab er selbst ein Literaturverzeichnis aller seiner gedruckt erschienenen Arbeiten unter dem Titel: *Veröffentlichte Werke, Landkarten, Aufsätze und Briefe 1858—1916* von Professor Dr. G. SCHWEINFURTH heraus.

Einen großen Dienst hat er damit all denen, die sich mit wissenschaftlichen Forschungen befassen wollen, die die von SCHWEINFURTH bereisten Gebiete betreffen, geleistet. Beinahe unmöglich wäre es ohne diesen Leitfaden, die Quellen zu finden, denn außer seinem großen Reisewerke hat SCHWEINFURTH hauptsächlich nur längere oder kürzere Abhandlungen in wissenschaftlichen Zeitschriften und Tageszeitungen der verschiedensten Art geschrieben, einige wenige noch besonders genannte selbständig erschienene Werke ausgenommen.

Er teilt das von ihm Herausgegebene folgendermaßen ein:

1. Erdkunde und Reisebeschreibung von 1858 bis 1914 mit 141 Nummern. Darunter fallen die schon erwähnten zum Teil mehrfachen Ausgaben in verschiedenen Sprachen seines Werkes: *Im Herzen von Afrika*. Die 1918 herausgekommene Jubiläumsausgabe ist jedoch noch nicht dabei. Als selbständiges Buch sei noch das mit FR. RATZEL bei F. A. Brockhaus herausgegebene Werk: *Emin Pascha, eine Sammlung von Reisebriefen und Berichten Dr. EMIN PASCHAS aus den ehemals ägyptischen Äquatorialprovinzen* hervorgehoben.

Abteilung II führt die Landkarten an, 46 an der Zahl.

Der Reigen beginnt mit einer phytogeographischen Karte der Umgegend von Straußberg (1861), aber dann kommt schon 1865 eine Karte des Soturba-Gebirges!

Kapitel III ist der Botanik, seinem Hauptfach, gewidmet. Von 1860—1914 gehend, gibt es 85 Nummern an, darunter selbständige Werke z. B. 1867: *Beitrag zur Flora Äthiopiens*, GEORG REIMER, Berlin, mit einer Anzahl von Botanikern gemeinsam verfaßt, ferner: *Reliquiae Kotschyanae* (G. REIMER). Dann mit P. ACHERSON: *Illustration de la Flore d'Égypte* als selbständiger Band der *Mémoires de l'Institut Égyptien*, LE CAIRE 1887 über „Sammlung arabisch-äthiopischer Pflanzen aus dem Bull. de l'Herb. Boissier, Genève von 1894—99 und mit VOLKENS noch eine Liste der von dem Prinzen DEMETER und NIKOLAS GHICA-COMANESTI im Somaliland gesammelten Pflanzen (Bukarest 1897).

Unter IV. die Zoologie finden wir nur 3 Arbeiten, darunter eine über „Das Wunderpferd“ (Umschau 1904). Dann steht V. Geologie mit 13 und VI. Steinzeit mit 31 Abhandlungen verzeichnet.

Unter Abschnitt VII ist die Archäologie und alte Geographie untergebracht und zeigt 51 Nummern. Dann folgt VIII. die Völkerkunde mit 19 Anführungen, darunter das 1875 bei F. A. Brockhaus verlegte Werk: *Artes africanae* mit 21 lithographischen Tafeln als bahnbrechender Anfang auf diesem Gebiete. Die Linguistik IX. nennt zwar nur 4 Veröffentlichungen, aber dabei ist das hochbedeutende selbständige Werk: *Arabische Pflanzennamen aus Ägypten, Algerien, Jemen*, 232 S. 4°, Dietrich Reimer, Berlin 1912.

Abschnitt X. Politik und Koloniales beginnt

mit einem unnummerierten Konvolut: 1877—1888 zahlreiche Berichte aus Kairo in der Kölnischen Zeitung, dann liest man noch bis 1915 von 27 Einzelschriften, darunter befindet sich der schon erwähnte Vortrag in der deutschen Naturforscherversammlung und schließlich 1915 eine Skizze: „Vom beliebten und unbeliebten Deutschen“ (Südd. Monatshefte), eine Betrachtung während des Krieges. Den Schluß machen XI. 8 Nekrologe, eine für die lange Lebensdauer und den großen Bekanntenkreis SCHWEINFURTHS nur kleine Zahl. Im ganzen sind also 428 Publikationen und Artikel verzeichnet.

Indessen auch von 1916 an ruhte seine Feder nicht. („Vom *Rosten*“ derselben kann man bei GEORG SCHWEINFURTH nicht sprechen, denn er benutzte in den letzten Jahren immer selbstgeschnittene Putenfedern, früher wohl auch Gänsefedern. Er schrieb, wie es ja vielfach jetzt, namentlich in wissenschaftlichen Kreisen üblich ist, in lateinischen Buchstaben, aber er hat sich viele Jahre vorher der früher viel weiter als jetzt in Europa verbreiteten sog. gotischen Schriftzeichen, die wir kurz deutsche Schrift nennen, bedient). Die große Neuauflage seines Hauptwerkes 1918, die ihm viel Arbeit machte, ist schon genannt. 1922 kam von ihm das schon ebenfalls angeführte Sammelwerk aus eigenen verschollenen Abhandlungen und Aufzeichnungen: Auf unbetretenen Wegen in Ägypten bei Hoffmann & Campe, Hamburg-Berlin, heraus. Das Erscheinen dieses Werkes entsprach einem wissenschaftlichen Bedürfnis. SCHWEINFURTH hat viel für allerhand Tageszeitungen und populäre Zeitschriften geschrieben. So verdienstlich auch Artikel in diesen zur Belehrung, Aufklärung und Interessenweckung des größeren Publikums sind, für die Wissenschaft ist ihr Inhalt meistens verloren oder nur sehr schwer zugänglich. Zeitschriften, d. h. auch *nicht wissenschaftliche* werden ja schließlich, wenn auch selten, noch gebunden, aber wer sammelt Zeitungsausschnitte, und wie lange hält sich das jetzige Holzstoffpapier! Daher wurde das eben bezeichnete Buch, von dem er noch vom Krankenstuhl aus eine Neuauflage leitete, freudigst begrüßt. Er brachte darin einen Lebenslauf, ein sehr interessantes Vorwort und ein originelles Kapitel, das seine Erlebnisse im Verlagsbuchhandel schildert, ebenso wie er schon gelegentlich des Jubiläums der Firma F. A. Brockhaus darüber etwas veröffentlichte. Die zum Teil humorvollen Schilderungen wird jeder mit Vergnügen lesen. Z. B. Spaziergänge eines Naturforschers im Verlagsbuchhandel (zum 80. Geburtstag von GEORG SCHWEINFURTH), Börsenblatt für den deutschen Buchhandel Nr. 297, 22. XII. 1916. Indessen noch andere kleine Aufsätze sind seit 1916 erschienen und für eine größere Arbeit von anderer Seite über die Gartenpflanzen im alten Ägypten hat er einen Hauptteil des Materials geliefert. Und für die Festschrift für EDUARD SELER (1922) brachte er die so wichtige Abhandlung „Was Afrika an Kulturpflanzen Amerika zu verdanken hat.“

Die schriftlichen Arbeiten eines Gelehrten bestehen jedoch oft zum wenigsten im Bücherschreiben. Die Beantwortung von brieflich gestellten wissenschaftlichen Fragen nimmt, wie jeder im Leben Stehende weiß, viel Zeit. Und umso mehr bei einem Manne wie SCHWEINFURTH mit seinem Weltruf und seinen zahllosen Bekannten. Was er auf diesem Gebiete bei seiner entgegenkommenden Art geleistet hatte, ist sehr groß, zumal seine Zeit in den letzten Jahren auch noch durch die vielen persönlichen Besucher und einen großen Privatbriefwechsel mit Verwandten stark in Anspruch genommen war.

Angekommene Briefe registrierte er sorgfältig in Bände ein. Er führte genaue Tagebücher und in den letzten Lebensjahren zeichnete er auch darin jeden Besuch, der ihn interessierte, ein. Man brauchte in Zweifelsfragen nur einen Namen zu nennen und er konnte mit Hilfe seines Registers bald feststellen, wann der oder jener zuletzt bei ihm war. Nun sei schließlich noch ein Rückblick über den Lebensgang dieses seltenen Mannes gegeben, soweit dieser nicht schon aus dem früher mitgeteilten hervorgeht.

GEORG SCHWEINFURTH war als Sohn von Eltern deutscher Abstammung in Riga geboren, ursprünglich russischer Staatsuntertan. Er erlebte die ganze Jugend in der alten baltischen Handelsstadt, seine ganze nähere Verwandtschaft befand sich ursprünglich dort und so liegt es nahe, daß er an seiner livländischen Heimat hing und manche Eigenart von dort mitgenommen hatte. Wiederum aber hatte er in Deutschland seine Hochschulbildung genossen, in Berlin bis zum Antritt seiner Reisen wissenschaftlich gearbeitet, von Preußen aus die moralische und materielle Unterstützung zu seiner großen Reise erhalten. Da lag es, als das geeignete mächtige Deutschland erstand und die Verhältnisse in seiner engeren Heimat ungünstiger für das Deutschtum wurden, nahe, daß er wieder Bürger des großen Reiches werden wollte, dem sein Vater entstammte und wo seine ganzen Interessen gipfelten. So ließ er sich denn im Jahre 1879 als Reichsdeutscher von Kairo aus naturalisieren. SCHWEINFURTH hatte nach manchen Richtungen eine Vorliebe für manches Englische, Französische und Fremdländische; er schätzte italienische Freunde, war als halber ägyptischer Bürger natürlich etwas kosmopolitisch geworden, aber doch bei tieferen Fragen ein guter Patriot und großdeutscher Bürger. Dies zeigte sich auch im Kriege und in der traurigen Nachkriegszeit.

Aus vermögendem Hause stammend, hat er lange Jahre ein sorgenloses Leben führen können. Auch sein Werk brachte ihm eine erhebliche Summe; so erhielt er beispielsweise von SAMPSON Low in London allerdings für alle Ausgaben den Preis von 2000 £ (in den 70er Jahren war das ein nicht unbedeutendes Vermögen!). Als er am 1. Juli 1888 seinen Wohnsitz dauernd nach Berlin verlegte, um allerdings in der Winterszeit immer wieder nach Ägypten zurück-

zukehren oder andere Reisen in südlichen Gegenden zu unternehmen, da wurde ihm das schon erwähnte Steuerhäuschen im alten botanischen Garten für sich und seine Herbarien vom preußischen Kultusministerium zugewiesen, nach dessen Abbruch 1909 erhielt er die schon genannte andere Wohnung. Für Überlassung seiner Sammlungen und Bibliothek erhielt er vom Staate aus verschiedenen Fonds eine Rente, die ihm ein sorgenfreies Leben gestattete und diese sowie das Jahreseinkommen, welches er aus einer Familienstiftung¹⁾, die sein verstorbener Bruder in Riga gemacht hatte, bezog, erlaubten es ihm sogar bei aller Bescheidenheit seines im Essen und Trinken mäßigen Lebens gewissermaßen als Grandseigneur nach manchen Richtungen hin aufzutreten und zu reisen. Der Krieg brachte indessen den Fortfall der russischen Rente. Nach der Besetzung Rigas durch die Deutschen konnte er sie allerdings nochmals empfangen, aber dann hörte sie gänzlich auf. Die Entbehrungen, die uns die Hungerblockade der Feinde auferlegte, ertrug er leichter und sie wurden durch Freunde gemildert. Ernstere Stunden der Sorge traten erst in den Inflationsjahren auf, als die staatlichen Bezüge, die ja leider nicht auf Pensionsberechtigungen, sondern nur auf Abmachungen fußten und in der Hauptsache aus dem Dispositionsfonds flossen, fortblieben beziehentlich infolge des Sinkens des Wertes unseres Geldes keinen in Betracht kommenden Zuschuß mehr bildeten. Das war eine etwas bedrückendere Zeit, die noch bei ihm dadurch verschärft wurde, daß viele seiner Verwandten aus der Heimat vertrieben, auch mittellos wurden. Aber sie dauerte nicht lange; Freunde und wissenschaftliche Gesellschaften traten für ihn ein, teils steuerten sie selbst direkt oder indirekt Liebesgaben in Naturalien oder Barsummen zu, teils taten sie die nötigen Schritte bei den maßgebenden Personen zur Wiederzahlung einer Rente und durch das Einsehen an der zuständigen Stelle kam es schließlich dazu, daß er wieder Bezüge erhielt, allerdings nicht so hoch wie die früheren, von denen er nach den jetzigen bescheidenen herabgesetzten Ansprüchen sorgenfrei leben konnte.

Auch den Verehrern in Schweden und der Schweiz, ja selbst Österreich, die an den großen Gelehrten dachten und mit dem damals so hochwertigen schwedischen und schweizerischen Geld aushalfen, und denen hier in Deutschland, die selbst gaben oder andere dazu veranlaßten, ist es zu danken, daß der greise Gelehrte nicht die bittere Zeit durchzumachen brauchte, wie es bei vielen unbeamteten Gelehrten, Künstlern, Forschern und Rentnern der Fall war und wie diese sie zum Teil noch zu erdulden haben.

Unser greiser Nestor der deutschen Afrikaforschung hat nicht zu hungern oder frieren brauchen. Bis zuletzt fanden sich gebefreundliche Menschen, die bereit waren, ihm beizustehen, und seit der Festigung unserer Valuta brauchte er

keine besonderen Sorgen mehr zu haben. Deutschland trat für den großen Landsmann ein!

Als kleines Kuriosum sei noch erwähnt, daß er eine Zeitlang für eingemachte Oliven als fettreiche Nahrung schwärmte und diese dann auch in reichlicher Weise aus der Schweiz, ja auch aus Ägypten zugesandt erhielt. Ebenso wie er mal früher Kola, dieses Genußmittel des westlichen und mittleren Sudan, kaute und sich dafür begeisterte. Beinahe unverwundlich erschien seine Gesundheit. Zwar klagte er manchmal über etwas Katarrh und ungenügende Verdauungstätigkeit, meinte auch manchmal, daß er älter würde, aber das waren alles keine ernsten, außergewöhnlichen Erscheinungen. Wenn man ihn so im Feuereifer reden hörte, mit beinahe jugendlicher Frische, da glaubte man, daß er trotz seiner 88 Jahre noch lange leben würde. Bewundernd und begeistert verließen ihn immer wieder die Besucher, die von nah und fern zu ihm kamen.

Er selbst dachte auch vor Jahresfrist noch kaum ernstlich an den Tod, wenn er auch an den greisen Altmeister der Geographie, HERMANN WAGNER, Göttingen, als dieser ihm Ende 1924 eine selbstgeschriebene Lebensskizze gesandt hatte, in einem längeren Brief am Schluß schrieb: „Das Sterben muß auch erlernt sein. Ich denke täglich daran. Ich bin nur einmal in meinem Leben vom Pferde gefallen ohne Schaden zu nehmen, vom Kamel nie, trotzdem ich 2½ Jahre meines Lebens im Kamelsattel gesessen habe. Auch im übrigen *fehlt* es mir an jeder *Vorschule zum Sterben*. Daß mir jetzt die Ehre geboten ist, mit Ihnen weiter für einige Zeit um die Wette leben zu können, beglückt mich mit *neuem Lebensmut*. Mir den *Vorzug zum Sterben ausbittend*, schließe ich mit den besten Wünschen und empfehle mich Ihrem gütigen Gedenken.“

Und der Tod kam doch schneller, als alle seine näheren Freunde glaubten. Am 31. Juli 1925 traf eine Karte von ihm bei mir ein, worin er am Schluß schrieb, daß sein Befinden kümmerlich sei und er um baldigsten Besuch bat. Als dieser umgehend erfolgte, traf ich ihn seelisch niedergedrückt, er sprach vom Tode und hatte Sorge, ob auch sein Körper nach dem Ableben an die von ihm gewünschte Stätte gebracht werden könne und alle Vorsorgen für die Überführung getroffen seien. Aber am nächsten Tage fand ich ihn schon wieder frisch am Schreibtisch. Da erlitt er zwei Tage darauf einen gelinden Schlaganfall. Die Erkrankung war so leicht und die Besserung anscheinend so fortschreitend, daß man auf schnellere Überwindung der Krankheit trotz seiner 88¾ Jahre hoffen konnte. Bei guter, treuer Pflege saß er dann am Tage in seinem Zimmer, empfing Besuche und nahm teil an dem, was ihn früher bewegte, und aß leidlich. Doch die Hoffnungen auf Genesung waren trügerisch gewesen, es trat die Verschlimmerung ein, und am 19. September 1925 früh um 6,30 Uhr erlosch das Leben dieses seltenen Mannes.

¹⁾ Der „Sphinxstiftung“.

Das, was an ihm sterblich war, wurde nach vorausgegangener würdiger Feier im Lichthofe des botanischen Museums, an der von ihm selbst mit ausgesuchten Stelle im botanischen Garten zu Dahlem, dessen Entstehung er mit erlebt hatte und den er so gern besuchte, unweit der Gewächshäuser, die seine tropischen Pflanzenkinder beherbergen, nicht fern dem Heim seiner botanischen Sammlungen, die sein nie rastender Fleiß zusammengebracht hatte, beigesetzt. Seine gesamten Bücher, seine wunderbaren Zeichnungen und Aquarelle, seine Tagebücher und schriftlichen Aufzeichnungen, von denen hoffentlich noch so manches veröffentlicht wird, sind durch P. GRÄBNER, der ihm und ASCHERSON nahe stand, als Testamentsvollstrecker nach den Abmachungen mit dem Fiskus nach Dahlem gekommen, so daß der wissenschaftliche Nachlaß nicht, wie es so oft der Fall ist, in alle Winde oder gar noch in das Ausland verstreut wird. Das allermeiste bleibt infolge des schon erwähnten Abkommens direkt den preußischen Staatsinstituten.

Die Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte zu Berlin, welche ihr Heim im Museum für Völkerkunde hat, sowie die Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin erhalten infolge einer letztwilligen Verfügung des verstorbenen Altmeisters aus dem schriftlichen und gedruckten Nachlaß gewisse in das Gebiet ihrer Bibliotheken und Sammlungen fallende Veröffentlichungen, Aquarelle, Zeichnungen und Photographien. Die große Zahl von Briefen, welche sorgsam geordnet in Dutzenden von Pappbänden liegen, sowie einige Bände herrlicher Zeichnungen und Malereien waren einem Neffen zugebracht, aber es ist auch da die Aussicht vorhanden, daß sie den Staatsinstituten bzw. der Staatsbibliothek erhalten bleiben; denn in den letzten Jahrzehnten, besonders seit der Errichtung der Dokumentenabteilung an der preußischen Staatsbibliothek, hat man den hohen Wert, den solche Briefsammlungen für spätere Forscher und zur Beurteilung des Gelehrten haben, immer mehr erkannt.

Nur ein Band, der seine sämtlichen Diplome enthält, soll dem Wunsche des Erblassers entsprechend nach dem Auslande an seine Vaterstadt Riga gehen. Dort wird er Zeugnis geben vom

Leben und Wirken des großen Sohnes der Stadt, dem deutschen Forscher SCHWEINFURTH, von deutscher Arbeit!

Mit GEORG SCHWEINFURTH ist ein reich begnadetes Forscherleben dahingegangen, ein echter Naturforscher im schönen Sinne des Wortes starb mit ihm. Aber seine Werke werden ihn überleben. Das Glück hatte ihn begünstigt, er kam in einer Zeit, wo das Interesse für die Erforschung von Afrika sehr hoch stand, in unbekannte Gegenden, wo er hochwichtige aufsehenerregende Entdeckungen auf geographischem, ethnologischem, anthropologischem und naturwissenschaftlichem Gebiet machen konnte. Jedoch er war selbst ein Schmied seines späteren Glückes, d. h. seines wissenschaftlichen Erfolges, indem er unermüdlich mit seltener Vielseitigkeit weiter arbeitete und forschte und Stein auf Stein zum großen Bau beitrug, nur der *Sache*, der *hehren Wissenschaft wegen* und nicht aus *schnöder Gewinn- oder Ehrsucht*. So ist er ein Vorbild für viele geworden. Für jedermann zugänglich, zuweilen infolge seiner nicht großen Menschenkenntnis und seines Eifers bei einzelnen nicht Würdigen zu weitgehend mit seiner Güte und einer nichtangebrachten Unterstützung, hat er doch viele Strebende mit Rat unterstützt und gefördert, und selten verließ wohl jemand sein einfaches Heim in Schöneberg, ohne einen geistigen Genuß in der Unterhaltung mit ihm gehabt zu haben. Mochten auch seine Ansichten in Tages- und Weltfragen manchmal etwas eigenartig und kraus erscheinen, klar und schön blieb sein wissenschaftliches Gespräch, wo er aus den schier unergründlichen Quellen seines Wissens schöpfte. GEORG SCHWEINFURTH war ein seltener, ein großer Mann, den man auch in unserer gleichmachenden, schnell alles verwischenden Zeit so leicht nicht vergessen wird.

Als am 23. September nach der weihvollen Feier im botanischen Museum sein Leib der Erde übergeben wurde, ertönte stimmungsvoll das Lied: „Über allen Gipfeln ist Ruh!“ Da spürten wohl die meisten, die dem Verbliebenen nahe gestanden hatten, den Hauch des Großen, Geistigen, der von dem Dahingeshiedenen bei seiner Lebenszeit so oft ausgegangen war und der uns im Gedächtnis noch lange umschweben wird.

Georg Schweinfurth und die Völkerkunde.

Von BERNHARD ANKERMANN, Berlin.

GEORG SCHWEINFURTH ist als Botaniker, nicht als Ethnologe zu seiner großen Reise ausgezogen, aber die fremdartige Völkerwelt, in die er sich alsbald versetzt sah, die seltsamen Sitten und Gebräuche, die er kennenlernte, und die auffälligen Unterschiede, die sowohl das körperliche Aussehen wie die Kultur der von ihm besuchten Völkern aufwiesen, zogen ihn bald in ihren Bann, und das einmal erwachte Interesse für Anthropologie und Ethnologie verließ ihn nicht mehr bis an sein Lebensende. Er war damals kein Neuling

mehr auf afrikanischem Boden, aber er hatte bis dahin doch nur Völker gesehen, die seit langem schon unter dem Einfluß orientalischer und europäischer Kultur standen, daher viel von ihrer ursprünglichen Eigenart eingebüßt hatten und auch vielfach von wissenschaftlichen Reisenden besucht und beschrieben worden waren. Auch der erste Teil seiner Reise zeigte ihm zunächst nur Stämme, die ihm schon aus Beschreibungen seiner Vorgänger, der Erforscher des Weißen Nils, bekannt waren, die aber, obwohl seit langem regel-

mäßig von nubischen Elfenbein- und Sklavenhändlern besucht, zum großen Teil ihre primitiven Sitten — wie die Schilluk und Dinka ihre Abneigung gegen jegliche Bekleidung — bewahrt hatten. Unbekannter wurden die Eingeborenen, als er in das Flußgebiet des Bahr-el-Ghasal abbog, und eine ganz neue Welt eröffnete sich ihm, als es ihm gelang, die Wasserscheide zwischen Nil und Kongo zu überschreiten und in das sagenhafte Land der Menschenfresser und Zwerge einzudringen. Zwar waren auch vor ihm schon einige Europäer bis hierher gelangt, aber Leute ohne genügende Vorbildung, so daß SCHWEINFURTH als der eigentliche wissenschaftliche Entdecker anzusehen ist.

Wie stark SCHWEINFURTH die nach dem Innern des Kontinents zunehmende Unberührtheit und Eigenwüchsigkeit der afrikanischen Kultur empfand, geht u. a. daraus hervor, daß er einmal 3 Kulturkreise in Afrika unterscheidet, nämlich 1. einen Landstrich nahe der Küste — besonders breit in Nordafrika —, in welchem die Eingeborenen bereits mit Feuerwaffen vertraut sind; 2. ein Gebiet weiter landeinwärts, wo als einziges Zeichen europäischen Kultureinflusses Baumwollstoffe getragen werden, und 3. den innersten Kern des Erdteils, wo die Kleidung nur aus Fellen oder aus Rindenstoff besteht. Als ein freilich schwer abzugrenzendes Zwischengebiet zwischen den beiden letztgenannten Kulturzonen will er die Länder gelten lassen, in denen Glasperlen und Kupfer als Tauschwerte gebraucht werden.

Als Maßstab für die Beeinflussung durch europäische Kulturzeugnisse kann man diese Einteilung wohl anerkennen; es ist ja auch erklärlich, daß einem von der Küste ins Innere vordringenden Reisenden nichts stärker zum Bewußtsein kommt als der mit dem Fortgang der Reise wachsende Abstand von der gewohnten heimischen Kultur. Heute, wo man fast schon in jedem abgelegenen Winkel Afrikas als Zeugen europäischen Handels zum mindesten Kattune, Streichhölzer und Schnaps findet, wo selbst die Klingen der „einheimischen“ Schwerter und Speere oft aus Solingen oder Sheffield stammen, wird diese Empfindung durch die immer wiederholte Begegnung mit heimischen Produkten wesentlich abgeschwächt; damals aber, als der berühmte „weiße Fleck“ auf der Landkarte noch ganz Zentralafrika bedeckte und das Gebiet bezeichnete, in welches kein europäischer Kaufmann mit seinen Waren gekommen war, mußte sich das Gefühl der Fremdartigkeit dem Reisenden, der zuerst seinen Fuß in das geheimnisvolle Land setzte, mit ungemeiner Stärke aufdrängen. Davon legen die Reisewerke aller großen Entdecker, auch das SCHWEINFURTHS, auf jeder Seite Zeugnis ab. Man drang vorwärts mit dem Bewußtsein, daß man jeden Tag eine neue und unerwartete, unsere Vorstellungen von Mittelfrika und seinen Bewohnern umwälzende Entdeckung machen könne, und mit der Hoffnung, solche Entdeckungen

auch wirklich zu machen. SCHWEINFURTH gehörte zu den Glücklichen, denen sich diese Hoffnung erfüllte; wie er durch die Auffindung des nach Westen strömenden Uells das geographische Bild Zentralafrikas umgestaltete, so bereicherte er die Völkerkunde durch die erste wissenschaftlich wertvolle Beschreibung der Bongo, der Asande und der Mangbettu, die Anthropologie durch die Entdeckung der Akka.

Der Nachweis, daß die Jahrtausende alte, schon in der Ilias erwähnte, vielfach märchenhaft ausgeschmückte und darum von ernsthaften Gelehrten meist als Erzeugnis orientalischer Phantasie zurückgewiesene Erzählung von der Existenz zwerghafter Menschen an den Quellen des Nils auf Wahrheit beruhe, daß wirklich Pygmäen noch heute unter den großwüchsigen Negeren des zentralen Afrika wohnen, das war eines der wichtigsten und aufsehenerregendsten Ergebnisse seiner Reise. Ein Zweifel an dem Vorhandensein der Zwergvölker war fortan nicht mehr statthaft, denn SCHWEINFURTH hatte sie selbst gesehen, hatte mit ihnen freundschaftlich verkehrt, hatte einzelne Individuen porträtiert und hatte sogar einen Akka, den ihm der Mangbettu-König geschenkt hatte, bis nach Chartum mit sich geführt, wo dieser allerdings infolge der ungewohnten Lebensweise verstarb. Diese Entdeckung war zugleich ein Beweis dafür, daß die Alten doch eine größere Kenntnis von dem Innern Afrikas besessen hatten, als man gemeinhin geglaubt hatte, und daß den Nachrichten der antiken Schriftsteller eine höhere Glaubwürdigkeit beizumessen sei, als früher im allgemeinen angenommen wurde. Ja, es ist seitdem sogar die nicht unwahrscheinlich klingende Vermutung ausgesprochen worden, daß auch in der ganz märchenhaft anmutenden Erzählung von dem Kampf der Kraniche gegen die Pygmäen ein wahrer Kern stecken möge; gemeint seien die Stämme des oberen Nil, bei denen der Kronenkranich als heiliges Tier gelte, vielleicht das ehemalige Totemtier sei, nach welchem sich ja seine Verehrer zu nennen und mit dem sie sich zu identifizieren pflegen. Wie dem auch sein möge, für die afrikanische Rassenkunde war die Auffindung der Akka von der größten Bedeutung. SCHWEINFURTH, dessen Blick nie am einzelnen haften blieb, sondern stets nach weiteren Zusammenhängen ausschaute, erkannte sogleich die Wichtigkeit seiner Entdeckung für die Bevölkerungsgeschichte Afrikas. Er brachte sie in Zusammenhang mit den von DU CHAILLU am Ogowe besuchten Obongo, mit Nachrichten älterer Autoren, wie DAPPER, über die Bakke-Bakke, mit Erkundungen neuerer Forscher wie KOELLE (über die Kenkob und Betsang) und KRAPF (über die Doko) und schließlich mit den Buschmännern Südafrikas und erklärte alle diese Pygmäenstämme als zusammengehörig und als zerstreute Überreste einer einstmals über ganz Afrika verbreiteten Urbevölkerung. Eine Anschauung, die heute wohl allgemein geteilt wird und durch alle neueren Forschungen nur bestätigt

worden ist, wenn auch die anthropologische Stellung der Pygmäen zu den übrigen Rassen, speziell zur Negerrasse, noch nicht völlig geklärt ist.

Diese Pygmäen nun fand SCHWEINFURTH mitten unter Völkern wohnend, die nicht nur körperlich, sondern auch kulturell zu ihnen im schroffsten Gegensatz standen. Die Mangbettu besonders, von denen SCHWEINFURTH schon unterwegs vieles Seltsame gehört hatte und von denen auch seine nubischen Begleiter, die als fanatische Mohamedaner sonst auf alle heidnischen Völker Afrikas mit äußerster Verachtung herabblickten, nur mit dem höchsten Respekt zu sprechen wagten, erwiesen sich als das interessanteste Volk, das dem Forscher bisher in Afrika begegnet war. Die erstaunlich hohe Kultur, wie sie sich besonders in der Schnitz- und Schmiedekunst, sowie in den imposanten Hallenbauten der Häuptlinge ausprägte, der Prunk des Hofes des Königs Munsu mit seinen zahllosen Weibern, Trabanten und Kriegern und seinem fest geregelten Zeremoniell erregte die Bewunderung des Reisenden. Das Staunen wuchs, da diese hohe Kultur vergesellschaftet war mit der uns äußerst barbarisch erscheinenden Sitte der Anthropophagie, der die Mangbettu in einem Ausmaße fröhnten, wie es selbst bei den als Menschenfresser berüchtigten Niamniam nicht der Fall war. Von der Lebhaftigkeit des Interesses, das dieses Volk bei dem Reisenden erweckte, zeugt die prachtvolle, farbenreiche Schilderung seines Empfanges durch den König und die Beschreibung des Hoffestes, bei dem Munsu vor seinen Frauen tanzte, Schilderungen, die dem „braunen Cäsar“, wie SCHWEINFURTH ihn nennt, eine Art von Weltberühmtheit verschafften.

SCHWEINFURTH hatte das Glück gehabt, als Erster einen Zipfel des Schleiers zu lüften, der über dem Innern des schwarzen Erdteils und seinen Bewohnern lag; die Reisen STANLEYS, POGGES, WISSMANNs u. a. zeigten später, daß eine solche hohe Kultur nicht auf die Mangbettu beschränkt war, sondern sich auch bei einer ganzen Reihe anderer Stämme des Kongogebiets fand. Auch den Grund der Erscheinung, daß die höchst entwickelten Kulturen gerade nur im Innern des Kontinents anzutreffen waren, erkannte SCHWEINFURTH sofort darin, daß hier die europäische Zivilisation noch nicht ihren zerstörenden Einfluß hatte geltend machen können, oder wie er es formulierte: „Je größer die Fortschritte, die ein afrikanisches Volk auf der Bahn der äußeren Gesittung gemacht, um so geringfügiger gestaltete sich die eigene Produktionskraft.“ Die „Fortschritte in äußerer Gesittung“ bedeuten eben im Grunde nichts anderes als eine geistige und kulturelle Verarmung, die nicht nur der Ethnograph, sondern auch jeder Freund der Eingeborenen bedauern wird.

SCHWEINFURTH hat auch hier auf Kulturverwandtschaft, wie bei den Pygmäen auf Rassenzusammenhänge, hingewiesen, so auf die Ähnlichkeiten zwischen den Asande und den Fang in Westafrika; auch uns erscheint es heute sicher,

daß die letzteren aus dem Uëlle-Gebiet in ihre jetzigen Wohnsitze eingewandert sind. Bei den Mangbettu vermutet er eine Verwandtschaft mit den Fulbe, die wenigstens in anthropologischer Hinsicht nicht außerhalb des Bereichs der Möglichkeit liegt; in der Kultur der Bongo findet er Anklänge an Stämme des Tschadseegebiets, und heute wissen wir, daß sich Völker mit verwandter Kultur in langer Kette durch den ganzen Sudan ziehen.

SCHWEINFURTH hat die ethnographischen Ergebnisse seiner Reise in zwei klassischen Büchern niedergelegt, in seinem Reisewerk „Im Herzen von Afrika“ und in seinen „Artes Africanae“, die ganz der bildlichen Darstellung und Beschreibung des materiellen Kulturbesitzes der Eingeborenen, ihrer Häuser, Waffen, Hausgeräte, Musikinstrumente usw. gewidmet sind. Außer der Gabe der scharfen und umsichtigen Beobachtung, die ihm als Naturforscher eigen war, kam ihm hierbei hauptsächlich seine hervorragende zeichnerische Begabung zu statten, die in jener Zeit vor der Erfindung der photographischen Trockenplatten für einen Forschungsreisenden nahezu unerlässlich war. Die beiden Werke mit zahlreichen, größtenteils nach Originalzeichnungen SCHWEINFURTHs hergestellten Abbildungen waren bis in die jüngste Zeit neben JUNKERS Reisewerk die hauptsächlichste, ja fast die einzige Quelle für die Ethnographie der Gebiete des Bahr-el-Ghasal und des oberen Uëlle. Erst neuerdings haben wir über die Asande und Mangbettu genauere Nachrichten erhalten, besonders durch die Expeditionen des Herzogs ADOLF FRIEDRICH und seiner Begleiter. Von einigen anderen Stämmen aber, wie den Bongo, Golo, Kredj, wissen wir heute kaum mehr als vor 50 Jahren. Es ist auffällig, daß z. B. ein in vieler Hinsicht so merkwürdiges Volk wie die Bongo — man denke nur an die Steatopygie ihrer Frauen, von der SCHWEINFURTH in der zeichnerischen Gegenüberstellung eines Bongo- und eines Dinka-Weibes eine groteske Illustration gegeben hat und die nur bei den Hottentotten ein Analogon findet — selber keinen Forscher zu eingehendem Studium verlockt hat.

Wir müssen SCHWEINFURTHs Leistungen um so höher einschätzen, wenn wir bedenken, daß das, was wir von ihm erhalten haben an Beobachtungen, Zeichnungen, Sammlungen, nur ein Bruchteil dessen ist, was er während seiner Reise wirklich aufgezeichnet und gesammelt hatte; einen großen Teil, darunter alle Tagebücher und die Hauptmasse der ethnographischen Sammlungen, hatte der unheilvolle Lagerbrand des 1. Dezember 1870, des unglücklichsten Tages seines Lebens, wie SCHWEINFURTH ihn nennt, unwiederbringlich zerstört.

Man kann es nur bedauern, daß es SCHWEINFURTH nicht vergönnt war, länger bei den von ihm entdeckten Völkern zu verweilen — sein Aufenthalt im Mangbettu-Lande dauerte nur 5 Wochen —, noch auch seine Reise weiter in das Kongogebiet hinein auszudehnen, und man kann seinen Schmerz nachempfinden, als er sich nach

dem ersten Schritt ins Unbekannte durch seine Mittellosigkeit und seine Abhängigkeit von den Chartumer Händlern, denen er sich angeschlossen hatte, zur Umkehr gezwungen sah. Auch später hat er leider seine so erfolgreich begonnenen Forschungen unter den Völkern Zentralafrikas nicht fortsetzen können; aber seiner Liebe zu Afrika ist er treu geblieben. Bis der Krieg und sein Alter es ihm unmöglich machten, hat er fast jeden Winter in Nordafrika, meist in Ägypten, gewellt und neben seinen botanischen und sonstigen Studien seine Aufmerksamkeit den Eingeborenen der Wüste zwischen Nil und Rotem Meer, besonders aber den vorgeschichtlichen Bewohnern des Niltals zugewendet. Wiederholte Funde von Steinwerkzeugen hatten die lange bestrittene Behauptung, daß auch Ägypten eine Steinzeit durchgemacht habe, über allen Zweifel erhoben. Lange Jahre hindurch ist SCHWEINFURTH während seiner Besuche im Nillande dieser Frage nachgegangen und hat in mühevoller Arbeit eine erdrückende Fülle von Belegen für die Anwesenheit des Menschen in Ägypten zur Diluvialzeit zutage gefördert. Besonders hat er die diluvialen Schotterterrassen bei Theben ausgebeutet, die eine Mannigfaltigkeit von Kieselartefakten, Schabern, Messern, Pfeilspitzen usw. lieferten, wie sonst nur wenige Fundstätten. Mit seinen Sammlungen, die er mit der ihm eigenen peinlichen Sorgfalt geordnet und etikettiert hatte, hat er zahlreiche Museen bereichert, die Beschreibung und Auswertung seiner Funde in musterergültiger Weise in einer sich durch viele Jahre hinziehenden Reihe von Abhandlungen in der Zeitschrift für Ethnologie veröffentlicht. Die erste dieser Arbeiten datiert von 1885, die letzte von 1909. In der Zwischenzeit hat er seine Forschungen auch auf Tunis ausgedehnt und auch von dort umfangreiche Sammlungen heimgebracht und in der genannten Zeitschrift veröffentlicht. Er hat sich auch in diesem Falle nicht auf die bloße Beschreibung und Klassifizierung seiner Funde beschränkt, sondern auch die Beziehungen zwischen afrikanischer und europäischer Steinzeit in den Kreis seiner Überlegungen gezogen.

Daß er auch steinzeitlichen Funden in anderen Gegenden Afrikas und sonstigen Resten der Hinterlassenschaft der prähistorischen Bewohner des Erdteils, sowie Zeugnissen für die Verarbeitung von Stein in jüngeren Perioden oder gar der Jetztzeit seine lebhafteste Aufmerksamkeit zuwendete, ist nur selbstverständlich und wird durch eine Anzahl kleiner Aufsätze, die er in wissenschaftlichen Zeitschriften und Tageszeitungen erscheinen ließ, bestätigt. So mußte es ihn in hohem Maße interessieren, daß die Ababde zwischen Nil und Rotem Meer, die in ihrem unwirtlichen Wohngebiet ihre Kultur seit Jahrtausenden ziemlich unverändert erhalten haben, noch heutzutage Gefäße aus Stein anfertigen und gebrauchen; das Berliner Museum für Völkerkunde verdankt ihm eine schöne Sammlung dieser in der unmittelbaren Nachbarschaft eines Kulturlandes wie

Ägypten doppelt merkwürdigen Gegenstände. Zu den sonstigen Kulturresten, die von den Vorfahren der heutigen Bedja-Völker, der Ababde, Bisharin, Hadendoa usw., erhalten geblieben sind, gehören vor allem ihre Steingräber, die sich in dem ganzen Gebiet östlich des Nils bis an die Grenze Abessiniens hinauf finden. SCHWEINFURTH, der schon 1865 in der Nähe von Kassala eine ganze Gräberstadt entdeckte, hat eine Anzahl dieser Gräber geöffnet und beschrieben; die große Mehrzahl aber harret noch heute ihrer Erforschung.

SCHWEINFURTHS große Reise und seine ersten ethnographischen Arbeiten fallen in die Zeit, da die Wissenschaft der Völkerkunde noch in den Kinderschuhen steckte und wie jede Wissenschaft in diesem Stadium vor allem das Bedürfnis nach Zusammentragung möglichst massenhaften Materials, einen wahren Heißhunger nach Arbeitsstoff, besaß. Es kam den Ethnologen damals vor allem darauf an, zunächst einmal einen ungefähren Überblick über die Völker- und Kulturverhältnisse der ganzen Erde zu erlangen. Die Zeit für das eingehende Spezialstudium einzelner Völker war noch nicht gekommen, es fehlten auch noch die dazu nötigen fachwissenschaftlich vorgebildeten Männer. Die Entdeckungsreisenden jener Zeit, haben die Vorbedingungen dafür geschaffen; sie haben vor allem durch ihre Entdeckungen das Interesse weiter Kreise für die fremdartige Völkerwelt, die sie gesehen hatten, entflammt und ein Heer von Nachfolgern auf den Plan gerufen, die ihre Forschungen fortsetzten, ergänzten und vertieften.

Unter jenen Bahnbrechern steht für Afrika SCHWEINFURTH mit in der ersten Reihe; waren seine Reisewege auch nicht so ausgedehnt wie etwa die Livingstones oder Stanleys, so übertraf er diese dafür bei weitem durch die Schärfe und Zuverlässigkeit seiner ethnographischen Beobachtungen. Darin besteht seine Bedeutung für die afrikanische Völkerkunde. Von Deutungen des Gesehenen hat er sich — abgesehen von den oben erwähnten naheliegenden Hinweisen auf Kultur- und Rassenverwandtschaften — im allgemeinen ferngehalten und sich mit der möglichst exakten Feststellung des Tatsächlichen begnügt. Seine gelegentlichen Versuche, Kulturercheinungen aus der Umwelt, in der das beobachtete Volk lebt, abzuleiten, schweben so lange in der Luft, als man nicht weiß, ob jene wirklich da, wo sie beobachtet wurden, auch entstanden sind, oder ob das betreffende Volk sie vielleicht schon aus früheren Wohnsitzen mit ganz anderen Lebensbedingungen mitgebracht hat. Vor allen weitergehenden Spekulationen bewahrte ihn die klare, nüchterne, auf das Positive gewandte Geistesrichtung des Naturforschers, und die Ethnologie kann ihm dafür nur dankbar sein. Seine Forschungen haben die Grundlage für die Völkerkunde der von ihm bereisten Länder gebildet, und seine beiden Hauptwerke werden auch in der Zukunft ihren Platz als Quellenwerke ersten Ranges behaupten.

Georg Schweinfurth als Botaniker.

Von J. MILDBRAED, Berlin-Dahlem.

Als am 23. September 1925 SCHWEINFURTH zu seiner letzten Ruhestätte im Botanischen Garten zu Dahlem geleitet wurde, folgten seinem Sarge Botaniker, Geographen, Ethnographen, Anthropologen, Ägyptologen und Kolonialpolitiker, und alle konnten mit Recht sagen: Er war unser. Daher ist es für den Vertreter einer Einzelwissenschaft nicht möglich, seinem Gesamtwirken als Forscher gerecht zu werden. Hier soll nur versucht werden, zu zeigen, was er für die Botanik geleistet hat. Ihr gehörte die Liebe seiner Knaben- und Jünglingsjahre, sie erwählte er als Hauptfach seiner Universitätsstudien, in ihrem Dienst ist er zuerst hinausgezogen nach Afrika, und zu ihr ist er aus anderen Forschungsgebieten immer wieder zurückgekehrt.

Schon als Schüler einer Erziehungsanstalt in der Nähe von Riga war SCHWEINFURTH ein eifriger Pflanzensammler. Noch als berühmter Forscher gedachte er gern des Triumphes, den er einmal als Zwölfjähriger über seine Kameraden errang, als er am Schlusse eines botanischen Ausfluges der einzige war, der aus jeder der Klassen des LINNÉschen Systems Vertreter vorweisen konnte. Schon damals mag auch die Sehnsucht nach fernen Ländern in ihm geweckt worden sein durch die Erzählungen eines seiner Lehrer, der als Sohn eines Missionars in Südafrika geboren war. Von großem Einfluß auf SCHWEINFURTHS Neigungen wurde auch der Umstand, daß eine seiner Schwestern FRIEDRICH WAGNER, den Mitbegründer der größten und bedeutendsten Handelsgärtnerei in Rußland heiratete. Durch eifrigen Besuch der WAGNERSchen Treibhäuser, die an Reichhaltigkeit die manches kleinen botanischen Universitätsgartens übertrafen, dehnte er seine Pflanzenkenntnis auch auf die Gewächse fremder Zonen aus. Schon als Gymnasiast unternahm er ausgedehnte Fußwanderungen, die ihn in drei Sommerferien durch alle Teile Kurlands führten. Dabei vollbrachte er ansehnliche sportliche Leistungen. So machte er z. B. 1855 den Weg von Riga nach Dondangen und zurück (mindestens 280 km) in 5 Tagen und brachte als Zeichen, daß er wirklich dort gewesen war, Zweige der Eibe von den blauen Bergen nahe der Nordspitze der die Rigasche Bucht im Westen begrenzenden Halbinsel mit. So wurde er ein Fußgänger ersten Ranges, und nur ein solcher konnte die Märsche leisten, die er später auf seiner Niam-Niam- und Mombutturreise bewältigen mußte.

Entscheidend für die spätere Entwicklung wurde aber ein Besuch in Gastein, wohin er als Zwanzigjähriger die Eltern auf einer Badereise begleitete. Die Fülle und die Schönheit der Alpenflora nahmen ihn ganz für die Pflanzenkunde gefangen. „Ich wurde ein Botaniker“, so hat er selbst einmal später geäußert, „im guten alten Sinne des Wortes, und meine Muse, nicht in der Gestalt einer schwäch-

lichen Brüterin über geschliffenen Gläsern, sang frisch und frei im großen Tempel der Natur“. Damals am 21. Juli 1857, bestieg er den Großglockner mit 3 Führern; es war die achte Besteigung, und sie wurde durch ein Hochgewitter recht gefährvoll.

Im Herbst 1857 bezog SCHWEINFURTH die Universität Heidelberg und verlebte hier 2 volle Jahre vorzugsweise der Pflanzenwelt und der Paläontologie zugewandter Studien, unter Leitung von A. SCHMIDT und BRONN. Eifrig botanisierend durchstreifte er die Umgebung der schönen Stadt, und auch nach entfernteren Orten machte er Ausflüge. Im Frühjahr 1858 besuchte er sogar Sardinien, das er zu Fuß auf einsamen Gebirgspfaden durchzog. Unter fremdartigen Verhältnissen ganz auf sich selbst gestellt, machte er eine gute Vorschule für Forschungsreisen durch. Im Winter 1859/60 finden wir ihn in München, wo NÄGELI und der mit 96 Jahren noch jetzt tätige RADLKOFER seine botanischen Lehrer waren. Im Sommer 1860 besuchte er die Heimat und machte im Anschluß daran eine Reise durch Rußland, auf der ihn botanische Beobachtungen und die Schätze der Museen Petersburgs und Moskaus fesselten. Im Winter 1860/61 begann er seine Studien in Berlin, welche sich unter der Leitung ALEXANDER BRAUNS fast ausschließlich den botanischen Fächern zuwandten. Der Mittelpunkt des botanischen Lebens in Berlin war damals der kurz zuvor gegründete Botanische Verein für die Provinz Brandenburg, und die Seele aller auf die Erforschung der heimischen Flora gerichteten Bestrebungen war PAUL ASCHERSON. Der nur 2 Jahre jüngere SCHWEINFURTH wurde als eifriger Florist bald sein Mitarbeiter, und es begann damals die Freundschaft zwischen den beiden so verschiedenen Männern, die später durch gemeinsamen Aufenthalt in Ägypten und gemeinsame Arbeiten an der Flora der Nilländer noch vertieft wurde und bis zu ASCHERSONS Tode im Jahre 1913 währte. In den Verhandlungen des Botanischen Vereins hat er 1860 seine ersten kleinen botanischen Arbeiten veröffentlicht: Über *Bidens radiatus* und einen Bastard *Dianthus carthusianorum* $\times$ *arenarius*. Im folgenden Jahre erschien in derselben Zeitschrift sein Versuch einer Vegetationsskizze der Umgebung von Strausberg..

Aber nicht nur mit systematisch-morphologischen Studien und mit der märkischen Flora beschäftigte er sich in jener ersten Berliner Zeit, sondern er wandte seine Aufmerksamkeit schon jetzt dem Gegenstand zu, der ihn bis an sein Lebensende im Bann gehalten hat, der Pflanzenwelt der Nilländer. Es kam damals eine botanische Sammlung nach Berlin, die Dr. HARTMANN, der ärztliche Begleiter des jungen Barons v. BARNIM, der in Sennaar dem Fieber erlegen war, zusammengebracht hatte. SCHWEINFURTH über-

nahm die Bearbeitung und veröffentlichte die Ergebnisse 1862 als Dissertation, die den Titel trägt: *Plantae quaedam niloticæ, quas in itinere cum divo Adalberto libero barone de Barnim facto collegit Robertus Hartmann*. Die Abhandlung ist mit 16 Tafeln geziert, die der Verfasser selbst auf den Stein gezeichnet hat. Es sind muster-giltige Pflanzendarstellungen, die von hervor-ragender zeichnerischer Begabung Zeugnis ablegen. Die Beschäftigung mit dieser Sammlung und mit anderen von EHRENBURG und HEMPRICH, CIEN-KOWSKY, STEUDNER, v. HARNIER, v. BEURMANN entfachten in dem jungen Gelehrten den Trieb zur Erforschung fremder Länder, der schon immer in ihm lebendig gewesen war, zu heller Flamme und gab ihm auch ein bestimmtes Ziel, nämlich die Nilländer, aus denen ihm alle diese Pflanzenschätze zugekommen waren. Und hätte es noch weiterer Anregungen zur Verwirklichung seiner Reisepläne bedurft, so wurden ihm diese in der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin, deren Vorsitzender der berühmte Afrikaforscher HEINRICH BARTH war. Von diesem gefördert und beraten, ging SCHWEINFURTH im Spätherbst 1863 zunächst nach Wien, wo er in KOTSCHY und FENZL weitere ausgezeichnete Ratgeber fand. Im Dezember betrat er in Alexandrien zum erstenmal den Boden Ägyptens. In den ersten Monaten des Jahres 1864 bereiste er das Nildelta und das Gebiet des Suezkanals, dann fuhr er auf dem Nil von Kairo nach Kenneh und marschierte von dort über Land nach Kosser an der Küste des Roten Meeres. Eine Fahrt in kleiner Barke an der Westküste entlang bis Suakin und zurück war seine erste Stichprobe ins Unbekannte. Auf zahlreichen Ausflügen von den Anlegeplätzen aus wurde die Pflanzenwelt gründlich erforscht; besonders das 2100 m hohe Soturba-Gebirge am Kap Elba brachte reiche Beute. Im Dezember 1864 ging er wieder nach Kosser, besuchte die südlich gelegenen Gebirge und fuhr dann zum zweiten Mal nach Suakin. Im April 1865 reiste er von Suakin landeinwärts nach Kassala und von dort nach Matamma, der Hauptstadt der Landschaft Gallabat im Nord-westen des abessinischen Hochlandes. Den Rückweg nahm er über Gedaref nach dem Blauen Nil, den er dann auf einer Barke bis Chartum hinabfuhr. Hier verbrachte er einige Zeit, um sich von schweren Fieberanfällen zu erholen, marschierte dann am linken Nilufer nach Berber und von dort quer durch die südnubischen Gebirge nach Suakin, wo er sich einschiffte, um über Dschidda in Arabien und Suez nach Ägypten zurückzukehren. Die botanischen Ergebnisse dieser ersten Reise waren sehr bedeutend, etwa 2500 Nummern waren gesammelt, und zwar zum Teil in Gebieten, die nie zuvor ein Botaniker besucht hatte. In dieser Hinsicht sind besonders wichtig die hohen Küsten-gebirge, wie Gebel Abu Tiur südlich Kosser, Gebel Uaratab bei Suakin und namentlich das Soturba-Gebirge am Kap Elba unter etwa 22° Nord. Hervorzuheben sind auch die Sammlungen aus

dem baumreichen Gallabat. Über die Reise hat SCHWEINFURTH klassische Schilderungen ver-öffentlicht, die in den Neudrucken „Auf unbe-tretenen Wegen in Ägypten“ (Hoffmann & Campe, Hamburg-Berlin 1922) und: „An der Küste des Roten Meeres“ (Ullstein, Wege zum Wissen 1925) leicht zugänglich sind.

Rein botanische Ergebnisse sind niedergelegt in den Abhandlungen: Flora des Soturba an der nubischen Küste (Verhandlg. K. K. Zoolog. Botan. Ges. Wien 15, 537–560. 1865) und: Ein Vegetationsstreifen zwischen Suakin und Kassala (Zeitschr. f. allg. Erdk., Berlin 19, 403–407. 1865); in demselben Jahrgang sind noch mehrere andere Berichte über diese Reise abgedruckt. — Vegetationsskizzen aus den südnubischen Küsten-gebirgen (Botan. Ztg. 26, 849–860. 1868). — Pflanzengeographische Skizze des gesamten Nil-gebietes und der Küstenländer des Roten Meeres (PETERMANN'S Geogr. Mitt. 14, 113, 129, 155–169, 244–248. 1868). — Über die Vegetationsverhält-nisse einiger Länder und Ufergegenden des Roten Meeres (Jahresber. d. Geogr. Ges. München 3, 130–154. 1873). — Nach der Rückkehr von dieser ersten Reise nach Afrika veröffentlichte SCHWEINFURTH den schon vorher unter Beihilfe verschie-dener Mitarbeiter begonnenen: Beitrag zur Flora Aethiopiens (GEORG REIMER, Berlin 1–311; 4 Taf. 1867) Ferner: Aufzählung und Beschrei-bung der Akazienarten des Nilgebietes (LINNAEA, neue Folge 1, H. 3–4, 309–376). — *Novae species aethiopiae* (Verhandlg. K. K. Zoolog. Botan. Ges. Wien 18, 651–688. 1868). — *Reliquiae Kotschyanae* (G. REIMER, Berlin 1868).

Da SCHWEINFURTH einen glänzenden Befähigungsnachweis als Forschungsreisender erbracht hatte, fanden seine Pläne für eine zweite größere Reise in die oberen Nilländer eifrige Unterstützung von Männern wie ALEXANDER BRAUN, EHRENBURG, DU BOIS REYMOND. Sie verschafften ihm die Zinsen der Humboldt-Stiftung für Naturkunde und Reisen von der Preußischen Akademie der Wissenschaften und die der Ritter-Stiftung von der Gesellschaft für Erdkunde. Im Juli 1868 betrat er wieder afrikanischen Boden. Über Suez, Dschidda, Suakin und Berber erreichte er Chartum.

Hier schloß er mit dem reichen Kaufmann und Elfenbeinhändler GHATTAS einen Vertrag, nach dem dieser ihm eine Barke für die Fahrt zum Bahr el Ghasal, sowie später Träger und Lebensmittel zu stellen hatte. Diese Abmachung, die von der ägyptischen Regierung garantiert wurde, war für den Reisenden sehr vorteilhaft, jedenfalls überwogen die Vorteile weit die Nach-teile. Eine ganz besonders glückliche Fügung bedeutete die Bekanntschaft mit einem anderen Elfenbeinhändler, Mohammed Ad es SSAMAT, der in großzügiger und uneigennützigster Weise die Pläne SCHWEINFURTHS förderte.

Von Chartum aus ging die Fahrt auf Barken bis zum Endpunkt der Schifffahrt auf dem Bahr el Ghasal, der sogenannten Meschra el Rek, wobei

die äußerst hinderlichen, oft sogar gefährlichen Gras- und Papyrusbarren in verhältnismäßig kurzer Zeit überwunden wurden. Dann begannen die ausgedehnten Landmärsche, die die eigentliche Forschungsreise SCHWEINFURTHS darstellen und ihn durch 5 Breitengrade nach Süden bis über den damals noch unbekannten Uelle hinausführten.

Es ist hier nicht der Ort, den Verlauf der Reise zu schildern, es soll nur ihre Bedeutung für die botanische Erforschung Afrikas klargestellt werden. Das materielle Ergebnis bestand in über 4500 Sammelnummern, die meist in zahlreichen musterhaft präparierten Exemplaren (Einzelpflanzen bei kleineren Kräutern, Zweigstücke bei Gehölzen) aufgelegt wurden, stellt also an sich schon eine außerordentliche Leistung dar.

Will man aber richtig würdigen, welche Bereicherung die Sammlung der afrikanischen Pflanzengeographie gebracht hat, so mache man sich einmal klar, was damals bekannt war. Man bedenke, daß das Innere Afrikas auf den Karten noch ein großer weißer Fleck war, und daß die botanische Erforschung der geographischen immer weit nachhinkt, und wird leicht begreifen, daß die damals aus dem Afrika zwischen den Wendekreisen vorliegenden umfangreichen Sammlungen sich an 5 Fingern herzählen lassen: SCHIMPER in Abessinien, MANN in Kamerun, Gabun und Fernando Poo, WELWITSCH in Angola, BARTER in Nigerien und dazu noch einige in Oberguinea, das ist alles. Das von SCHWEINFURTH durchzogene Gebiet war also botanisch terra incognita, nur aus dem nördlichen Teil war durch die unglückliche TINNESche Expedition einiges bekannt geworden. Weiter muß man sich vergegenwärtigen, daß der Marsch im wesentlichen einen Vorstoß von Norden nach Süden durch 5 Breitengrade hindurch darstellt. Er führt also gegen den Äquator hin in immer regenreichere Gegenden. Demgemäß nimmt auch der Reichtum der Flora ständig zu, und immer neue Arten traten auf, während andere verschwinden. Es lassen sich drei Hauptvegetationszonen in dem durchreisten Gebiet unterscheiden. In der nördlichen sind die Gehölze mit Dornen bewehrt (Akazien, *Balanites*, *Zizyphus*) und viele tragen feines Fiederlaub (die den Ton angehenden *Acacia*-Arten und Tamarinden). Man könnte dieses Gebiet auch kurz als den Dorn-Sudan bezeichnen. Wenige Stunden nordöstlich der großen Seriba des Ghattas, die ein Hauptstandquartier werden sollte, bemerkte der Reisende dann einen auffallenden Wechsel der Pflanzendecke. „Buschwald trat an Stelle der bisher nur von Bosketts unterbrochenen Steppenfläche, und die ungewohnte Laubfülle gab hier eine der auffallendsten Vegetationsgrenzen zu erkennen, die sonst auf dem Festlande von Afrika selten so deutlich in die Augen fallen.“ Der Laub-Sudan war erreicht, das Gebiet der Baum- und Buschsavanne, in der zwischen die oft mannshohen Gräser Büsche und Bäume verschiedener Größe, aber selten über

15 m Höhe, meist ziemlich bunt gemischt, bald dichter, bald lichter eingestreut sind, und die im einzelnen oft überraschend liebliche parkartige Bilder bietet. Die Artenzahl der Holzgewächse ist ziemlich beträchtlich, und eine Aufzählung würde weit über den Rahmen dieses Aufsatzes hinausgehen. Nur ein Name sei genannt, *Butyrospermum*, der Butterbaum, weil nach ihm das ganze Gebiet auch als Butterbaumbezirk bezeichnet wird, was aber nicht so verstanden werden darf, als ob dieser Baum häufiger als andere wäre. Die verschiedenen Gehölze stehen aber sehr selten und niemals auf größere Strecken so dicht, daß der Ausdruck Wald angemessen wäre. Wirkliche, wenn auch ziemlich lichte und nicht sehr hohe Wälder bilden dagegen einige Arten, die zwar Vertreter der Baum-Buschsavanne in ihren Bestand aufnehmen, aber niemals in einzelnen Exemplaren in diese übergehen. Es ist das besonders ein großblättriger Leguminosenbaum mit breiten schuhsohlenartigen Hülsen, eine *Berlinia*. In ähnlicher Weise tritt auch ein auffallend an Erlen erinnernder Baum *Monotes Kerstingii* (bei SCHWEINFURTH als *Vatica* bezeichnet) auf. Auch *Terminalia* und *Prosopis* werden nach SCHWEINFURTH zuweilen so vorherrschend, daß er von „Wäldern“ spricht. (Sie sind aber nicht exklusiv waldbildend wie die *Berlinia* — M.) Die *Berlinia*-Wälder treten hauptsächlich südlich von 6°30' N. auf. (Sie bilden im Sudan ein Analogon zu den Miombo-Wäldern Ostafrikas und den Houtbosch- und Mopane-Wäldern des südlichen Angola und Ambo-Landes). Unter 4° 50' N. beginnt gegen Süden hin wieder eine neue Vegetationszone, die durch einen starken Dualismus in der Flora gekennzeichnet wird. In den tief eingeschnittenen Bachtälern treten nämlich jetzt die üppigen „Galerien“ auf, die aus Regenwaldtypen, wie man sie schon von der Guinea-Küste her kannte, gebildet werden, während auf dem höher gelegenen Gelände dazwischen die Baum- und Buschsavanne ohne wesentliche Änderungen herrschend bleibt. Der Reichtum dieser Galerien an den bisher durchgezogenen Nilländern gänzlich fremden Gewächsen, die hier zum erstenmal erschaute wirkliche tropische Üppigkeit und die malerische Schönheit versetzten den Reisenden in helles Entzücken, und die Schilderung dieser Pracht gehört zum Schönsten, was er geschrieben hat. Eine große Entdeckung aber blieb ihm versagt; er mußte umkehren, ehe er den Rand des geschlossenen Regenwaldes erreicht hatte, der der Hylaea des Amazonenstromes vergleichbar einen großen Teil des Kongobeckens bedeckt. Wäre er damals nur noch wenige Tagemärsche über Munsas Residenz nach Süden vorgedrungen, so wären die Zweifel an der Schilderung STANLEYS von dem ungeheuren Wald, den dieser erfolgreichste aller afrikanischen Entdecker auf dem Marsche zu EMIN PASCHA durchzog, niemals laut geworden. Da aber SCHWEINFURTH den Wald nicht gefunden hatte, so hielt man lange STANLEYS Bericht für übertrieben und

nahm an, daß er nur in einer Art Galerie entlang marschiert wäre.

Andererseits ist dem afrikanischen Regenwaldgebiet auch zuweilen auf Grund einer mißverstandenen Darstellung SCHWEINFURTHS von manchen Autoren eine zu große Ausdehnung gegeben worden. Auf der phytogeographischen Karte des Nilgebietes in PETERMANN'S Mitt. 1868 hat er auch ein „Waldgebiet“ unterschieden. Er meint damit etwas, was wir heute als Baumsavanne und Trocken- oder Savannenwald bezeichnen würden; die Pflanzenliste in dem zugehörigen Text auf S. 162 läßt gar keinen Zweifel. Dem aus der nördlichen Wüste Kommenden waren diese baumreichen Landschaften ein Waldgebiet; nachdem er die Bekanntschaft mit den so ganz anders gearteten Galeriewäldern gemacht hatte, würde er den Ausdruck „Wald“ entweder nicht angewandt oder doch so eingeschränkt haben, daß keine Irrtümer hätten entstehen können. So aber hat man dann diesen „Wald“ der SCHWEINFURTHSchen Karte für Regenwald genommen, sogar noch in allerneuester Zeit; vgl. die Karte II, Verbreitung der wichtigsten Vegetationstypen der Erde in LUNDGARDH: Klima und Boden in ihrer Wirkung auf das Pflanzenleben vom Jahre 1925. Man beachte den aus diesem Mißverständnis sich ergebenden auffallenden Widerspruch gegen die auf Karte I dargestellte Verteilung der Niederschläge.

Die große Reise von 1868–71 bedeutet den Höhepunkt in SCHWEINFURTHS botanischen Leistungen, sie bedingte aber auch, so merkwürdig das klingt, eine gewisse Abkehr von der Botanik. Er war seiner ganzen Veranlagung nach kein Spezialist, sondern ein universeller Geist, und so wandte er seine Aufmerksamkeit nicht nur der Pflanzenwelt, sondern der Länder- und besonders der Völkerkunde zu. Seine Berichte über die Niam-Niam, die Monbuttu, die Entdeckung der Zwerge usw. verschafften ihm auch unter den Ethnographen einen Ehrenplatz, ebenso wie seine ausgezeichneten Kartenaufnahmen und die Aufindung des Uelle unter den Geographen. So ist es auch wohl zu erklären, daß er den großen botanischen Ertrag der Reise niemals selbst ausgewertet hat. Außer den Angaben in dem Reise-*werk* „Im Herzen von Afrika“ und kleineren Aufsätzen, die in der Zeit von 1869–71, also noch während der Reise selbst, in *Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde*, Berlin 4 und 6 und in *Botan. Ztg.* 28 und 29 erschienen, hat er nichts darüber veröffentlicht. Nach der Rückkehr von der großen Reise hielt er sich zunächst einige Zeit in Deutschland und in seiner baltischen Heimat auf, dann nahm er seinen ständigen Wohnsitz in Kairo, dessen Bürger er 13 Jahre lang blieb. Während dieser Zeit beschäftigten ihn stark kulturgeschichtliche Forschungen und die kartographische Aufnahme der Wüste zwischen dem Nil und dem Roten Meer. Die Pflanzenwelt hat er dabei zwar keineswegs vernachlässigt, doch war das Gebiet zu bekannt, als daß er noch irgendwie bedeutsame

Entdeckungen hätte machen können. Ein Ertrag seiner botanischen Studien ist die mit seinem Freunde PAUL ASCHERSON im Jahre 1887 veröffentlichte Illustration de la Flore d'Egypte. Von Wichtigkeit ist aber die Reise nach Sokotra im Jahre 1881, auf der er 826 Nummern sammelte. Die Insel war zwar botanisch nicht mehr unbekannt, aber das Material ist durch die vielen Endemismen pflanzengeographisch sehr wertvoll. SCHWEINFURTH hat darüber in ENGLERS *Botan. Jahrbuch* 5 40–49 (1883) eine Studie unter dem Titel: Allgemeine Betrachtungen über die Flora von Sokotra veröffentlicht.

Im Winter 1888 und im Frühjahr 1889 brachte er einen im Zusammenhang mit kulturgeschichtlichen Studien schon lange gehegten Plan zur Ausführung; er besuchte das glückliche Arabien, die Landschaft Yemen, wo er die von FORSKAL 1763 gesammelten Pflanzen an ihren Standorten aufsuchte und so ein Material heimbrachte, das den Original Exemplaren als gleichwertig zu betrachten ist; es besteht aus gegen 600 Arten in über 800 Nummern. Als eine Ergänzung dieser Reise erscheinen die 3 ausgedehnten Streifzüge, die er in den Jahren 1891, 1892 und 1894 in die von den Italienern als Colonia Eritrea in Besitz genommenen Teile von Nordabessinien unternahm. Die botanische Ausbeute ist sehr umfangreich, sie umfaßt über 4900 Nummern, also sogar noch etwas mehr als die der großen Reise von 1869–71. Als wichtiges Ergebnis für die Pflanzengeographie ist die Feststellung der „Floregemeinschaft von Südarabien und Nordabessinien (Verhandl. d. Ges. f. Erdkunde, Berlin 1891) zu bezeichnen. Die Aufzählung der in Yemen und Eritrea gesammelten Pflanzen, eine seiner umfangreichsten botanischen Veröffentlichungen, ist unter dem Titel *Sammlung arabisch-äthiopischer Pflanzen* im *Bull. Herb. Boissier* 2, 4 und 7 erschienen, reicht aber nach dem ENGLERSchen System nur bis zu den Balsaminaceen. Keine neuen Ergebnisse für die Wissenschaft, aber eine wesentliche Bereicherung seiner Herbars brachten SCHWEINFURTH auch 3 Winteraufenthalte in Algier und Tunis, auf denen er nahezu 2500 Nummern sammelte. Auch dem östlichen Mittelmeergebiet hat er einen Besuch abgestattet, im Hochsommer 1880 durchzog er eifrig botanisierend den Libanon. Nach 46 Jahren verlebte der greise Forscher 1912–13 zum ersten Male wieder den Winter auf europäischem Boden, aber in dem milden Klima von Mentone, dessen prächtige Gärten seinem Herbar noch den letzten größeren Zuwachs verschafften.

SCHWEINFURTHS Tätigkeit als Pflanzensammler ist weit umfangreicher, als selbst den meisten Fachgenossen bekannt ist. Er hat nämlich seine Sammlungen nicht fortlaufend durchnummeriert, sondern bei jeder Reise wieder mit 1 angefangen. Die auf kleineren Reisen gesammelten Pflanzen sind im Herbar oft überhaupt nicht mit Nummern versehen. Sieht man aber die von ihm über seine Sammeltätigkeit geführten Listen durch, so kommt

man auf die außerordentlich hohe Zahl von wenigstens 18 000 Nummern. Viele davon sind in zahlreichen Exemplaren gesammelt und an verschiedene Museen verteilt worden, so daß sein im Botanischen Museum zu Dahlem aufbewahrtes Herbar nur einen Teil des von ihm zusammengebrachten Materials darstellt. Zu berücksichtigen ist bei einer vollen Würdigung dieser Seite seiner Tätigkeit noch, daß er peinliche Sorgfalt auch auf die technische Seite des Trocknens und Konservierens verwandte, so daß der Erhaltungszustand der Pflanzen ein ganz ausgezeichneter ist. Er hat auch die nach ihm benannte Methode ausgedacht, dort wo das Trocknen in der üblichen Weise Schwierigkeiten macht, die kurze Zeit gepreßten Pflanzen mit den Einlegebogen in Alkoholdampf in luftdicht verschließbaren Zinkkästen aufzuheben, aus denen sie dann später zu gegebener Zeit zum Trocknen herausgenommen werden können. So bedeutet das Herbar SCHWEINFURTH einen großen Schatz des Botanischen Museums zu Dahlem. Es füllt 102 Kästen mit nach unten zu klappender Vorderwand von 62 cm Höhe, 78 cm Breite und 56 cm Tiefe, die je 6 meist gänzlich mit Pflanzenpaketen gefüllte Fächer enthalten. Darin befinden sich nicht nur die von SCHWEINFURTH selbst gesammelten Pflanzen, sondern auch andere Sammlungen aus Afrika, die im Berliner Generalherbar fehlen oder nur unvollständig vertreten sind.

Als SCHWEINFURTH 1888 nach 13jährigem Aufenthalt in Kairo nach Berlin übersiedelte, fand er mit seinem großen Herbar eine Unterkunft im alten Botanischen Garten an der Ecke der Potsdamer und Grunewaldstraße, in dem sogenannten Steuerhäuschen. Als dieses 1909 abgerissen wurde, bezog er selbst eine Mietwohnung in Schöneberg, während in dem neuen Botanischen Museum in Dahlem ihm zwei große Zimmer für

seine Pflanzensammlungen eingeräumt wurden. Diese hatte er schon zu Lebzeiten gegen eine ansehnliche Rente dem Preußischen Staat vermacht, sich aber ihre Verwaltung bis zu seinem Tode vorbehalten.

Eine Zusammenstellung von SCHWEINFURTHS botanischen Schriften findet man in der Übersicht über alle Veröffentlichungen, die der 3. zur Feier seines 80. Geburtstages veranstalteten Auflage seines Reisewerkes „Im Herzen von Afrika“ als Anhang beigegeben ist. Dieser Liste sind noch hinzuzufügen: „Pflanzenbilder im Tempel von Karnak“ (Theben) in ENGLERS Jahrb. LV (1919) und: „Was Afrika an Kulturpflanzen Amerika zu verdanken hat und was es ihm gab“ in Festschrift EDUARD SELER (1922). — Die Kulturpflanzen haben SCHWEINFURTH immer besonders interessiert, aber nicht vom ökonomischen, sondern vom kulturgeschichtlichen Standpunkt aus; so hat er namentlich den Pflanzenresten in den ägyptischen Gräbern und der Frage nach dem Ursprung vieler Nutzpflanzen sehr eingehende Untersuchungen gewidmet.

Da diese Arbeiten aber schon aus dem Rahmen der systematischen Botanik und Pflanzengeographie herausfallen, so soll in dieser Besprechung darauf nicht näher eingegangen werden. Hier galt es nur zu zeigen, was SCHWEINFURTH für die Erforschung der afrikanischen Flora geleistet hat. Für diese Leistung ist ihm noch kurz vor seinem Tode eine Ehrung zu teil geworden, die ihn sehr erfreut hat; wenigstens im Korrekturabzug konnte er noch die Widmung lesen, die der unermüdliche 82jährige ADOLF ENGLER dem zuletzt erschienenen Bande (V., 1. Heft) seiner Pflanzenwelt Afrikas vorangestellt hat: GEORG SCHWEINFURTH, dem bahnbrechenden Erforscher der Pflanzenwelt des östlichen Sudan und seiner Nachbarländer gewidmet.

Georg Schweinfurth in der Wüste.

Von JOHANNES WALTHER, Halle a. S.

Schon auf seiner ersten Forschungsreise an den Küsten des Roten Meeres hatte SCHWEINFURTH die Wüste gekreuzt und ihre wunderbaren Probleme kennengelernt. Die Standorte der Flora in Abhängigkeit vom Wasser- oder Salzgehalt des Bodens, die von ihr bedingte Verbreitung der einheimischen wie der durchziehenden Tierwelt und nicht zuletzt die Anpassung der Menschen an so eigenartige Lebensumstände hatten ihm tiefe Eindrücke hinterlassen. Als er dann später fast jeden Winter in Kairo zubrachte, trat ihm die nahe Wüste mit ihren vielen Fragen wieder entgegen und veranlaßte zahlreiche Wüstenreisen nach Osten, Süden und Westen.

Kairo war in den 80er Jahren des vergangenen Jahrhunderts der Ausgangspunkt und oft auch der Endpunkt der großen Entdeckungsreisen nach dem dunklen Kontinent, und so trat SCHWEINFURTH immer wieder in den Mittelpunkt der Bestrebungen,

die letzten Rätsel Zentralafrikas zu lösen. In seinem geräumigen Haus lagen auf großen Tischen seine eigenen Kartenaufnahmen und daneben die Anschlußkarten der berühmten Afrikaforscher; hier wurden hydrographisch-topographische Routenaufnahmen verglichen und das rätselhafte Nil-system gegen das noch verschleierte Kongosystem abgegrenzt. Wer damals nach Kairo kam, sah STANLEY und WISSMANN, JUNCKER und BAUMANN und viele andere Heroen der Afrikaforschung, die bei dem Meister geographischer Forschung Rat und Richtlinien suchten und fanden. Fragen ganz anderer Art führten auch mich damals nach Kairo, wo ich eine Reise nach den Küstengebieten des Roten Meeres zum Studium der Korallenriffe, der litoralen Sedimente und der festländischen Ablagerungen der benachbarten Wüste vorbereitete.

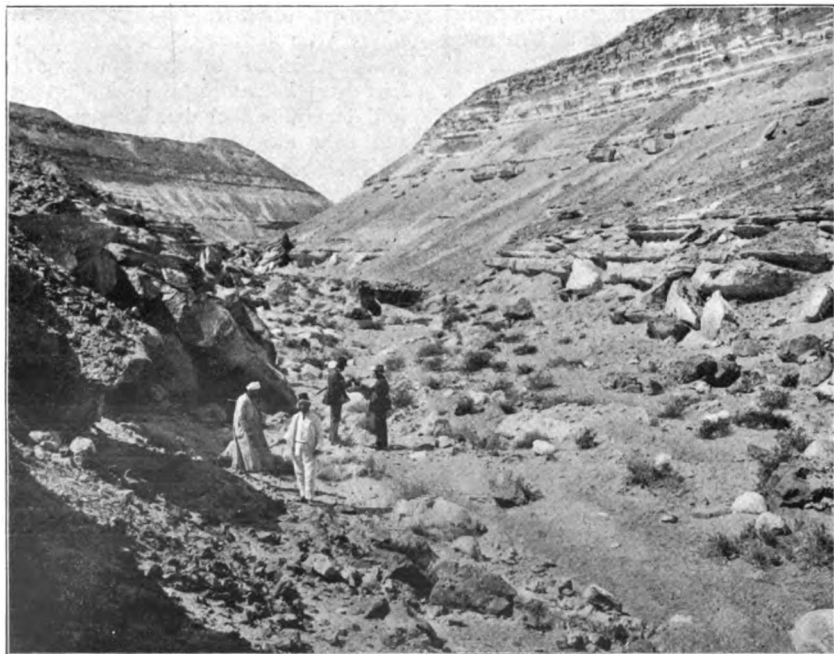
In SCHWEINFURTH fand ich rasch den väterlichen Freund, der nicht nur mit mir diese ihm

vielfach neuen Fragen der allgemeinen Geologie eingehend besprach, sondern mich auf zahlreichen gemeinsamen Touren in die östliche Arabische wie in die westliche Libysche Wüste mit der Technik des Reisens vertraut machte und mir von seinem unerschöpflichen Vorrat eigener Beobachtungen eine Fülle zur Förderung mit auf den Weg gab.

So vorbereitet, zog ich zunächst für 6 Wochen nach der Sinaihalbinsel und folgte dann einer Einladung SCHWEINFURTHS, ihn auf seiner Expedition durch den Uadi Arabah und die südliche Galaba zu begleiten. Auf einem gebrechlichen arabischen Boot kreuzte ich das korallenreiche Meer und landete an dem einsamen Leuchtturm von Safarana, wohin mir SCHWEINFURTH einen Beduinen entgegen-

die fossilführenden Schichten ausbeutete, zog ich zu Fuß oder auf dem Kamelrücken nach Süden und Norden und lernte wiederum die Beschwerden des Glutwindes, die Wasserlosigkeit und das topographische Labyrinth der vielverzweigten Wüstentäler kennen. Abends wurden Profile gezeichnet und der Plan für die Exkursionen des nächsten Tages ausgearbeitet; dann saßen wir am Windlicht in der Stille der Sternennacht und tauschten Beobachtungen und Gedanken aus.

Die meisten Forscher, die sich bis dahin mit der Wüste beschäftigt hatten, waren durch topographische oder floristische Probleme so erfüllt gewesen, daß sie die Morphologie des Wüstengeländes kaum beachtet hatten. Der Wind, dessen



SCHWEINFURTH im Uadi Abu Schuscha bei Heluan; im Vordergrund sein Diener Tannos.

zuschicken versprochen hatte. Während ich meine Sammlungen auf neugemietete Kamele lud, die sie nördlich bis nach Suez tragen sollten, kam der braune Wüstensohn herangeritten, und am nächsten Morgen ging's nach dem Zeltlager, das mitten zwischen den niedrigen Felsenklippen in der weiten Wüstenebene aufgeschlagen war, in denen SCHWEINFURTH bei einer früheren Reise paläozoische Fossilien entdeckt hatte, die BEYRICH als Mitteldevon bestimmte. Inmitten des bisher geologisch unbestimmten nubischen Sandsteines eine Fauna vom Charakter des Eifeldevons auszubeuten, war eine überaus verlockende Aufgabe. Aber ich erkannte bald, daß es sich um Carbon handle, und diese unerwartete Tatsache forderte zu einer gründlichen Untersuchung der liegenden und hangenden Schichtenfolge heraus. Während SCHWEINFURTH

furchtbare Gewalt man Tag und Nacht verspürte war in seinen geologischen Wirkungen völlig unbekannt, und nach allgemeiner Auffassung erschien das heutige Relief der Wüste als ein Gebilde, das in der regenreichen Diluvialperiode entstanden war und seitdem unverändert bis in die Gegenwart hereinragt. Das Gelände der Wüste war also nach damaliger Auffassung eine durch Wasserfluten ausmodellirte aber heute *fossil* gewordene Landschaft.

Auf meiner Sinaireise war ich zu einer grundsätzlich verschiedenen Auffassung gekommen. Ich hatte gesehen, daß *der Wind als geologische Kraft* täglich das Gelände veränderte, daß nicht nur Dünen wanderten, sondern daß durch Zerbröckelung von Granit auch täglich neuer Dünensand entstehe; daß nicht nur die seltenen Regen an

den Wänden der Täler arbeiteten, sondern daß die Sonnenbestrahlung abwechselnd mit der nächtlichen Abkühlung überall neue Gesteinssplitter erzeugte, die der Wind aufhob und davontrug.

Diese und viele andere dazugehörige Beobachtungen legte ich SCHWEINFURTH vor, der mich zunächst leicht widerlegen zu können glaubte. Aber je lebhafter wir täglich disputierten, und je mehr die Vorgänge in der uns umgebenden Wüste auf ihn wirkten, desto mehr pflichtete er meiner Auffassung bei. Ein Sturm am hellen Mittag, der unser schweres Zelt aus dem Boden riß und flatternd 15 m hoch emportrug, die zerbröckelnden Carbonschichten, aus deren Mergelhülle die harten Fossilien unter dem Einfluß der Sonnenwärme herausfielen, die Salzkristalle, die ganze Steinrinden abhoben, aus denen die Insolation rasch ein Häufchen kleiner Scherben machte, die bald ein Spiel des Windes wurden: alles sprach für die große Erdleistung der abwehenden, talbildenden Kraft der *Deflation*.

So vergingen die Tage im Uadi Arabah unter lebhaftem geistigen Ringen, und nun ging's weiter zum Fuß des 1200 m hoch, fast senkrecht ansteigenden Steilrandes der südlichen Galala.

Das Osterfest verlebten wir nah dem koptischen Kloster von St. Antonius, dem ältesten Kloster der Christenheit. Kein Tor öffnet sich in der 30 m hohen Mauer, welche die sprudelnde Quelle, die Gebäude und die Gärten umzieht.

An einem dicken Palmbaststrick wird man freischwebend von den Mönchen emporgezogen, die hier in weltabgeschiedener Einsamkeit hausen. Hoch oben an der Felswand der Galala ist noch immer die kleine Höhle zu sehen, in der Antonius bei seiner Flucht aus der sündigen Welt eine Zuflucht fand und wo ihn wunderbare Truggestalten umgaukelten. Jetzt flattern aus dem dunklen Loch nur ein paar Fledermäuse heraus.

Dann ging's hinauf nach dem 1200 m hohen Tafelgebirge, und hier fanden wir den Frühling in voller Blumenpracht. Die Geologie wurde von der Botanik abgelöst, und rasch füllte sich die Mappe mit wunderbaren Pflanzen. Der sperrigen Äste und dornigen Zweige wurde SCHWEINFURTH auf eine überraschende Art Herr, indem er die Pflanze auf einen Holzklotz legte und mit einem Holzhammer bearbeitete — rasch glättete sich das Dornengewirr, und wenn die Pflanze getrocknet war, sah man kaum, daß sie in eine Ebene gehämmert worden war.

Indem ich wochenlang mit dem genialen Mann allein war, steigerte sich immer mehr meine Bewunderung für seine Vielseitigkeit und die Gründlichkeit seines Wissens. Mochten wir von den Stämmen der Wüstenbewohner, von den Ureinwanderern im Niltal, von der Kultur der alten Ägypter, von der Verfassung der koptischen Kirche, von den Anachoreten des Christentums oder von den modernsten englischen Bewässerungsplänen sprechen, immer breitete SCHWEINFURTH eine unerwartete Fülle von Tatsachen vor mir aus.

Seine Literaturkenntnis war fabelhaft und sein Gedächtnis unbeirrbar. Er schrieb auf jede Etikette zu den gesammelten Stücken nicht nur Stichworte, sondern eine ganze Fülle von Erläuterungen: seine Tagebücher, in denen ich so oft gelesen habe, sind Schatzgruben für die vielseitigsten Beobachtungen, und seine Karten sind Musterbeispiele für die treueste Wiedergabe der Natur.

Aber SCHWEINFURTH war ein Schalk, und oft verblüffte er durch eine so paradoxe Behauptung, daß man erschrak und zunächst nicht wußte, wo er hinaus wollte. Dann konnte er den Satz verteidigen, daß die Läuse eine große hygienische Bedeutung hätten, weil dadurch unreinliche Menschen



Verkleinerte Originalzeichnung einer Felsenquelle von G. SCHWEINFURTH.

zur Hautmassage veranlaßt würden, oder daß die Affen degenerierte Menschen seien. Er erwartete, daß man ihn mit ernstesten Gründen widerlegte, und freute sich diebisch, wenn er den Gegner gequält hatte, um dann plötzlich lachend den Disput abzubrechen. Oder er dichtete aus dem Stegreif die köstlichsten Knittelverse, wenn ein drolliges Karawanenerlebnis oder eine Beduinengeschichte berichtet wurde.

Ich kann mir SCHWEINFURTHS Bild in der Wüste nicht denken, ohne seinen syrischen Diener TANNOS; eine treue Seele, unterwürfig wie ein Haussklave, hilfsbereit wie ein Sohn und durch seine schüchtern vorgebrachten Einwürfe gegen die Anordnungen seines Herrn oft von einer grotesken Komik; wenn TANNOS die beiden Dackel mit aufs Kamel nahm und deren braune Köpfe aus dem faltigen

Mantel herausschauten, war er unstreitig die interessanteste Figur unserer Karawane.

In späteren Jahren war ich oft bei SCHWEINFURTH in Berlin, aber hier im kleinen Gärtnerhaus

afrikanischen Wüste besonders gefördert worden sind, so stehen, indem ich von den floristischen Arbeiten absehe, in erster Linie seine musterhaften *Kartenaufnahmen*. Kein anderer hat vor ihm

versucht, das Relief und die Uadisysteme eines Wüstenlandes oder die Eigenart des ariden Klimas darzustellen und ihnen jenemorphologische Durchsichtigkeit zu geben, die es auch dem Geographen, der die Wüste nicht von eigener Anschauung kennt, möglich macht, sie als Wirkung häufiger Stürme und seltener Regengüsse zu erkennen.

Von fast ebenso bleibendem Wert sind die minutiös genauen Aufnahmen SCHWEINFURTHS über den geologischen *Schichtenaufbau* der Arabischen wie der Libyschen Wüste. Fußten doch selbst die Untersuchungen ZITTELS über das Profil des libyschen Oaseabfalls auf den von SCHWEINFURTH aufgenommenen Horizonten.

Mit besonderem Interesse studierte SCHWEINFURTH lange Jahrzehnte hindurch die Spuren der *paläolithischen Menschen* in den Nilseeterrassen bei Theben. Die von ihm entdeckten Werkstätten der Urmenschen auf den Höhen hinter dem Tal der Königsgräber waren eine ungemäin wichtige Ergänzung zu den Funden in der Terrasse von Qurna, und fast alle europäischen Museen besitzen die von ihm gesammelten Klingen, Faustkeile, Schaber und Spitzen aus jener uralten Kulturepoche.

Was SCHWEINFURTH an naturwissenschaftlichen Ergänzungen und Erläuterungen zu den Ausgrabungen der *Ägyptologen*

beigetragen hat, ist nur wenig an die Öffentlichkeit gedrungen, denn seine Hilfsbereitschaft war ebenso groß wie seine persönliche Bescheidenheit — ihm genügte es, anderen freigebig und selbstlos zu helfen, den Dank dafür fand er in sich selbst.

So steht dieser geistreiche, gedankenreiche und kenntnisreiche Mann vor uns als ein hervorragender



Verkleinerte Originalkarte der Wüste bei Heluan. Von G. SCHWEINFURTH.

des altbotanischen Gartens oder später in seiner Privatwohnung war es immer wieder die Wüste, die uns fesselte und deren reiche Problemstellung der Gegenstand tagelanger Diskussionen war.

Wenn ich versuchen soll, zum Schluß herauszuheben, welche Probleme durch die langjährigen Reisen und Arbeiten SCHWEINFURTHS in der nord-

Forscher und als bedeutender Mensch. Einsam hat er gelebt, und einsam war sein Lebensabend; aber gerade in dieser Selbstgenügsamkeit zeigte sich seine ganze innere Größe.

Seine ganze Liebe galt dem Lande, das der

heilige Nil durchströmt und das die große einsame Wüste umgibt, über deren Eingangspforte er die Worte des großen Anachoreten schreiben wollte:

O beatam solitudinem,
o solam beatitudinem.

Schweinfurths Bedeutung für die Ägyptologie.

Von G. ROEDER, Hildesheim.

Von der Seite eines dem Verstorbenen nahestehenden Naturwissenschaftlers ist ausgesprochen worden, daß Ägypten im Mittelpunkt der Arbeiten von GEORG SCHWEINFURTH gestanden hat. An derselben Stelle ist ihm nachgerühmt, daß er in den Dynastien Bescheid wußte und mit Problemen der Ägyptologie vertraut war. Ich darf hieran anknüpfen und versichern, daß jeder Ägyptologe, der mit SCHWEINFURTH über irgendeine Aufgabe seiner eigenen Wissenschaft sprach, bei ihm auf volles Verständnis für alle Einzelheiten rechnen durfte. Ich meine damit natürlich nicht eine unbedingte Zustimmung, am allerwenigsten zu den rein philologischen oder historischen Fragen. SCHWEINFURTH kannte auch diese und wußte die selbständige Bedeutung philologischer Arbeit anzuerkennen. Aber er hatte auch die schwache Seite rein philologischer Arbeit oft erfahren und stand ihr mit der berechtigten Kritik gegenüber, die der weitblickende Naturforscher gerade in diesen Fällen zu haben pflegt. SCHWEINFURTH war in seinen Urteilen souverän, und das prägte sich auch in diesem Falle aus. Was sein Urteil für uns Ägyptologen so wertvoll machte, war, daß er sich als Naturforscher frei von Eigenheiten hielt und mit feinem Verständnis der Arbeitsweise anders gerichteter Gelehrter zu folgen wußte. Er hat niemals ohne Kenntnis der Bedeutung eines wissenschaftlichen Problems über dieses abgeurteilt, sondern hat sich bis in das hohe Alter hinein, das sonst einer solchen Denkweise nicht geneigt zu sein pflegt, in fremde Gedankengänge hinein zu versetzen gesucht und gewußt. Darin lag der Wert seines Urteils für uns begründet.

Nun hat jedes Ding im Leben neben seiner ersten auch seine scherzhafte Seite. Niemand von uns wird es vergessen, mit welchem Feuer, das er auch als Greis noch besaß, SCHWEINFURTH gegen die Eigenheiten von Untersuchungen in der Ägyptologie Stellung nahm. Er, der in der Beobachtung von gegebenen Tatsachen der Natur aufgewachsen war und durch seine Forschungsreisen sich zur vielseitigen Beobachtung erzogen hatte, konnte es nicht billigen, wenn ein Ägyptologe es unternahm, allein aus literarischen Quellen das antike Leben wieder erwecken und schildern zu wollen. Liefen einem solchen Irrtümer unter, die SCHWEINFURTH durch eigene Beobachtungen in Innerafrika berichtigen konnte, geißelte er den methodischen Fehler des Ägyptologen mit aller Schärfe. Ebenso rückhaltlos war seine Kritik an der Durchführung von Ausgrabungen in Ägypten. Es war nur zu

begreiflich, daß er, dem die naturwissenschaftliche Exaktheit in der Feststellung von Tatsachen und die selbstlose Zurückhaltung des Forschers gegenüber dem Objekt selbstverständlich war, Anstoß nehmen mußte, wenn bei Grabungen am Ende des 19. Jahrhunderts den Einzelfunden nicht die nötige Sorgfalt zuteil wurde. Unsere Wissenschaft stand damals noch in den Anfängen, und weder Grabungstechnik noch Konservierung waren genügend ausgebildet. Man fahndete mehr nach Fundstücken, als daß man ihre sachgemäße Bergung für eine wissenschaftliche Aufgabe ansah. Wie lebhaft konnte SCHWEINFURTH schelten, wenn er erzählte, daß ein Ägyptologe in der Grabung Pflanzenreste oder Getreidekörner und Früchte von Sträuchern gefunden habe, sie aber als wertlos beiseite warf oder gar unpräpariert in die Tasche steckte! Ein Zeichen innerer Größe war es aber bei ihm, daß er auch in solchen Augenblicken jede persönliche Polemik vermied und immer nur auf die Sache blickte.

SCHWEINFURTHS Anregungen sind in der Unterhaltung sehr vielen Ägyptologen zuteil geworden. Sein Doppelleben in Ägypten und in Deutschland oder anderen europäischen Ländern brachte ihn während des Aufenthalts in jenen Ländern oder während seiner Reisen mit einer außerordentlich großen Zahl von Gelehrten zusammen. Er war immer mitteilksam und anregend, auch den Jüngeren gegenüber, denen er gern eine Vorstellung von dem gab, was sie erreichen sollten. Und hatte einer von uns eine Frage an ihn, so war er unermüdlich darin, die richtige Antwort zu beschaffen und ausführlich mitzuteilen. Jeder von uns hat wohl als Erwiderung von ihm Briefe erhalten, die mit gründlicher Prüfung und vielseitiger Orientierung der gestellten Frage oder einer mündlichen Erörterung nachgehen. Immer fügte seine geschickte Hand schwarze oder farbige Zeichnungen hinzu, die er seinen Skizzenbüchern oder Pflanzenpräparaten entnahm. Die persönliche Anregung und Belehrung, die SCHWEINFURTH auf jede Weise dem einzelnen Ägyptologen hat zuteil werden lassen, kann in ihrem Umfang und in ihrer Wirkung nicht hoch genug eingeschätzt werden. Sie ist in gedruckten Werken nicht festzustellen und mit keinem Maß zu messen, aber sie besteht in Samenkörnern, die an unendlich vielen Stellen aufgegangen sind und zahlreichen Einzeluntersuchungen ihre Richtung gegeben haben. Die Archäologen in ihrer Gesamtheit wissen die Bedeutung von SCHWEINFURTH als Erzieher in

ihrer Wissenschaft rückblickend außerordentlich hoch einzuschätzen, und viele von uns werden dankbar seiner Anregungen gedenken. Wo in einer ägyptologischen Arbeit vielleicht nichts weiter steht als ein knapper Hinweis auf die Mitteilung SCHWEINFURTHS, da liegt in Wirklichkeit ein Brief von ihm zugrunde, der wie eine Untersuchung durchgearbeitet ist, Belege und Briefauszüge enthält und allen wichtigen Nebenfragen und Einzelheiten nachgeht.

Es ist mir in diesem Zusammenhange eine Genugtuung, den Wortlaut des Schreibens veröffentlichten zu dürfen, das von den deutschen und den ihnen nahestehenden Ägyptologen an SCHWEINFURTH zu seinem 80. Geburtstage gerichtet wurde. Es lautet folgendermaßen:

Hochverehrter Herr Professor!

Der heutige Tag, an dem Sie auf acht Jahrzehnte eines an Arbeit und Erfolg reichen Lebens zurückblicken, läßt auch uns Ägyptologen an alles das denken, was Sie für unsere Wissenschaft geleistet haben.

Als Sie vor mehr als 30 Jahren mit den Ägyptologen in Berührung traten, waren diese zwar auch schon auf dem kulturhistorischen Gebiete bemüht, aber sie legten dieser Arbeit die schriftliche und monumentale Hinterlassenschaft der Ägypter zugrunde. Alle die anderen Reste der alten Kultur blieben in ihrer Unscheinbarkeit unbeachtet und gingen vor unseren Augen ungenützt zugrunde. Diese Unterlassungssünde haben Sie als ein naturwissenschaftlich geschulter Beobachter zuerst in ihrer ganzen Schwere erkannt und haben es sich nicht verdrießen lassen, einem nach dem anderen von uns darüber die Augen zu öffnen. Durch Ihr Beispiel und ihre Arbeiten haben Sie uns erzogen und haben uns gezeigt, daß aus Pflanzen und Steinen und Ziegelbrocken wichtige Dinge zu lernen sind, von denen kein Bild und keine Inschrift je berichten wird.

So haben Sie unseren Gesichtskreis erweitert, und wenn Sie auch zuweilen bei uns Rückfälle in die alte Einseitigkeit beklagen mögen, im ganzen können Sie doch wohl zufrieden sein mit dem, was Sie bei Ihren ägyptologischen Schülern erreicht haben. In Ihnen verehren wir einen Führer und Lehrer, der, ohne seine Zeit mit nutzloser Polemik zu verlieren, in ununterbrochener sachlicher Tätigkeit seinen Weg geht bis ans Ende. Wir wissen, daß Ihr Name auch in unserer Wissenschaft ebenso bleiben wird wie in den anderen, denen die Hauptarbeit Ihres Lebens gewidmet ist.

Das Ihnen heute einmal auszusprechen und Ihnen von Herzen zu danken, war uns ein Bedürfnis.

Den 29. Dezember 1916.

AD. ERMAN. — H. ABEL. — FR. W. FRH. VON BISSING. — L. BORCHARDT. — K. DYROFF. — H. GRAPOW. — H. JUNKER. — H. KEES. — L. KLEBS. — C. KÜTHMANN. — J. LEIPOLDT. — E. LEVY. — E. MAHLER. — E. MEYER. — G. MÖLLER. — M. PIEPER. — R. PIETSCHEMANN. —

B. POERTNER. — H. PRINZ. — H. RANKE. — N. REICH. — L. REINISCH. — G. ROEDER. — O. RUBENSOHN. — A. RUSCH. — H. SCHÄFER. — C. SCHMIDT. — W. SCHUBART. — K. SETHE. — W. SPIEGELBERG. — G. STEINDORFF. — A. WEIL. — A. WIEDEMANN. — H. WIESMANN. — U. WILCKEN. — W. WRESZINSKI.

In der Liste der Unterzeichneten ist bemerkenswert, daß nur ein Teil der Namen solchen angehört, die Ägyptologen im Hauptberuf sind. Man findet Historiker, Theologen und Gräzisten dabei, die mit der Ägyptologie in enger Fühlung stehen und so auch ihr Verhältnis zu SCHWEINFURTHS Arbeitsgebiet gewonnen haben. Gerade diese Vielseitigkeit ist wohl bezeichnend für die Ägyptologie, aber sie ist ein schönes Zeichen für den weiten Blick SCHWEINFURTHS, der zu allen Wissenschaften die Brücke zu finden wußte, bei denen die Erforschung der ägyptischen Geschichte und Kultur hineinspielt.

Wenn ich nun von den gedruckten Beiträgen SCHWEINFURTHS zur Ägyptologie sprechen möchte, so darf ich als bekannt voraussetzen, was die Bibliographie mitteilt, und brauche nicht eine vollständige Aufzählung aller dieser Arbeiten zu geben. SCHWEINFURTH selbst hat in der Zusammenstellung „Veröffentlichte Werke, Landkarten, Aufsätze und Briefe, 1858—1916“ 2 Abteilungen hergestellt, die wir unserer ägyptologischen Wissenschaft zurechnen dürfen. Gruppe VI. „Steinzeit“, enthält 31 Aufsätze, von denen die meisten Ägypten betreffen und fast alle auf die ägyptischen Funde Bezug nehmen. Teilweise handelt es sich um die Feuersteinwerkzeuge aus der allerfrühesten Steinzeit, die der Historiker nicht als Denkmäler im Sinne seines Arbeitsmaterials anzusehen pflegt. In dem Streit darüber, ob die grob gestalteten Gegenstände überhaupt von Menschen hergestellt oder nicht etwa von der Natur gestaltet sind, nahm SCHWEINFURTH sofort für die erstere Auffassung Partei. Er betonte von Anfang an mit aller Entschiedenheit, daß hier wie die Titel seiner Aufsätze sagen, „Artefakte“ oder „Manufakte“ vorliegen, und er hat später Beweise für den engen Zusammenhang geliefert, in dem diese frühen Steingeräte mit den späteren stehen. Diese späteren Steinwerkzeuge hat SCHWEINFURTH sorgfältig nach Typen gegliedert, und er hat der Ägyptologie dadurch Denkmäler vorgelegt, die rückwärts weit über den Kreis derer hinausreichen, mit denen sie zu arbeiten gewöhnt war. Die Geschichte Ägyptens, die für den ägyptologischen Archäologen eigentlich erst mit Plastiken, Tongefäßen und Zeichnungen beginnt, ist durch die Funde aus ägyptischen Steinwerkstätten nicht nur um einige Jahrtausende, sondern vielleicht um eine viel längere Zeit rückwärts ausgedehnt worden. Diese älteste Epoche der ägyptischen Vorgeschichte ist durch SCHWEINFURTHS weiten Blick und durch seine sorgfältige Untersuchung der Fundstücke zu einem festen Bestandteil der

Entwicklungsgeschichte des Niltals gemacht worden. Weiter erkannte SCHWEINFURTH unter den ägyptischen Feuerstein-Arbeiten Stücke, die bei anderen Völkern gar nicht oder nicht in solcher Feinheit der Ausführung hergestellt waren. Einer der Aufsätze in der Gruppe „Steinzeit“ würdigt einen Ring aus Kieselmasse, andere behandeln plastische „Tierbilder als Kieselartefakte“. Hier ahnte er die technische und künstlerische Überlegenheit voraus, die in geschichtlicher Zeit bei den Ägyptern im Vergleich zu ihren Nachbarn vorhanden war, und er wußte die reizvolle Schönheit dieser Stücke den Beschauern in recht lebendiger Weise begreiflich zu machen. Man darf nicht vergessen, daß diese Veröffentlichungen von SCHWEINFURTH schon 1885 beginnen und daß seine Gedankengänge und Auffassungen den zünftigen Archäologen, die zunächst, wenigstens in Deutschland vorzugsweise, von der großen Kunst ausgingen, nicht geläufig waren. Wenigen Gelehrten war es damals von vornherein selbstverständlich, daß auch den Arbeiten einer primitiven Epoche ein künstlerischer Reiz innewohnen könne.

In der erwähnten SCHWEINFURTH-Bibliographie umfaßt Gruppe VII, „Archäologie und alte Geographie“, 51 Arbeiten — eine stattliche Zahl! Einem Manne, der diese Aufsätze von 1875 an geschrieben hat, konnte die alte Geschichte Ägyptens nicht ein nebensächliches Interesse sein. Das sieht man auch an den Titeln. Auf jeder Reise werden die Beobachtungen von der Natur auf die Geschichte der menschlichen Tätigkeit an den besuchten Orten ausgedehnt, gleichviel, ob es sich um die Oasen oder um Klöster, Tempel und Gräber in Ägypten handelt. Von besonderem Werte sind uns die Aufnahmen und Schilderungen von den Resten der Tätigkeit der alten Ägypter in den Wüsten. Selten ist jemand an diese entlegenen und schwer zugänglichen Orte gekommen, und für einige Steinbrüche, Bergwerke, oder Karawanenstraßen besitzen wir bis heute kaum ein anderes oder besseres Material als das von SCHWEINFURTH. Dabei erinnere man sich, daß es sich um Reisen in einer Zeit handelt, in der es wirklich noch eine Leistung darstellte, tief in der Wüste fern vom Wasser nicht nur einmal schnell hindurch zu reiten, sondern auch zu arbeiten und gefüllte Mappen mit nach Hause zu bringen. Ich schreibe diese Zeilen in Kairo, von wo aus man heute in einem einzigen Tage nach den Oasen Siwa und El-Charge oder in das Innere der Sinai-Halbinsel gelangen kann, und zwar als gewöhnlicher Tourist, nicht etwa durch eine besondere Expedition. Da muß ich die Leser bitten, die Vorbereitungen und Entbehrungen nicht zu vergessen, die damals mit einem Kamelritt von mehreren Wochen und einem Lagerleben nach Beduinenart verbunden waren.

Fast in jedem Winter lebte SCHWEINFURTH in Ägypten und hatte dort die Ausgrabungen im Auge, die Jahr für Jahr von den Franzosen und

Engländern, später auch von den Deutschen, Amerikanern und anderen unternommen worden sind. In jedem Winter schickte er Aufsätze über Ergebnisse dieser Grabungen, die ihm wichtig erschienen, nach Deutschland, auch an die Presse anderer Länder. Sieht man heute diese Berichte durch, so hat man die Geschichte der Ausgrabungs-Archäologie jener Jahrzehnte vor Augen, nicht vollständig und nicht erschöpfend, aber mit richtigem Blick für Wesentliches. Hier ist es eine Plauderei in einer Tageszeitung, dort ist es ein sachlicher Hinweis für die europäischen Gelehrten der einzelnen Fachwissenschaften, besonders der Anthropologie. Dazwischen kommt einmal ein geharnischter Protest gegen die Ausgrabungsmethoden oder Vorschläge zum Schutz der im Boden stehenden oder ruhenden Altertümer. SCHWEINFURTH würde heute nicht anders schreiben, und man sollte seine Worte auch jetzt noch mit Aufmerksamkeit lesen. Für Ägypten ist die Zeit noch keineswegs herangereift, in der man dort die Ausgrabungen und die Denkmalpflege ebenso betreibt, wie wir es bei uns als Ergebnis langjähriger Erfahrungen tun.

Aus SCHWEINFURTHS Beobachtungen greife ich ein paar Einzelheiten heraus. In „Westermanns Monatsheften“ von 1895 veröffentlichte er einen Aufsatz über „Ein altes Stauwerk aus der Pyramidenzeit“. Mit dem vielversprechenden Titel hat er nicht übertrieben. Der lange Zeit schwer erreichbare Aufsatz ist vor wenigen Jahren in einer kleinen Auswahl seiner Ägypten betreffenden Schriften „Auf unbegangenen Pfaden in Ägypten“ o. ä. wieder abgedruckt, und so kann man sich leicht selbst überzeugen, um welche Anlage es sich handelt. Das Stauwerk liegt nicht weit von Kairo entfernt. Mit einem guten Esel kann man es in einem knappen Tage besichtigen, wenn man von Heluan, dem Kurort am libyschen Wüstenrande, aus nach Süden reitet und dann links in ein steiniges Tal hineinbiegt. Wir haben für diese Anlage bis heute keinen anderen Bericht und keine besseren Photos, als SCHWEINFURTH damals genommen hat, obwohl die Gegend höchst interessant und, wie gesagt, leicht erreichbar ist. Aber der Strom der Fremden wie der Fachleute flutet auf anderen Wegen. Im Wadi Gerrawi, wie jenes einsame Tal heißt, liegen Alabasterbrüche, die im Alten Reiche (Mitte des 3. Jahrtausends v. Chr.) ausgebeutet sind, und im Zusammenhang mit diesem Betriebe ist am Ausgange des Wadis ein Damm quer über das Tal hinweg gezogen, der das Regenwasser aufstaut, wenn es einmal aus der Wüste herabströmt. Das kommt nicht oft vor, in manchen Wintern überhaupt nicht; im Altertum vielleicht häufiger, aber auch das ist unsicher. Das Wasser ist dann für die Bewässerung der Felder nutzbar gemacht worden, auf denen jeder Tropfen wichtig ist, da ja ägyptische Felder nur durch fließendes Wasser getränkt werden, niemals durch Regen, der nur in der Wüste fällt. Eine ganze Reihe von wichtigen Problemen der Bau-

ausführung, der Bewässerung und der Klimatologie hängen mit dem Stauwerk von Wadi Gerrawi zusammen, und es wäre nur zu wünschen, daß sich jemand einmal genauer mit der Anlage beschäftige, der in Kairo lebt und Zeit für eine solche Arbeit aufwenden kann. Er wird nach den heutigen wissenschaftlichen Methoden und Gesichtspunkten natürlich manches über SCHWEINFURTHS Beobachtungen hinaus gewinnen können, aber des Altmeisters Name würde auch dabei mit Achtung und Dankbarkeit genannt werden.

Ebenso steht es mit dem Aufsatz über die Porphyrbrüche am Mons Claudianus in der arabischen Wüste, der auch in dem erwähnten Ägyptenbuche SCHWEINFURTHS abgedruckt ist. Dort liegen, einige Tagesritte zu Kamel sowohl von Ägypten wie vom Roten Meere entfernt, die von den Römern betriebenen Brüche auf Porphyr, den die alten Ägypter so gut wie gar nicht abgebaut und in ihrer Kunst verwendet haben. SCHWEINFURTH hat sich auf einem Wüstenritt dort, wenn auch nur kurz, aufgehalten und hat Aufzeichnungen mitgebracht, die unsere einzige Quelle für die verlassene Stadt bilden. Es läßt sich ja denken, daß man von dort nichts weggeschleppt hat; die Bedürfnisse der Beduinen, die allein als Räuber in Frage kommen, sind gering, und Gewinnung von Altertümern ist dort nicht ertragreich. Man staunt über die gute Erhaltung der Häuser, die SCHWEINFURTH mit Stift und Pinsel in feinen Zeichnungen festgehalten hat. Seine Beschreibung des Befundes verrät den geschulten Kenner, der auch historische Gegenstände richtig zu würdigen weiß.

Einen wesentlichen Punkt von grundsätzlichem Interesse darf ich nicht zu erwähnen unterlassen, bevor ich diesen Bericht über die Bedeutung SCHWEINFURTHS für die Ägyptologieschließe. Er, der die Kultur des Pharaonenreiches gut kannte, hat auf seinen Reisen durch Innerafrika vieles gesehen, das ihm als Fortwirkung altägyptischen Einflusses entgegentrat. Ethnologische Tatsachen, von SCHWEINFURTH neben solche aus dem Leben der alten Ägypter gestellt, sind für uns von hohem Interesse. Ich erinnere an SCHWEINFURTHS Besuch bei dem König der Mangbettu, der ihn mit seinem Kupferschmuck auf dem Throne empfing, in der Hand das Sichelschwert, auf dem Kopfe eine hohe Krone. Schwert, Krone, Schmuck und manches andere muten den Forscher wie von den Pharaonen vererbte Trachtteile an, und er stellt bei dem Negervolke den noch heute fortwirkenden Einfluß der überragenden altägyptischen Kultur fest. Später entdeckt er das Zwergvolk der Akka — mit einem Male wird ihm klar, daß hier die Zwerge zu suchen sind, von denen die Ägypter des 3. Jahrtausends berichten, als sie an den oberen Nil gekommen waren und von dort, wohl im Austausch durch Mittelsvölker, die begehrten „Zwerge“ mitbrachten. Es waren keine künstlich verkrüppelten

oder in der Entwicklung zurückgebliebenen Menschen, sondern eine ungewöhnlich kleine Rasse. Im Nital wurden sie am königlichen Hofe oder in vornehmen Haushaltungen verwendet, meist wohl nur als Spaßmacher, aber vielleicht auch ständig zur Herrichtung von Schmuck und als Künstler der Metalltechnik. Wenn das auch im einzelnen nicht klar ist, so hat uns SCHWEINFURTH doch den Weg gewiesen, auf dem wir die Herkunft jener kleinen Menschen zu suchen haben.

Ich muß abbrechen. Wer in irgendeine größere ägyptische Sammlung tritt, blicke um sich, ob er nicht eine Spur von SCHWEINFURTHS Wirken in ihr erkennt, bevor er von dem Leiter hört, daß die Kenntnisse und der Fleiß des tätigen Mannes auch hier, unsichtbar für den Besucher und doch belebend, gewirkt haben. Das Suchen wird meist erfolgreich sein. Hier liegt vielleicht in einem Schaupt ein Satz der Eolithen, die er, besonders in Theben auf dem Westufer, gesammelt hat. Dort hängen an der Wand in Rahmen koptische Stoffe, die er in den Stadtruinen von Krokodilopolis im Fajum oder von Achmim in Mittelägypten aus dem Schutt herausgesucht und sorgfältig präpariert hat. Und dort liegen im Schranke ein paar Pflanzen, sorgsam geglättet und unter Glas gebracht, mit den unverkennbaren Zügen in SCHWEINFURTHS Handschrift, die Namen, Fundort, Datierung und Beschreibung mit der Mischung von umfassender Kenntnis und peinlicher Genauigkeit festhält, die dem Meister eigen war. Einst lagen die Blüten, Zweige und Geflechte vielleicht auf einem Sarge, von trauernden Angehörigen im Augenblicke des letzten Abschieds dort gelassen. Hätte SCHWEINFURTH die unscheinbaren Gaben nicht gerettet, wären viele von ihnen gewiß nicht auf uns gekommen, sondern achtlos vernichtet oder schlecht geborgen.

So lebt nicht nur der Geist SCHWEINFURTHS bei den dankbaren Ägyptologen weiter, sondern seine Gaben liegen jedem sichtbar in unseren ägyptischen Sammlungen. Er wird uns unvergessen bleiben. Für die jetzt heranwachsende Generation der Ägyptologen habe ich den Wunsch, daß etwas von der Klarheit seines Urteils, die das Wesentliche nie übersah, etwas von der Vielseitigkeit seiner Anschauung, der sich sofort die Probleme erschlossen, und etwas von der Exaktheit des erfahrenen Naturforschers in ihre historischen Arbeiten übergehen möge. Dadurch möge die Geschichte es ausgleichen, daß SCHWEINFURTH in seinen letzten Lebensjahren die Anerkennung aus Ägypten versagt blieb, die er verdient hat und die er erhalten hätte, wenn nicht politische Ereignisse einer Gruppe von Gelehrten den Blick durch Gesichtspunkte getrübt hätten, die mit Wissenschaft nichts zu tun haben. Auch darin zeigte sich die Größe des Verstorbenen: Er übersah die Kleinlichkeit jener Gegner.

Zur Krisis in der Psychologie.

Bemerkungen zu dem Buch gleichen Namens von HANS DRIESCH¹⁾.

Von K. KOFFKA, Gießen.

Die wissenschaftliche Psychologie kann nicht behaupten, daß sie eine populäre Wissenschaft sei: ihre Bestrebungen finden außerhalb des engeren Fachkreises nur wenig Wiederhall. Es ist also ein erfreuliches Zeichen, wenn HANS DRIESCH, Philosoph und Naturforscher, sich mit besonderem Nachdruck der Psychologie annimmt. Nichts sei, so sagt er im Gegensatz zu RICKERT, für einen Philosophen weniger gleichgültig als der Umstand, welcher Art von Psychologie er sich verschreibt (S. 62). Die Entscheidung hierüber, so fundamental sie sei, würde dadurch so schwierig, „daß die ‚offizielle‘ normale Psychologie im Laufe der letzten Dezennien eine der problematischsten Wissenschaften geworden ist, und daß kaum eine wissenschaftliche Revolution unserer Zeit mit der verglichen werden kann, welche die normale Psychologie betroffen hat“ (S. 2).

Diese Krise ist nun weder eine rein interne Angelegenheit der Psychologie noch ein der Philosophie vorbehaltenes Problem. Sie hängt aufs engste mit prinzipiellen Fragen der Naturwissenschaft zusammen. Der Naturforscher DRIESCH sieht eine enge Parallele zwischen der heutigen Psychologie und Biologie. Es scheint mir daher berechtigt, in den *Naturwissenschaften* über die Krise in der Psychologie zu berichten, indem ich kritisch zu den Ausführungen DRIESCHS Stellung nehme.

Die Krise betrifft nach DRIESCH die normale Psychologie, die Psychophysik, die Pathopsychologie und die Parapsychologie. Für die normale Psychologie sei das Problem des „Sinns“ und der „Anreicherung mit Sinn“ brennend geworden, in der Psychophysik verlange das Leib-Seele-Problem nach neuer Lösung, durch die moderne Entwicklung der Psychopathologie sei das Problem des Unterbewußten in den Vordergrund gerückt, und die Parapsychologie habe neue Tatsachen von entscheidender wissenschaftlicher und metaphysischer Bedeutung ans Licht gebracht.

Die Lösung der Krise sieht DRIESCH, um dies gleich vorweg zu nehmen, in seinem Vitalismus und dessen metaphysischen Konsequenzen. Nach der Darstellung von DRIESCH sieht es so aus, als ob in der Biologie der Vitalismus endgültig gesiegt habe, so daß eine vitalistische Psychologie eine Erweiterung allgemein anerkannter natur-

wissenschaftlicher Prinzipien sei. „Die moderne Lösung des ‚Leib-Seele-Problems‘ schließt alles ein, was neu und bedeutsam an der Psychologie und an der Biologie ist“ (S. 241).

Sollte sich Driesch über die Wirkung seines Vitalismus so täuschen? Nach meinen Eindrücken ist der Vitalismus bei den Biologen heute nicht beliebter, nicht mehr anerkannt als früher. Gerade in einem Buch, das sich an ein allgemeines Publikum wendet, wäre meines Erachtens eine größere Zurückhaltung in diesem und manchem andern Punkt, vor allem in Sachen der Parapsychologie, zweckmäßiger gewesen. Andererseits aber verdient es besonders hervorgehoben zu werden, daß DRIESCHS Buch nicht populär im üblichen schlechten Sinn ist, sondern wirkliche Denkarbeit von seinen Lesern verlangt.

Unsere Hauptfrage wird im folgenden sein: Bringt der Vitalismus die Lösung für die Krise in der Psychologie? Und wieder soll vorgreifend die Antwort gesagt werden, die ich geben werde: Der Vitalismus vermag die Krise ebensowenig zu lösen wie der von ihm mit Recht bekämpfte blinde Mechanismus. Ja, die Krise beruht darauf, daß Mechanismus und Vitalismus miteinander streiten, als ob sie die beiden Glieder einer vollständigen Disjunktion seien.

Wenn ich jetzt zur Einzelbesprechung übergehe, so will ich noch vorausschicken, daß ich hier natürlich nur auswählen kann, und daß ich bei dieser Auswahl naturgemäß solche Punkte herausgreifen muß, in denen ich DRIESCH widerspreche. Daß es daneben auch viele Punkte gibt, in denen ich ihm zustimme, versteht sich zwar fast von selbst, mag aber noch besonders betont werden.

„Psychologie ist die Lehre von der *Mannigfaltigkeit* aller Etwasse, welche ich bewußt haben kann, und von den Gesetzen, welche die *Abfolge* dieser mannigfachen Etwasse in der Zeit beherrschen . . .“ (S. 5). Diese Definition ist, abgesehen von der Terminologie durchaus konservativ. Viele Psychologen, darunter der Verf., würden dem Bewußtsein nicht mehr solch zentrale Bedeutung einräumen. Aber für die folgenden Erörterungen mag diese Definition angenommen werden. Sie teilt der Psychologie zwei Aufgaben zu, eine statische, die Materialienlehre, d. h. eine Lehre von den Erlebniselementen und -komplexen, und eine psychologische Dynamik.

„Der wichtigste und wie man sagen möchte erstaunlichste Fehler der alten ‚klassischen‘ normalen Psychologie hatte darin bestanden, daß sie für das *Sinnhafte*, das *Bedeutungshafte* in

¹⁾ HANS DRIESCH, *Grundprobleme der Psychologie. Ihre Krisis in der Gegenwart*. Leipzig: Emmanuel Reinicke 1926. IX, 249 S. 14 x 22 cm. Preis geh. RM. 9.50, geb. RM. 12.—. Zuerst in englischer Sprache in Amerika erschienen als: *The Crisis in Psychology*.

unserm seelischen Leben... keine Erklärung bot" (S. 7), so charakterisiert DRIESCH völlig zutreffend. Dieser Mangel offenbare sich in beiden Teilen der Psychologie und müsse daher in beiden behoben werden, d. h. es muß Sinn schon unter den Elementen auftreten und es muß eine sinnmachende Dynamik geben.

Was sind nun Erlebniselemente und wie wissen wir von ihnen? „Ein erster Blick auf das ‚Etwas‘, welches ich erlebe, zeigt uns nun schon die Tatsache, daß dieses Etwas fast stets von zusammengesetzter Form ist, und daß ferner dieselben Arten des Elementaren in den verschiedenen Etwasen immer wiederkehren" (S. 8). Die Methode besteht darin, daß wir „uns so gewissenhaft und kritisch wie möglich vergegenwärtigen, was das eigentlich ist, was wir bewußt besitzen" (S. 9). Auf diese Weise findet DRIESCH 6 Gruppen von Elementen: a) Die reinen Qualitäten oder Solcheiten, entsprechend den Empfindungen der üblichen Psychologie. b) Raum- und Zeit-Data. c) Lust und Unlust; soweit ist DRIESCHS Elementenlehre in keiner Weise verschieden von der irgendeiner mechanistischen Psychologie. Nun aber fügt er hinzu d) die Ordnungsbedeutungen; nämlich „die unzurückführbaren und undefinierbaren logischen Urbedeutungen... wie *Dieses, Solches, Beziehung, Nicht, Soviel, Weil, Ganzes und Teil, Ordnung*. Ich habe alle diese Bedeutungen als *Gegenstände*, ebenso wie ich *Grün, Süß, Lust, Damals* bewußt habe" (S. 15), bewußt, aber freilich nicht anschaulich. e) Die Akzente des Wahrheitskreises; Erledigtsein — nicht-Erledigtsein. f) Die Existentialtönungen: empirisch wirklich, geträumt, erinnert, phantasiert usw.

„Elemente werden als Elemente wahrscheinlich nie erlebt; es scheint sogar, als ob in jedes seelische Erlebnis wenigstens ein Element aus jeder der sechs von uns aufgezählten Gruppen eintrete" (S. 19). Die Einteilung der Komplexe muß also nach den hervorstechenden Elementen erfolgen. So werden sie geschieden in anschauliche Erlebnisse, Gedanken, Gefühle und Willenserlebnisse.

Überblicken wir diese Materiallehre, so erscheint auch sie durchaus konservativ. Die Art, wie die seelischen Elemente eingeführt werden, wie die Selbstbeobachtung zu ihrer Entdeckung und Beschreibung benutzt wird, das Verhältnis der elementaren und komplexen Erlebnisse ist nicht anders als in andern älteren Psychologien auch. DRIESCH meint, daß sich in der Einführung sinnvoller Elemente der revolutionäre Charakter der modernen Psychologie offenbare (S. 15). Ich möchte umgekehrt darin ihren stark konservativen Zug erblicken. Mit der üblichen Elementenlehre war das Wesentliche des Psychischen nicht zu fassen. Revolutionär wäre es, diese selbst zu kritisieren und schließlich über Bord zu werfen. Statt dessen suchte man sie durch Einführung neuer Elemente zu verbessern.

Denn die neuen Elemente widersprechen ihrem ganzen Wesen nach dem Element-Komplex-

prinzip. Und es erscheint schlechthin falsch, daß die Wahrnehmung eines roten Kreises für die bloße Vergegenwärtigung (Introspektion) zusammengesetzt sei aus Qualität (rot), Räumlichkeit, Lusttönung, Ordnungsbedeutung (sie ist „eine solche und nicht eine nicht-solche"), Erledigungston („ich kenne sie bereits") und Existentialtönung (S. 19). Man kann das auch so ausdrücken: das Sinnvolle in unsern Erlebnissen kann nicht dadurch richtig beschrieben werden, daß man zu sinnlosen Elementen noch sinnvolle Elemente hinzufügt.

DRIESCHS Materiallehre hat aber ein besonderes Kennzeichen, das sie von der herkömmlichen unterscheidet: man hat oft vom Bewußtseinsstrom gesprochen und damit eine besondere Eigentümlichkeit des Bewußten, seine Dynamik gemeint. DRIESCH hält es für eine wichtige Entdeckung, daß diese Beschreibung falsch ist. Er leugnet, daß es ein unmittelbares Erlebnis der stetigen Zeit, und damit auch irgendeines Werdens, einer Veränderung, einer Aktivität gibt. „Ich habe jetzt diesen Inhalt und dann jenen und dann jenen andern usw.; aber ich habe nichts zwischen diesem und jenem andern. Und, was die Hauptsache ist, ich erlebe kein Tun, kein Machen zwischen ihnen in bewußter Form. Ein Geknatter elektrischer Funken würde ein besseres Bild für das sein, was die zeitliche Abfolge der bewußten Erlebnisse wirklich ist, als jenes Wort von einem ‚Strom‘" (S. 36/37): Diese These ist ein Hauptbestandteil von DRIESCHS Psychologie; wie ein roter Faden zieht sie durch das ganze Buch, sie ist eine der Hauptsäulen, auf denen das vitalistische Gebäude ruht.

Wir müssen daher, ehe wir zu den Folgerungen übergehen, diese These prüfen. Wenn sie wahr ist, so haben sich nicht nur alle Psychologen geirrt, sondern auch jeder naive Mensch wäre in der größten Täuschung über sein eigenes Bewußtsein befangen. Daß wir Veränderungen, Bewegungen *leibhaftig* sehen oder hören können (ein Glissando in der Musik), daß wir uns selbst aktiv fühlen, weitergetrieben und weiterschreitend, nicht nur jetzt dies, dann jenes Erlebnis habend, das ist jedenfalls die naive Meinung. DRIESCH selbst legt sonst auf die populäre Ansicht großen Wert: seine Erörterungen stellten, so meint er zum Schluß, „die *populäre Ansicht* vom Seelischen und seiner Beziehung zur mechanischen Welt *wieder her*... Die alltägliche Ansicht vom Seelenleben wird durch sie (sc. die moderne Psychologie) vertieft, aber nicht beseitigt" (S. 240). Doch scheut er sich nicht, in diesem Punkte eine der populären Ansicht so konträre These aufzustellen. Den Nachweis für diese These gibt er durch eine Analyse des Willenserlebnisses. Da findet er lauter statische Elemente und sonst nichts. Erhebt sich da nicht der Zweifel, ob dieses Resultat nicht durch die Art der Analyse bedingt sei? Es ist eine Lücke dieser Schrift, daß sie das schwierige Problem, das in der sog. Selbstbeobachtung vorliegt, nur streift, ohne auf seinen

Kern einzugehen (S. 20—22). Denn es ist doch zweifellos das, was ich unter bestimmten Bedingungen erlebe, von meiner eigenen Einstellung abhängig. Ehe nicht die Frage beantwortet ist: darf ich Eigenschaften, die ich bei analytischer Aufmerksamkeit vorfinde, den „gleichen“ Erlebnissen auch zuschreiben, wenn sie unter anders gerichteter Einstellung verlaufen?, schwebt DRIESCHS Methode in der Luft. Und da meines Erachtens diese Frage, wie ich an anderen Stellen zu zeigen versucht habe¹⁾, verneint werden muß, so ist Skepsis gegen DRIESCHS These um so mehr berechtigt. Es stimmt einfach nicht zur unvoreingenommenen Beobachtung, daß wir Bewegung nicht sehen können, wie DRIESCH in einem andern Werk behauptet²⁾, und, was ebenso schlimm ist, von dieser Ansicht aus ist die ganze moderne Entwicklung der Lehre vom Bewegungssehen, über die ich früher einmal in dieser Zeitschrift berichtet habe³⁾, völlig unverständlich. Ebensovienig stimmt es zur naiven Beobachtung, und dürfte heut auch kaum von einem forschenden Psychologen behauptet werden, daß wir Tiefe nicht sehen können. DRIESCH aber meint, wenn ich einen Körper als Körper bewußt habe, so *meine* ich zwar den mittelbaren körperlichen Gegenstand, ich *sehe* aber einen unmittelbaren Gegenstand mit nur zwei Dimensionen, nämlich als Ebene besonderer Farbe, Form und Klarheit. „Seine dritte Dimension, die der Tiefe, die *habe* ich freilich auch, aber nicht auf optischem, sondern auf motorischem Wege, indem ich nämlich gewisse Leibesempfindungen in meinem Auge als Folge der sog. Akkomodation bewußt erlebe(!). An diese Akkomodation sind wir so gewöhnt, daß wir immer wieder in Versuchung kommen, zu glauben, wir „sähen“ die dritte Dimension, welche wir doch nur motorisch erleben“ (S. 81). Hier zeigt sich wieder, wie konservativ, wie wenig modern, im Grunde DRIESCHS Psychologie ist. Diese Ansicht über die Stellung der dritten Dimension war in einer früheren Generation Gemeingut einer Schule von Forschern, obwohl sie schon von HERING (1864) und STUMPF (1873) verworfen wurde. Und weiter, um diese Ansicht zu stützen, muß DRIESCH zu Urteilstäuschungen seine Zuflucht nehmen, eine Hypothese, die in dieser Form seit KÖHLERS 1913 erschienenem Artikel⁴⁾ aus der Psychologie verschwunden sein sollte.

¶ Nach der Rolle zu urteilen, die diese Hypothese im gesamten vitalistischen System von DRIESCH, auch außerhalb seiner Psychologie spielt⁵⁾, gehört sie freilich zum notwendigen Rüstzeug vitalistischer Erklärungen.

Jedenfalls ist DRIESCHS Theorie der dritten Dimension keine schlichte Beschreibung des bewußt „gehabten“ Sachverhalts (wo habe ich etwa die Leibesempfindungen der Akkomodation!); wenn aber bei einem relativ so einfachen Phänomen Beschreibung und Deutung nicht klar getrennt gehalten werden können, wie viel weniger wird das dann in dem Fall zutreffen, auf den es uns in erster Linie ankommt, für DRIESCHS These von der diskret-statischen Natur des Erlebens!

Woher stammt diese These, wozu braucht sie DRIESCH, was leistet sie ihm? „Psychisches Tun und Handeln . . . und deshalb auch Denken und Wollen als Tätigkeiten genommen, gehören nicht zur bewußten Sphäre. Aber wohin gehören sie denn?“ (S. 34). Die Antwort gibt DRIESCH psychologische Dynamik. Sie hat die zeitliche Abfolge der bewußten Etwasse zu erklären, d. h. kausal zu verstehen. Kausalität im Erleben gibt es nicht. „Wir brauchen aber jetzt etwas unbewußtes, welches wird und wirkt, um die zeitliche Folge der bewußten Phänomene dynamisch zu erklären“ (S. 54). Aus der Tatsache des Gedächtnisses folgert DRIESCH, der jede physiologische Theorie des Gedächtnisses verwirft, daß Psychisches in zwei Formen auftreten kann, im Bewußtsein und im Unbewußten. Im Unbewußten, „von dem wir aber doch wissen(?!), daß es in einem sehr allgemeinen und unbestimmten Sinn psychisch ist“ (S. 38), befinden sich, „natürlich nicht im räumlichen Sinn des Worts“ (in welchem?) „diejenigen Gegenstände, welche in Zukunft bewußt erlebt werden können“ (S. 37); oder besser noch nach Beseitigung der mechanistischen Grundlagen dieses Satzes: befindet sich dort das Material, „welches fähig ist, jede beliebige neue Form der Kombination seiner Elemente anzunehmen“ (S. 50). Für dies Unbewußte wird dann der Name Seele, genauer „meine Seele“ eingeführt; „in meiner Seele gibt es *stetiges Werden*, gewissen Formen der Kausalität unterworfen“ (S. 53), „die Seele (ist) die unbewußte Grundlage meines bewußten Habens in seiner Gesamtheit und in seiner zeitlichen Abfolge“ (S. 53).

DRIESCHS Spezialtheorie von der statischen Natur des Bewußtseins gibt ihm also die Begründung seines psychologischen Vitalismus. Mit dem Begriff der Seele hat er erreicht, was ihm fehlte, einen Faktor, der mechanischen Kausalität entzogen, der seine eigne Dynamik besitzt und um sie zu verwirklichen, daneben bestehende mechanische Gesetzmäßigkeiten benutzt, gerade wie im Biologischen „die Kräfte der Materie der vitalen Entelechie zur Verfügung stehen“ (S. 121).

Was tut nun die Seele und wie tut sie es? Da der Ursachverhalt nicht nur heißt „ich habe bewußt etwas“, sondern „ich habe bewußt geordnetes Etwas“ (S. 56), und da die Seele die unbewußte Grundlage meines bewußten Erlebens ist, so zeigt „meine ursprüngliche Kenntnis der Bedeutung *Ordnung* und mein ursprünglicher Wille zur Ordnung dem Ich einen gewissen ursprüng-

¹⁾ Ann. d. Philos. 3, 3 (VAIHINGER Festschrift) 1922, S. 375—399 und Brit. Journ. of Psychol. 15, 2, S. 149 bis 161. 1924.

²⁾ Leib und Seele, 3. Aufl., S. 96 A. 1923.

³⁾ Naturwissenschaften 7, 597—605. 1919.

⁴⁾ Zeitschr. f. Psychol. 66, 51—80.

⁵⁾ Vgl. z. B. seine Philosophie des Organischen, 2. Aufl., S. 441 und 484. 1921.

lichen Zustand und eine ursprüngliche Dynamik meiner Seele an: Meine Seele ist auch im Besitz des Schemas *Ordnung*, sie aber kann noch dazu erfüllte *Ordnung machen* . . ." (S. 56). Ordnung ist also innerlichstes Wesen der Seele, alle Ordnung im Psychischen stammt hierher, und zwar aus einer *besonderen Organisation*, mit der die Seele begabt ist (S. 57).

In diesem Satz offenbart sich aufs Neue die im letzten statische Philosophie DRIESCHS, die ja auch ein wesentliches Kennzeichen seiner Philosophie des Organischen ist. „Jedes *einzelne* räumliche Faktum, das durch Entelechie herbeigeführt oder verändert wird, hat sein vorhergehendes *einzelnes* Korrelat in einem gewissen *einzelnen* Charakterzug der Entelechie". Was „zu der seltsamen Folgerung führt, daß *nichts eigentlich Neues im Universum geschehen kann*"¹⁾.

Und so mündet, wie mir scheint, sein Vitalismus in eine Maschinentheorie, denn die Seele im besonderen, und die Entelechie im allgemeinen, besteht aus einer Unzahl von Vorrichtungen, so daß jedem in der organischen Natur auftretenden Charakter ein bestimmter Teil der Entelechie zugeordnet ist. Daß dabei Entelechie und Seele als *intensive* und nicht als *extensive* Mannigfaltigkeit definiert werden, hilft garnichts, da wir uns irgendetwas Konkretes unter dieser Bestimmung ja doch nicht denken können.

Die Lehre von der Organisation der Seele hat aber weitere, und, wie ich glaube, für den wissenschaftlichen Fortschritt der Psychologie höchst bedenkliche Konsequenzen. Sie führt zu einem Apriorismus nach Art der alten angeborenen Ideen. So lehrt DRIESCH, um die Wahrnehmung der andern Ichs, des fremden Seelenlebens, zu erklären, eine angeborene Dugewißheit (S. 125, 105); „eine dumpfe instinktive Kenntnis von allgemeiner ‚Duheit‘“ (S. 90), mit deren Hilfe wir in jedem Einzelfall durch Analogie auf den Zustand des betreffenden Du schließen. Aber wir besitzen nach Driesch „eine ganze Menge angeborenen Wissens“ (S. 125). Dazu gehört u. a. das Kausalitätsbewußtsein, das moralische Gefühl als instinktives Wissen von unserer Zugehörigkeit zu einer überpersönlichen Gemeinschaft, das gesamte Triebleben.

Daher spielt im System von DRIESCH das Gehirn auch eine relativ untergeordnete Rolle. Dies Gehirn wird von DRIESCH genau wie von den extremen Mechanisten, als „ein präformiertes System von unzählbaren möglichen Verknüpfungen“ aufgefaßt (S. 103), nur daß eben die Seele das Gehirn *benutzt*, um gemäß ihrer ganzmachenden Tätigkeit reale Verbindungen zu schaffen.

Wenn wir also Ganzheiten, Gestalten, wahrnehmen, so beruht das, wie DRIESCH in einer andern Schrift²⁾ ausführt, darauf, daß die Seele aus den „rätselhaften Lokalzeichen oder Orts-

¹⁾ Philosophie des Organischen, 2. Aufl., S. 414. 1921.

²⁾ Ann. d. Philos. 5, 11. 1925.

werten“ strenge Ganzheit produziert. Und analog beim Denken: hier kommt Ganzheit zustande, indem determinierende Tendenzen in richtender Weise arbeiten, denen einschränkende Faktoren und assoziative Affinitäten zur Verfügung stehen, wie die Kräfte der Materie der vitalen Entelechie (S. 121).

Aus dem Gesagten wird man das System von DRIESCH im Umriß erkennen können. Alle Einwände, die man gegen den Vitalismus überhaupt erheben kann, treffen DRIESCHS Psychologie. Daß sie alles „erklären“ kann, ist natürlich kein Beweis für sie; von zwei kontradiktorischen Möglichkeiten kann sie so gut die eine wie die andere vertragen. Sie umfaßt bereitwilligst die ganze Parapsychologie, ja Telepathie ist ihr zufolge eigentlich leichter zu begreifen als die gewöhnliche Wahrnehmung, die in der Tat für DRIESCH das rätselvollste Problem der Psychologie überhaupt ist (S. 132); denn wenn die Rolle des Gehirns untergeordnet und nicht ganz zu begreifen ist, so ist Wahrnehmen ohne physische Vermittlung natürlicher, und nur ein weiterer Beweis für einen Sachverhalt, „zu dem auch die kritische Metaphysik auf verschiedenen Wegen führt“, nämlich, „daß alles Seelische im letzten Grunde Eines ist“ (S. 191). Freilich sollte sich — eine Möglichkeit, die DRIESCH garnicht erwähnt, da er von der Existenz mannigfacher parapsychologischer Tatsachen überzeugt ist (S. 186) —, herausstellen, daß parapsychologische Tatsachen nicht parapsychologisch, sondern sehr normal- oder pathopsychologisch sind, so würde auch das dem System keinen Stoß versetzen. Aus der Nichtexistenz parapsychologischer Tatsachen würden sich ebenso Eigenschaften der Seele ableiten lassen, wie aus ihrer Existenz.

Mit dieser Feststellung ist aber, so scheint mir, der Stab über das ganze System gebrochen. Bei aller Anerkennung der Gedankenarbeit DRIESCHS muß ich der wissenschaftlichen Klarheit wegen dieses scharfe Urteil aussprechen. Auf dem Boden dieser Psychologie können wir nicht einen Schritt weiter arbeiten. Keine Frage hätte mehr einen Sinn, denn alle Erklärung liegt von vornherein fest: soweit die physische Natur in meine Experimente eingeht, herrscht strenger Mechanismus ohne Sinn, ohne Ganzheit; wo ich diese finde, da ist die Seele mit ihrer Ganzheitsorganisation dafür verantwortlich. Wenn ich das vorher weiß, was soll dann eigentlich spezielle Forschung?

Diejenigen Leser, die auf die Gestalttheorie in irgendeiner Form gestoßen sind, wissen, daß diese Theorie versucht, die Krisis der Psychologie, und nicht nur der Psychologie, in radikal anderer Weise zu lösen. Nur wenn man den Mechanismus als einzige Form anorganischen Geschehens zugeibt, muß man vitalistische Prinzipien einführen. Demgegenüber zeigt die Gestalttheorie, daß der Mechanismus als ein Versuch, Reaktionen von Lebewesen aus der Anordnung fester, dem Organismus eignender Einrichtungen zu erklären, aus der

Fülle der physikalischen Möglichkeiten eine einzige, gänzlich unzureichende und auch gänzlich unwahrscheinliche herausgreift. Sobald man physikalische Systeme höheren Freiheitsgrades betrachtet, findet man Gebilde, die Ganz- oder Gestalt-Eigenschaften besitzen, d. h. die nicht summativ aus lauter einzelnen Teilen zusammengesetzt sind, sondern in denen alle Teile sich gegenseitig tragen und in ihren Lagen und Eigenschaften vom Ganzen her bestimmt sind. Die Gestalttheorie versucht also organisches Geschehen als Geschehen an physischen Gestalten zu erklären. DRIESCH ist dies natürlich nicht unbekannt, wenn er auch in dem Buch über Psychologie nur eine negative und recht dogmatische Bemerkung zur Gestalttheorie macht. Aber er hat an anderer Stelle¹⁾ die These verfochten, daß KÖHLERS physische Gestalten zwar *Einheiten*, aber nicht *Ganzheiten* wären, und darum in der Biologie versagen müßten. Freilich scheint mir, als ob er sich den Beweis sehr leicht gemacht hätte. Seine indirekten Beweise des Vitalismus sind alle so angelegt, daß sie eine strenge Maschinentheorie widerlegen; was physische Gestalten vital leisten können, darüber hat er keine eigenen Untersuchungen angestellt. Ebenso steht seine radikale Trennung von Wirkungseinheiten und wahren Ganzheiten auf recht schwachen Füßen, bevor im einzelnen, und nicht nur summarisch, aufgezeigt ist, was für Leistungen der letzten den ersten prinzipiell verschlossen bleiben müssen.

Dies ist aber eine Frage, die nicht auf dem Boden der Psychologie entschieden werden kann. Kehren wir daher zur Psychologie zurück. Dann steht die Sache folgendermaßen: DRIESCH versucht wieder nicht, eine nicht-vitalistische psychophysische Theorie in ihre Konsequenzen zu verfolgen, die im Nervensystem etwas anderes als eine Summe maschineller Vorrichtungen sieht. Stets argumentiert er so, als wäre die mechanistische Psychophysik, welche die Gestalttheorie noch weit radikaler bekämpft als er selbst, die einzige mögliche physikalisch-physiologische Theorie des psychischen Geschehens. Demgegenüber hat die Forschung des letzten Jahrzehnts, indem sie eine andere Funktionsart des nervösen Geschehens als Arbeitshypothese ansetzte, zahlreiche Resultate verzeichnen können, die mit ihren Grundvoraussetzungen in gutem Einklang stehen, aber für eine vitalistische Theorie lauter willkürliche und rätselhafte Sachverhalte bedeuten. Für die Erforschung der Bewegungswahrnehmung habe ich das schon früher dargelegt²⁾. Auch hier ist unsere Kenntnis inzwischen durch neue und entscheidende Tatsachen bereichert worden. Daneben gibt es aber jetzt schon auf den verschiedensten Gebieten Tatsachen über Tatsachen, die es schlechthin verbieten, in dualistischer Weise die Wahrnehmung aufzuspalten, in einen mechanisch-sensorischen und einen psychisch-produktiven Teil. Es ist nicht

so, wie DRIESCH sagt, daß Ganzheit dadurch entsteht, „daß zur Summe der Teile ein bestimmtes Ganzheitsschema hinzukomme“ (S. 65), auch wenn dies „Hinzukommen“ nicht „als ein äußerliches Sichanhängen, sondern — das richtige Wort fehlt wieder einmal — als ein Durchdringen zu denken“ ist (S. 65).

Muß es nicht schon bedenklich machen, daß ihm immer wieder das „richtige Wort fehlt“? Aber wir wissen es jetzt anders. Die Summe der Teile, zu der etwas, in welcher Weise immer, hinzutreten soll, existiert einfach nicht. Teile werden und sind Teile erst in den Ganzen, in denen sie auftreten; ihre Beschaffenheit ist von diesen Ganzen her bestimmt. Wir merkten schon früher an, daß die ganze Elementarlehre DRIESCHS nicht zu halten ist. Jetzt sehen wir warum. Die Seele ist nicht nach dem Muster eines Gefäßes zu denken, in dem etwas ist, sondern als dynamisches Geschehen unter bestimmten Bedingungen. Es gibt Bedingungen, unter denen dies Geschehen relativ sinnlos ist, andere, unter denen es ein Maximum an Sinn aufweist. Aber es ist absurd, in der einen Art von Geschehen Elemente der andern finden zu wollen. Elemente sind nie sinnvoll, d. h. Diener eines Ganzen, sondern isolierte Stücke. Sinn gibt es erst, wo Ganzheit vorliegt als dynamischer Sachverhalt. Durch Verkennen des Sinn-Problems war die Psychologie in eine Krise geraten, darin ist DRIESCH zuzustimmen. Aber durch sinnhafte Elemente ist sie aus dieser Krise nicht zu befreien.

Die fundamentale Frage der Psychologie lautet: wie wird ein Lebewesen unter bestimmten äußern und innern Bedingungen reagieren, wobei zu seinen Reaktionen seine Wahrnehmungen, Gedanken und Gefühle ebenso gehören wie seine Körperbewegungen und Drüsensekretionen. Auf allen Gebieten, dem der Wahrnehmung, des Denkens, des Lernens und Handelns finden wir, daß die Reaktionen gestaltmäßig verlaufen, nicht aus einer bloßen Summe von Teilreaktionen bestehen. Soweit könnten wir mit DRIESCH zusammengehen. Nun aber kommt der Scheideweg: wir schließen aus der Gestalttheit nicht die Übernaturhaftigkeit, sondern versuchen in strenger Kleinarbeit an konkreten Problemen, aber stets im Hinblick auf das große Ziel, herauszufinden, wie die organischen Systeme beschaffen sein müssen, die sich so verhalten. Ganz wie der Physiker bauen wir Hypothesen, die wahr, die aber auch falsch sein können, die also *nicht* alles und jedes Resultat erklären dürfen, und *prüfen diese Hypothesen durch Experimente*. Auch wir wollen im letzten wie DRIESCH eine Psychologie, welche Historiker und Soziologen verwenden können, aber wir glauben nicht, daß in DRIESCHS Lehre dem Historiker und Soziologen eine wohlbegründete Lehre zur Verfügung steht (S. 69). Statt dessen sind wir uns bewußt, daß in dieser Hinsicht noch fast alles zu leisten ist, aber freilich nur von einer Psychologie geleistet werden kann,

¹⁾ Ann. d. Philos. 5.

²⁾ Naturwissenschaften 7.

welche naturwissenschaftlich, im Sinn der Gestalttheorie, ist.

Ich brauche nur noch wenige Worte hinzuzufügen über die noch nicht besprochenen Teile des DRIESCHSchen Buches. Es würde viel zu weit führen, wollte ich zu den Begriffen des Unbewußten, des Unter- und Nebenbewußtseins Stellung nehmen. Sie entspringen, wie mir scheint, letztlich einer recht allgemein verbreiteten Überschätzung des Bewußtseins in der Psychologie. So kommt DRIESCH zu seiner Begriffsbestimmung: „die unbewußte Grundlage meiner als eines Subjekts, das heißt meine *Seele*“ (S. 206). Das ist wieder ganz substantiell und ganz statisch gedacht. Wie die Physiker, so müssen auch wir Psychologen lernen, uns vor diesem Trugschluß auf die substantielle Grundlage zu hüten. Dann werden wir auch eine sehr andere Einstellung zur sog. Parapsychologie einnehmen als DRIESCH. Auf der einen Seite scheint mir gegenüber den Resultaten der Parapsychologie die größte Skepsis nach wie vor am Platz. Wenn aber DRIESCH demgegenüber schreibt: „Man sollte sich in diesem Zusammenhang daran erinnern, daß dasselbe, was heute der Parapsychologie geschieht, vor etwa 50 Jahren dem Hypnotismus begegnete: ‚Es ist alles Schwindel und ganz und gar unmöglich‘“ (S. 186), so möchte ich dazu folgendes bemerken: Selbst wenn sich aus dem Wust parapsychologischer Phänomene ein Kern herauschälen sollte,

der nicht auf Betrug oder Selbstbetrug zurückzuführen ist, so sind das Probleme, die heute, wenn man sie nicht sofort in metaphysische Spekulationen einbettet, wissenschaftliches Interesse kaum besitzen, wenn sie auch sehr wohl einst wichtige Probleme der Wissenschaft werden können —, nur werden sie dann ganz *andere* Probleme geworden sein. Die Alchymisten wollten aus Quecksilber Gold machen. Die Chemie hat für Jahrhunderte dies Problem aus der Wissenschaft verwiesen. Mit Recht. Denn wenn heute das gleiche Problem wieder auftritt, so ist es heute in Wahrheit nicht mehr das gleiche, sondern ein ganz anderes.

Die Naturwissenschaftler haben heute noch vielfach ein schwer zu besiegendes Mißtrauen gegen die Psychologie. Darstellungen, wie die von DRIESCH, werden nur dazu beitragen, dieses Mißtrauen zu verstärken. Demgegenüber sollte es der Zweck dieser Zeilen sein, die Naturforscher darauf hinzuweisen, daß DRIESCH nicht für die Psychologie spricht. Daß vielmehr nach Ansicht zahlreicher forschender Psychologen die Krise der Psychologie nur überwunden werden kann durch Forschung, wie sie der Naturforscher treibt. Nicht wenn wir das spezifisch Seelische als etwas Fremdes der Natur gegenüberstellen, sondern wenn wir es als besondere Form in dem Naturgeschehen begreifen lernen, werden wir der Psychologie ihren ebenbürtigen Platz unter den Wissenschaften gesichert haben.

Über den chemischen Bau der Phosphore.

(Zusammenfassender Bericht.)

Von ARTHUR SCHLEEDE, Greifswald.

Wird Lichtstrahlung von einem absorbierenden Medium absorbiert, so kann die dadurch aufgenommene Energie in ganz verschiedener Weise wieder abgegeben werden. Der häufigste Fall ist der, daß die Energie schließlich in Wärmeenergie verwandelt wird. Hierauf beruhen je bekanntlich die Messungen der Strahlungsenergie im absoluten Maß, wie z. B. die Messung der spektralen Energieverteilung des schwarzen Körpers und der Hefnerlampe durch ÅNGSTRÖM. In anderer Form tritt die absorbierte Energie, z. B. bei den photochemischen Prozessen und beim lichtelektrischen Effekt in Erscheinung. Aber auch in gleicher Form, in Gestalt von Lichtstrahlung gleicher oder anderer Wellenlänge kann die Energie wieder abgegeben werden. Dieses Erscheinungsgebiet bezeichnet man allgemein mit dem Namen „Photolumineszenz“. Tritt die Lumineszenz nur während der primären Belichtung auf, so spricht man speziell von „Fluoreszenz“ (zuerst an Fluor-Calciumkrystallen beobachtet). Besitzt die Lumineszenz dagegen eine merkliche Abklingungsdauer, d. h. zeigt das absorbierende Medium ein merkliches Nachleuchten, so bezeichnet man

die Erscheinung nach LENARD als „Phosphoreszenz“¹⁾.

Die einfachsten Lumineszenzerscheinungen sind an einatomigen oder zweiatomigen Gasen bei geringem Druck zu beobachten. Wird z. B. Metaldampf oder Joddampf mit einer Wellenlänge seiner Eigenfrequenz angeregt, so wird Licht von der gleichen Wellenlänge oder ein Spektrum, das die gleiche Wellenlänge enthält, nach allen Richtungen reemittiert. Man spricht in diesem Falle von „Resonanzstrahlung“ und „Resonanzspektren“. Der Mechanismus der Resonanzstrahlung läßt sich auf Grund der Quantenhypothese und des BOHRschen Atommodells relativ einfach deuten durch Bahnübergänge von Elektronen.

Sehr kompliziert werden die an organischen und anorganischen Verbindungen zu beobachten-

¹⁾ Unter Phosphoren sollen also solche Substanzen verstanden werden, welche nach vorhergegangener Belichtung Nachleuchten zeigen. Es ist von Interesse, daß das Wort Phosphor, z. B. in Lithiophosphorus von FORTUNIO LICETUS bereits um 1640, also vor der Entdeckung des Elementes Phosphor zur Bezeichnung von Leuchtsteinen benutzt wurde.

den Lumineszenzerscheinungen. Das erregende wie das emittierte Licht besteht dann nicht mehr aus scharfen Spektrallinien, sondern aus breiten verwaschenen Banden, und es ist zwischen den Wellenlängen des erregenden und des emittierten Lichtes keine unmittelbar erkennbare Beziehung mehr vorhanden. Die Deutung des Erregungs- und Emissionsmechanismus lediglich auf Grund der spektralen Verteilung des erregenden und des emittierten Lichtes ist daher nicht gut möglich. Das absorbierende einfache Atom oder Molekül befindet sich nicht mehr, wie bei ein- oder zweiatomigen Gasen, in großer Entfernung von den Nachbaratomen, sondern in unmittelbarer Nähe chemisch gebundener fremder Nachbaratome. Für den Ausbau der Vorstellung vom Absorptions- und Emissionsmechanismus ist daher die Kenntnis des chemischen Aufbaues der fraglichen Substanzen wesentlich.

Die Lumineszenz organischer Verbindungen wurde im Zusammenhang mit ihrer Konstitution von KAUFFMANN, STARK und GOLDSTEIN untersucht. Dabei zeigte sich, daß die Lumineszenz im allgemeinen dann auftritt, wenn mehrfache Bindungen vorhanden sind, wie z. B. in der Carbonyl-, der Äthyl-, der Acetylengruppe und dem Benzolring. Speziell die Phosphoreszenz organischer Verbindungen in festen Lösungsmitteln wurde von WIEDEMANN, G. C. SCHMIDT, GOLDSTEIN, v. KOWALSKI, TIEDE und TOMASCHEK zum Gegenstand eingehender Untersuchungen gemacht¹⁾.

Die anorganischen Luminophore lassen sich nach ihrer Zusammensetzung in 2 Klassen teilen, je nachdem ob die Lumineszenz der reinen Verbindung zukommt oder an die Gegenwart geringfügiger Beimengungen geknüpft ist. Zu der ersten Klasse gehören Substanzen wie Bariumplatinocyanür, Uranylsalze und Wolframate. Bei diesen Substanzen handelt es sich also ebenso wie bei den organischen Luminophoren um kompliziertere Verbindungen, und es dürfte der Absorptions- und Emissionsmechanismus daher auch demjenigen der organischen Luminophore entsprechen. Die Hauptvertreter der zweiten Klasse sind die Sulfidphosphore der zweiten Gruppe des periodischen Systems. Bei ihnen wird die Lumineszenz durch geringe Beimengungen fremder Sulfide bewirkt. Die Frage nach dem chemischen Aufbau dieser Phosphore ist zur Zeit noch in der Schwebe, was in erster Linie darauf zurückzuführen ist, daß die üblichen Methoden zur Klärung des chemischen Aufbaues nicht herangezogen werden können. LENARD und seine Schüler versuchen daher, Vorstellungen vom chemischen Aufbau der Phosphore aus den optischen und sonstigen physikalischen Eigenschaften herzuleiten, während von anderer

Seite neuerdings der krystallisierte Aufbau der Phosphore zur Klärung der Frage mit herangezogen wird.

Präparation und optische Untersuchung.

Die älteste Klasse von Phosphoren sind die Erdalkalisulfidphosphore. Allgemein bekannt wurde die Entdeckung des Bologneser Schuhmachers VICENTIVS CASCIOROLUS, der am Anfang des 17. Jahrhunderts durch Glühen von Schwerspat mit Mehl zu Leuchtsteinen gelangte. Der Bologneser Leuchtstein bestand also aus Bariumsulfid, während die Mitte des vorigen Jahrhunderts viel Aufsehen erregende BALMAINSche Leuchtfarbe Calciumsulfid war. Erst Ende des vorigen Jahrhunderts begann die wissenschaftliche Erforschung der Leuchtstoffe besonders durch LECOQ DE BOISBAUDRAN¹⁾, VERNEUIL²⁾, KLATT und LENARD³⁾, denen es gelang, durch genaue Analysen und Synthesen zu zeigen, daß die reinen Erdalkalisulfide für sich keine Phosphoreszenz zeigen, sondern, daß zur Entstehung von Phosphoreszenzfähigkeit geringe Beimengungen von fremden Sulfiden erforderlich sind. In neuester Zeit sind diese Untersuchungen im LENARDSchen Institut besonders von R. TOMASCHEK und Frl. SCHMIDT und im Chemischen Institut der Universität Berlin von E. TIEDE und A. SCHLEEDE mit ihren Mitarbeitern fortgeführt worden.

Ein Erdalkalisulfidphosphor besteht stets aus dem Sulfid des betreffenden Erdalkalimetalls, in das ein fremdes Sulfid, wie z. B. Kupfer- oder Wismut-Sulfid, in Konzentrationen von $\frac{1}{100\,000}$ bis $\frac{1}{10\,000}$ gleichmäßig verteilt durch einen Schmelz- oder Sinterungsprozeß eingebettet ist. Dieser Lösungsprozeß des Fremdmetail-Sulfids im Erdalkalisulfid kann nach LENARD auf folgende Weise vorgenommen werden: Sorgfältigst rein hergestellte Oxyde werden zunächst durch Glühen mit Schwefel in Sulfid verwandelt⁴⁾. Dieses Sulfid wird nun mit einer geringen Menge einer Nitratlösung des Fremdmetalls versetzt. Durch Umsetzung mit Erdalkalisulfid bildet sich dabei sofort eine feine Verteilung vom Sulfid des Fremdmetalls. Dann fügt man noch etwa 5% eines schmelzbaren Zusatzsalzes wie etwa Natriumchlorid hinzu und glüht das Ganze bei einer Temperatur von 800–1000°.

¹⁾ LECOQ DE BOISBAUDRAN, C. r. **103**, 468, 629. 1886; **104**, 1680. 1887; **105**, 45, 200, 1228. 1887; **106**, 452, 1386, 1781. 1888.

²⁾ VERNEUIL, C. r. **104**, 501. 1887.

³⁾ KLATT und LENARD, Ann. d. Phys. **38**, 90. 1889. LENARD und KLATT, Ann. d. Phys. **15**, 225, 425, 633. 1304.

⁴⁾ Es muß bemerkt werden, daß beim einfachen Glühen mit Schwefel eine Mischung von Erdalkalisulfid und Sulfat entsteht, doch braucht der Sulfidgehalt kaum mehr als 25% zu betragen, da nach den Feststellungen LENARDS bis zu diesem Gehalt herab die Lichtsumme nahezu konstant ist.

Lichtsumme bedeutet die Gesamtmenge der ausgestrahlten Energie, die erhalten wird, wenn ein erregter Phosphor bis ca. 250° erhitzt wird.

¹⁾ Bez. der Literatur wird verwiesen auf: P. PRINGSHEIM, Fluoreszenz und Phosphoreszenz im Lichte der neueren Atomtheorie, Berlin 1925; ferner auf den Artikel von R. TOMASCHEK „Darstellung und Untersuchung phosphoreszierender Stoffe im Handbuch der anorganischen Arbeitsmethoden Bd. IV (Herausgeber E. TIEDE und FR. RICHTER) Berlin 1926.

Durch neuere Untersuchungen¹⁾ hat sich herausgestellt, daß das Vorhandensein eines schmelzbaren Zusatzsalzes nicht unbedingt erforderlich ist, wenn dafür gesorgt wird, daß ein tatsächlicher Schmelz- resp. Sinterungsprozeß erreicht wird.

Auch wenn man den Schwefel durch Sauerstoff oder Selen, das Erdalkalimetall durch Zink, Magnesium²⁾ oder auch Natrium³⁾ ersetzt, gelangt man zu Phosphoren. Schließlich ergeben auch noch andere Verbindungen wie Zinksilikat⁴⁾ mit geringen Mengen Mangan, und Bornitrid⁵⁾ mit geringen Mengen Kohlenstoff Phosphore. Man könnte daher zu der Annahme geneigt sein, daß alle ungefärbten Verbindungen, in die geringste Mengen fremder Verbindungen eingebettet sind, zu irgend welchen Lumineszenzerscheinungen befähigt sein sollten. Dies trifft jedoch nur mit Einschränkung zu. So vermögen z. B. das Cd und das Zn in den Erdalkalisulfidphosphoren als aktivierende Fremdmetalle zu wirken, das Cd im Zinkphosphor oder das Ba in einem anderen Erdalkalisulfidphosphor dagegen nicht.

Zu der Gruppe der Sulfidphosphore sind sicher auch diejenigen Substanzen zu rechnen, die — an sich rein — Lumineszenzfähigkeit erst durch Bestrahlung mit Kathoden, Röntgen- oder Radiumstrahlen erhalten, wie z. B. durch Kathodenstrahlung verfärbtes Natriumchlorid. Hierbei werden offenbar Valenzen gelockert, und die gelockerten Atome des Grundmaterials wirken dann wie fremde Atome.

Die Phosphore sind zumeist sehr druckempfindlich⁶⁾. Sie verlieren ihre Fähigkeit zur Lichtemission, wenn sie im Mörser zerrieben werden. Bei einer dem Zerreiben folgenden Belichtung tritt außerdem eine Verfärbung des Materials auf (z. B. kirschrot bei Strontiumsulfid). Diese Verfärbung ist ganz unabhängig vom aktivierenden Fremdmittel und erscheint auch dann, wenn die Präparation bei der Abwesenheit von wirksamem Metall vorgenommen wurde, d. h. wenn an sich gar keine Lumineszenzfähigkeit vorhanden ist. Der Verfärbungsprozeß ist von einem äußeren lichtelektrischen Prozeß begleitet. Während für die eigentliche Phosphorpräparation Temperaturen von 800—1000° erforderlich sind, kann ein druckzerstörter Phosphor durch Erhitzung auf relativ niedrige Temperatur von 200—300° seine Lumineszenzfähigkeit bereits wieder erlangen.

Wie schon vorhin gesagt, besteht das erregende und das emittierte Licht aus breiten verwaschenen Banden von 25—200 μ Breite, und es ist zwischen

¹⁾ TIEDE und SCHLEEDE, Ber. 53, 1717 und 1721. 1920.

²⁾ TIEDE und RICHTER, Ber. 55, 69. 1922.

³⁾ TIEDE und REINECKE, Ber. 59, 666. 1923.

⁴⁾ SCHLEEDE und GRUHL, Zeitschr. f. Elektrochem. 29, 411. 1923.

⁵⁾ TIEDE und H. TOMASCHEK, Zeitschr. f. anorg. allg. Chem. 147, 111. 1925.

⁶⁾ LENARD und KLATT, Ann. d. Phys. 12, 439. 1903; LENARD, Arbeiten aus dem Gebiet der Physik, Mathematik, Chemie 1915 (ELSTER-GEITEL-Festschrift), S. 669.

den Wellenlängen des erregenden und emittierten Lichtes keine unmittelbare Beziehung vorhanden. Besonders wegen der Verwaschenheit macht die Zuordnung der Erregungs- und Emissionsbanden häufig recht große Schwierigkeiten¹⁾. Zur Bestimmung der spektralen Erregungsverteilung breitet man den Phosphor flächenhaft aus auf einer geeigneten Unterlage und entwirft auf dieser Phosphorfläche mit Hilfe eines sehr lichtstarken Quarzspektrographen ein kontinuierliches Spektrum, wie z. B. das eines Nernststiftes oder ein im Ultraviolett sehr linienreiches Spektrum, wie z. B. das einer Eisenbogenlampe. Man sieht dann nach Aussetzen der Belichtung gewisse Spektralbereiche von 25—50 μ Breite nachleuchten. Es seien z. B. fünf solcher Bereiche erkennbar, von denen drei ein gelbes und zwei ein grünes Nachleuchten zeigen mögen. Die zu der gelben und grünen Emission gehörigen Erregungswellenlängen bezeichnet man dann eben als Erregungsverteilung der gelben resp. grünen Emissionsbande. Um noch das emittierte gelbe oder grüne Licht spektral zu untersuchen, bringt man den Phosphor am besten in ein geeignetes Phosphoroskop, erregt dann den Phosphor mit irgendeiner der entsprechenden wirksamen Wellenlängen und zerlegt das sekundäre emittierte Licht wiederum spektral.

Die scharfe Unterscheidung getrennter Erregungs- und Emissionsbanden ist nur bei dem langsam an- und abklingenden sog. Dauerprozeß möglich. Daneben besteht immer noch ein fluoreszenzartig schnell an- und abklingender sog. Momentanprozeß. Während die Erregungsbanden des Dauerprozesses nur eine Breite von 25—50 μ aufweisen, hat die Erregungsbande des Momentanprozesses eine Breite von 150—200 μ . Das geringere oder stärkere Hervortreten des Momentanprozesses läßt sich durch geringere oder stärkere Konzentration des wirksamen Metalls beeinflussen. Bei sehr geringer Fremdmetallkonzentration ist der Momentanprozeß kaum ausgebildet und erreicht sein Optimum manchmal erst bei 1000facher Konzentration.

Um alle möglichen Banden eines Phosphors, etwa eines SrSCu-Phosphors kennenzulernen, genügt nicht die ausschließliche Beobachtung bei Zimmertemperatur und nicht die Untersuchung eines einzigen präparierten Phosphors. Kühlt man z. B. einen Phosphor auf die Temperatur der flüssigen Luft ab, belichtet ihn dann bei dieser Temperatur und erwärmt ihn darauf langsam bis zu ca. 350°, so bemerkt man in Temperaturintervallen von 50—100° ein Aufleuchten des Phosphors in bestimmter Farbe und ein darauf folgendes Abklingen. Die verschiedenen Emissionsbanden eines Phosphors zeigen also verschiedene Temperaturabhängigkeit. Die optimalen Temperaturen verschiedener Emissionsbanden können über 100° auseinander liegen. Eine einzelne Bande erscheint nur innerhalb eines bestimmten Temperaturintervalls. Außerhalb dieses Intervalls fehlt die betreffende Bande im

¹⁾ LENARD, Heid. Ber. 1909, 3. Abhandl.

Nachleuchten vollständig. Ober- resp. unterhalb des Intervalls befindet sich nach LENARD die Bande im oberen resp. unteren Momentanzustand. Im oberen Momentanzustand erscheint die Bande nicht mehr im Nachleuchten, sondern nur noch im Momentanprozeß. Im unteren Momentanzustand wird die erregende Energie vollständig absorbiert, wird jedoch nicht wieder ausgestrahlt, bevor die Temperatur nicht über die untere Grenze des kritischen Intervalls erhöht wird. Aber auch die Beobachtung an einem einzigen präparierten Phosphor reicht für die Erkennung der Banden nicht aus. Ein SrSCu -Phosphor hat z. B. 2 Banden, eine gelbgrüne und eine blaue, deren optimale Temperaturen wenig auseinander liegen, die aber keineswegs immer an jedem SrSCu -Phosphor zu beobachten sind, sondern es tritt je nach dem bei der Präparation angewandten Schmelzmittel, der Glüh-temperatur oder der Glühdauer die eine oder andere Bande stärker hervor. Trotzdem ist bei jedem Phosphor eine bestimmte Bande durch Intensität, leichte Erregbarkeit und Regelmäßigkeit des Erscheinens ausgezeichnet. Diese Bande bezeichnet LENARD als Hauptbande mit „ α “, die übrigen Banden mit „ β “, „ γ “ usw.

Von größter Wichtigkeit für die Erkenntnis der Phosphore ist nun das Verhalten des gleichen aktivierenden Fremdmetalls in verschiedenen Grundmaterialien, z. B. das Verhalten von Cu beim Übergang von Ca- über Sr- zu BaS. Bereits im Jahre 1909 wurde von LENARD¹⁾ gefunden, daß sich bei diesem Übergang nicht nur die spektrale Lage der zu entsprechenden Emissionen gehörigen Erregungsbanden verschieben, sondern im gleichen Sinne auch die Dielektrizitätskonstante des Grundmaterials, so daß das Verhältnis entsprechender Erregungsmaxima zur Quadratwurzel aus der Dielektrizitätskonstanten des Grundmaterials konstant bleibt. Dieses Verhältnis des Erregungsmaximums zur Quadratwurzel aus der Dielektrizitätskonstanten wird von LENARD als „absolute“ Wellenlänge bezeichnet. Die absoluten Wellenlängen der Dauererregungsmaxima wurden neuerdings von SCHMIDT²⁾ eingehend untersucht. SCHMIDT findet, daß sich dieselben absoluten Dauererregungsverteilungen nicht nur bei demselben Fremdmetall und gleicher Bande wiederfinden, also z. B. bei der $\text{Cu}\alpha$ -Bande in Ca-, Sr- und Ba-Sulfid, sondern auch bei verschiedenen Fremdmetallen und verschiedenen Banden. So besitzen z. B. die $\text{Cu}\alpha$ -, die $\text{Mn}\alpha$ - und die $\text{Pb}\beta$ -Banden in Ca-, Sr- und Ba-Sulfid gleiche absolute Erregungsverteilungen. SCHMIDT konnte auf diese Weise die Erdalkalisulfidphosphore nach gleichen Erregungsverteilungen zu 5 Arten ordnen.

Im Gegensatz zu den Erregungsverteilungen konnte LENARD mit Bezug auf die Lage entsprechender Emissionsbanden in verschiedenen Phosphoren keinen ausgeprägten Einfluß der Dielektrizitätskonstanten feststellen. Die Frage der Ver-

schiebung der Emissionsbanden wurde letzthin von TOMASCHEK¹⁾ im Fall des Samariums als Fremdmetall eingehend untersucht. Das Samarium ist hierfür besonders geeignet, da es im Gegensatz zu den übrigen aktivierenden Metallen scharfe Emissionslinien ergibt²⁾. TOMASCHEK fand, daß sich die Emissionen des Samariums beim Übergang von einem Erdalkalisulfid zum nächsten sogar im entgegengesetzten Sinn verschieben, wie die Dielektrizitätskonstanten der Grundmaterialien, dagegen parallel zum Gang der Bildungswärmen.

Die Lenardsche Zentrenbauvorstellung.

Aus den vorstehend in groben Zügen beschriebenen Erscheinungen haben LENARD und Mitarbeiter Vorstellungen über den Bau der Phosphore und den Mechanismus des Leuchtprozesses entwickelt. Die den Leuchtprozeß vermittelnden Teile eines Phosphors bezeichnet LENARD als Phosphoreszenzzentren. Das Zentrum besteht aus 2 Hauptbestandteilen, dem Zentrenkomplex und der Fremdmetallverbindung. Unter Zentrenkomplex wird eine Verbindung einer großen Zahl (bis zu 100 000 und mehr) einzelner Erdalkalisulfidmoleküle verstanden, die untereinander in loser chemischer Bindung stehen, etwa in Art einer ringförmigen Bindung, also z. B. $\text{Ca}-\text{S}-\text{Ca}-\text{S}-\text{Ca}$ aneinandergereiht. An ein Erdalkaliumatom dieses Zentrenkomplexes ist dann durch ein Schwefelbrückenatom das aktivierende Fremdmetallatom gebunden.

Die Tatsache, daß in bestimmten Grundmaterialien nur gewisse Elemente aktivierend wirken, findet hierdurch keine Deutung.

Aus den Erscheinungen der Druckzerstörung schließt LENARD, daß die Komplexe sperrig gebaut sein müssen und weiter — wegen Auftretens der charakteristischen Druckfarbe auch bei den ohne Fremdmetall präparierten Phosphoren —, daß sich die Komplexe schon ohne die Gegenwart wirk-samen Metalls ausbilden können.

Als Ursache des Auftretens verschiedener Banden wird angenommen, daß die Bindungsmöglichkeit des Metallatoms an den Komplex eine mehrfache sein kann.

Es wurde nun vorhin ausgeführt, daß sich die entsprechenden Erregungsbanden in verschiedenen Phosphoren in dem gleichen Sinne spektral verschieben wie die Dielektrizitätskonstanten der Grundmaterialien. Hieraus wird geschlossen, daß der Erregungs- und Aufspeicherungsvorgang eine Angelegenheit der weiteren Umgebung des Fremdmetallatoms ist. Im Gegensatz zu den Erregungsbanden findet die spektrale Verschiebung entsprechender Emissionsbanden nicht immer im gleichen Sinn statt wie die Verschiebung der Dielektrizitätskonstanten. Daraus wird weiter ge-

¹⁾ TOMASCHEK, Ann. d. Phys. 75, 109, 561. 1924. Vgl. auch LENARD, Heid. Ber. 1909, 3. Abhandl., Ann. d. Phys. 31, 668. 1910.

²⁾ E. TIEDE und A. SCHLEEDE, Ann. d. Phys. (4) 67, 573. 1922.

¹⁾ LENARD, Heid. Ber. 1909, 3. Abhandl.

²⁾ SCHMIDT, Ann. d. Phys. 64, 713. 1921.

folgt, daß die Emission mehr im Atominnern des Fremdmalles stattfindet. LENARD kommt so zu dem Schluß, daß diejenigen Elektronen, die die Emission des Phosphoreszenzlichtes bewirken, nicht identisch sind mit den lichtelektrischen Elektronen des Aufspeicherungsvorganges, und unterscheidet daher prinzipiell zwischen Photo- und Emissionselektronen.

Der Phosphoreszenzvorgang soll sich dann nach TOMASCHEK¹⁾ folgendermaßen abspielen: „Absorption eines Lichtquants im Zentrum; unter günstigen Umständen Übertragung der Energie auf das Schwefelbrückenatom; Absorption der Energie durch das letztere und Abspaltung eines Elektrons, das in neuer Gleichgewichtslage am Zentrenkomplex festgehalten wird; gleichzeitige Veränderung der Elektronenbahnen des Fremdmetalatoms durch Änderung des Valenzfeldes des Schwefelatoms; durch thermische oder optische Ursachen erfolgte Störung der neuen Gleichgewichtslage des lichtelektrischen Elektrons, Rückkehr desselben in seine erste Gleichgewichtslage am Schwefelatom, gleichzeitiger Rückgang der Elektronenbahnänderungen des Fremdmetalatoms unter Emission von Licht.“

Zur Erklärung der beschleunigten Abklingung eines Phosphors mit steigendem Fremdmetalgehalt werden verschieden große Zentrenkomplexe angenommen. Bei geringem Fremdmetalgehalt werden zunächst die großen Zentrenkomplexe besetzt, bei größerem Fremdmetalgehalt bilden sich dagegen kleinere Zentrenkomplexe aus.

Die Gitterbauvorstellung.

Seit einiger Zeit wird nun von anderer Seite versucht, zu verfeinerten Vorstellungen vom chemischen Bau der Phosphore vorzudringen. Aus den geschilderten Untersuchungen, besonders der LENARDSchen Schule geht hervor, daß die beobachtbaren Lumineszenzerscheinungen zwar charakteristisch sind für die aktivierenden Fremdmetalle, daß die Erscheinungen aber im hohen Grade von der umgebenden Grundsubstanz beeinflußt werden. Die Bildung möglicher Vorstellungen vom chemischen Aufbau der Phosphore ist daher entscheidend für ein weiteres Eindringen in den Leuchtmechanismus. Hier steht man nun von vornherein vor einer ziemlichen Schwierigkeit, denn die Phosphore sind keine chemischen Verbindungen im eigentlichen Sinne des Wortes, wie etwa Fluorescein oder Uranylsulfat. Nach LENARD soll es sich nun bei den Phosphoren um große, sperrige, aus 100 000 und mehr Atomen bestehende Molekülkomplexe handeln. Die Entstehung solcher großen Moleküle ist bei so einfach zusammengesetzten Körpern wie den Sulfiden und Oxyden der Erdalkalien sehr schwer vorstellbar. Jedenfalls dürften dann die Erdalkalisulfidphosphore kaum mehr einfache Raumgitter besitzen oder müßten amorphe Substanzen sein. Letzteres wird von LENARD und TOMA-

SCHEK¹⁾ für die Erdalkalisulfidphosphore angenommen, während für den Zinksulfidphosphor der kristallisierte Aufbau zugelassen wird. Die Frage läßt sich jedoch durch Strukturaufnahmen mittels Röntgenstrahlen entscheiden. Durch diese Methode konnte nun im Gegensatz zu der LENARD-TOMASCHEKschen Auffassung der Nachweis erbracht werden, daß es sich nicht nur beim Zinksulfid, sondern auch bei allen zur Klasse der Sulfidphosphore gehörigen Luminophoren um kristallisierte Produkte handelt²⁾. Die Debye-Diagramme aller Erdalkalisulfidphosphore speziell ergaben immer wieder das für kristallisierte Erdalkalisulfide charakteristische Steinsalzgitter.

Die Phosphorpräparation stellt nun immer einen Sinterungs- und Schmelzprozeß dar, und es wurde daher auch die Möglichkeit ins Auge gefaßt, daß etwa neben den Kristallen noch vorhandene unterkühlte Schmelze Träger der Lumineszenzfähigkeit sein könnte. Jedoch konnte an besonders hergestellten unterkühlten Schmelzen keine Lumineszenzfähigkeit festgestellt werden, dagegen ließ sich nachträglich durch Entglasung, d. h. also durch Ausbildung von Kristallen Lumineszenzfähigkeit hervorrufen³⁾. Aus diesem Grunde könnte man sich die Phosphore am einfachsten so aufgebaut denken, daß einige Metallatome des Grundmaterialgitters durch fremde Metallatome ersetzt sind. Ein solches Atom mit der umgebenden Schar von gittermäßig angeordneten Atomen des Grundmaterials wäre dann identisch mit dem LENARDSchen Phosphoreszenzzentrum⁴⁾.

Für die Klasse der Sulfidphosphore ergibt sich auf Grund dieser spezialisierten Auffassung vom LENARDSchen Phosphoreszenzzentrum folgendes Bild:

Da die kristallisierten Erdalkalisulfide Steinsalzgitter aufweisen⁵⁾, so kann man sich diese Gitter aus regulären Oktaedern aufgebaut denken mit 6 Schwefelatomen an den Ecken und 1 Erdalkaliumatom in der Mitte, resp. 6 Erdalkaliumatomen an den Ecken und 1 Schwefelatom in der Mitte. Ersetzt man nun ein Erdalkaliumatom im Innern einer solchen, aus 6 Schwefelatomen gebildeten Schwefelzelle durch ein Fremdmetalatom, so werden die 6 freien Gittervalenzen im allgemeinen nicht abgesättigt werden können; denn für sich allein würde das Fremdmetal mit Schwefel andere Gitter bilden. Es ist mit Bezug auf die Erdalkalisulfide gitterfremd⁶⁾.

¹⁾ TOMASCHEK, Ann. d. Phys. 65, 189. 1921; 75, 583. 1924, Ann. 1.

²⁾ SCHLEEDE und GANTZCKOW, Zeitschr. f. phys. Chem. 106, 37. 1923. (Zinksulfid, Erdalkalisulfid, Zinksilikat.) TIEDE und TOMASCHEK, Zeitschr. f. Elektrochem. 29, 303. 1923. (Bornitrid.) TIEDE und SCHLEEDE, Zeitschr. f. Elektrochem. 29, 304. 1923. (Calcium, wolframat.)

³⁾ SCHLEEDE und GANTZCKOW, l. c.

⁴⁾ SCHLEEDE, Zeitschr. f. Phys. 18, 109. 1923.

⁵⁾ SVEN HOLGERSSON, Zeitschr. f. anorg. Chem. 126, 179. 1923.

⁶⁾ Vgl. hierzu GUDDEN und POHL, Zeitschr. f. Phys. 16, 170. 1923.

¹⁾ TOMASCHEK, Ann. d. Phys. 75, 587. 1924.

Für den Zinksulfidphosphor erfährt das Bild insofern eine Änderung, als die Raumgitter des Zinksulfides andere sind. Von Zinksulfid sind 2 Gitterstrukturen gut bekannt, die unterhalb 1024° beständige reguläre Blende und der oberhalb 1024° beständige hexagonale Wurtzit¹⁾. Beide Gitter sind aus nahezu gleich großen regulären Tetraedern aufgebaut mit 4 Schwefelatomen an den Ecken und einem Zinkatom in der Mitte resp. 4 Zinkatomen an den Ecken und einem Schwefelatom in der Mitte (Abstand Zn—S im Blendegitter 2,34 Å, im Wurtzitgitter 2,36 Å)]. Das Blende- und das Wurtzitgitter sind also mit Bezug auf den atomaren Aufbau sehr ähnlich, woraus zu folgern ist, daß sich die Phosphoreszenzerscheinungen vom Blende- und Wurtzitphosphor kaum unterscheiden dürften, was auch — wie noch weiter unten gezeigt werden soll — tatsächlich der Fall ist.

Diese Auffassungsweise vom Bau der Phosphore kann nun im Gegensatz zu der ursprünglichen Zentrenbauvorstellung zur Erklärung dafür herangezogen werden, daß in bestimmten Grundmaterialien nur bestimmte Elemente aktivierend wirken, andere dagegen nicht. Es wurde eingangs erwähnt, daß das Cd und das Zn in den Erdalkalisulfidphosphoren als aktivierende Metalle zu wirken vermögen, das Cd im Zinkphosphor oder das Ba in einem anderen Erdalkaliphosphor dagegen nicht. CdS und ZnS bilden beide die gleichen hexagonalen Gitter, die Erdalkalisulfide dagegen Steinsalzgitter. Also sind Zn und Cd in den Erdalkalisulfiden gitterfremd und können von diesen beiden Atomen die 6 freien Schwefelvalenzen nicht abgesättigt werden. Dagegen läßt sich CdS trotz seiner starken Eigenfarbe in sehr großen Mengen (bis zu 30%, also weit außerhalb der phosphoreszenzchemischen Größenordnung) zu einem mit Cu aktivierten Zinkphosphor beifügen, ohne daß die Phosphoreszenzfähigkeit beeinträchtigt wird, wobei lediglich eine Verschiebung der Emissionsfarbe nach längeren Wellen stattfindet. Auf diese Weise konnte GUNTZ²⁾ sehr wirkungsvolle Phosphore herstellen. So phosphoresciert z. B. ein ZnSCu-Phosphor zumeist grün, ein ZnCdSCu-Phosphor mit 15% Cd bereits gelborange, ein ZnCdSCu-Phosphor mit 30% Cd orangerot.

Auch die vom Standpunkt der ursprünglichen Zentrenbauvorstellung unerklärliche Tatsache, daß die Phosphorausbildung beim Übergang von Ca- zu Sr- zu Ba-Oxyd immer mangelhafter wird, läßt sich nach der Gitterbauvorstellung voraussehen. Von den 3 Oxyden ist nämlich BaO am schwersten zu kristallisieren, ein Umstand auf den schon GERLACH⁴⁾ gelegentlich der Raumgitter-

bestimmung der Erdalkalioxyde hinweist. Bei Zumischung von einigen Prozenten seltener Erdoxyde läßt sich BaO überhaupt nicht mehr kristallisieren.

Als starke Stütze für die Gitterbauvorstellung kann auch angesehen werden, daß reine Krystalle durch Bestrahlung mit Kathoden-Röntgen- oder Radiumstrahlen lumineszenzfähig gemacht werden können. Die dadurch gelockerten Valenzen entsprechen den infolge der Symmetrieverhältnisse des Fremdmetailatoms nicht abgesättigten Valenzen innerhalb der Schwefelzelle.

Es zeigt sich somit, daß die Gitterbauvorstellung zur Erklärung von experimentellen Resultaten herangezogen werden kann, die sich auf Grund der LENARDSchen Auffassung nicht deuten lassen. Aber auch mit dem übrigen großen Erscheinungskomplex steht — so weit sich bisher übersehen läßt — die Gitterbauvorstellung in Einklang.

So lassen sich die Erscheinungen der Druckzerstörung relativ einfach deuten. Wenn ein Erdalkalisulfidkrystall zerbrochen wird, so kommen der neu entstandenen Oberfläche offenbar nicht die gleichen Eigenschaften zu, wie einer beim ursprünglichen Krystallisationsprozeß entstandenen. Das Auftreten des lichtelektrischen Effektes unter gleichzeitiger Verfärbung zeigt, daß die Bruchfläche einen unabgesättigten Charakter hat. Besitzt nun aber der Krystall nach der Belichtung eine verfärbte Oberfläche, so ist er nicht mehr durchsichtig, und es können naturgemäß keine Lumineszenzerscheinungen mehr beobachtet werden. Wird der druckzerstörte Phosphor auf nur einige 100° erhitzt, so erlangen die Bruchflächen wieder abgesättigten Charakter, werden durchsichtig, und das Kryställchen kann wieder phosphorescieren.

Der wichtigste Punkt ist weiterhin die Entscheidung der Frage, ob nach der Gitterbauvorstellung das Auftreten verschiedener Banden bei gleichem Grundmaterial und gleichem Fremdmetail zu erklären ist. Hierfür liegen die Verhältnisse wohl am kompliziertesten. Eine einheitliche Emissionsbande eines Phosphors (z. B. eines SrSCu-Phosphors wird nach LENARD definiert als ein Wellenlängenkomplex, welcher gemeinsame Eigenschaften besitzt mit Bezug auf Erregbarkeit durch bestimmte Wellenlängen (Erregungsverteilung) und Emissionstemperatur. Ein einzelner Phosphor weist zumeist verschiedene Emissionsbanden auf, die sich durch ihre Temperaturlage unterscheiden. Aber auch die Präparation ist von Einfluß. Ersetzt man z. B. ein Schmelzmittel durch ein anderes und verändert womöglich noch die Glüh Temperatur, so kann die eine Bande verschwinden und eine andere dafür erscheinen. Nach der Gitterbauvorstellung ist es nun am naheliegendsten, dieses durch die Präparationsbedingungen hervorgerufene Verschwinden und Auftreten von Banden mit einer Veränderung der Gitterstruktur in Zusammenhang zu bringen. Ein Anhalt für diese Erklärungsweise wurde am Zinksilikat-Mn-Phos-

¹⁾ ALLEN und CRENSHAW, Americ. Journ. of the sciences **34**, 341. 1912.

²⁾ AMINOFF, Zeitschr. f. Kryst. **58**, 203. 1923.

³⁾ GUNTZ, C. r. **177**, 479. 1923; vgl. auch HOFMANN und DUCCA, Ber. d. Chem. Ges. **37**, 3407. 1904; und JORISSEN und RINGER, Extrait des Publications du Congres de Chimie et de Pharmacie de Liège, 1905.

⁴⁾ GERLACH, Zeitschr. f. Phys. **9**, 184. 1922.

phor¹⁾ aufgefunden. Es wurde die Beobachtung gemacht, daß sich am phosphoreszenzfähigen Zinksilikat je nach der Abkühlungsgeschwindigkeit bei der Krystallisation aus dem geschmolzenen Zustand 3 verschiedene Emissionsbanden herauspräparieren lassen. Die röntgenographische Untersuchung der verschiedenfarbig phosphoreszierenden Teile nach DEBYE und SCHERRER ergab, daß diesen verschiedenfarbig phosphoreszierenden Teilen 3 verschiedene Diagramme, mithin also auch 3 verschiedene Raumgitter entsprechen²⁾. — Anders liegen die Verhältnisse bei den Sulfidphosphoren. Es wurden untersucht Strontiumsulfid als mittleres Erdalkalisulfid und Zinksulfid³⁾. Ein SrSCu-Phosphor wurde einmal auf die gelbgrüne α -Bande und dann auf die blaue β -Bande hin präpariert. Bei einer größeren Anzahl von Präparations- und Aufnahmeversuchen wurde jedoch immer wieder das gleiche Raumgitter, nämlich das Steinsalzgitter festgestellt. Etwas schwieriger war die Durchführung der Untersuchung am phosphoreszenzfähigen Zinksulfid. Dieses krystallisiert bekanntlich in 2 Gitterstrukturen, der Blende- und der Wurtzitform. Von den verschiedensten For-

hervorgerufen werden, könnte man daran denken, ähnliche Verhältnisse wie beim ZnS-CdS-Cu-Phosphor zu vermuten. Benutzt man z. B. CaF_2 als Schmelzmittel bei der Präparation eines SrS-Phosphors, so ist es möglich, daß das Sr des Grundmaterialgitters beim Glühprozeß gegen das nicht gitterfremde Ca ausgetauscht wird, wodurch eine Veränderung der Emission hervorgerufen wird. Bei der Verwendung von Na_2SO_4 als Schmelzmittel ist es denkbar, daß dieses reduziert wird und der ebenfalls nicht gitterfremde O an Stelle von S zum Teil in das Gitter eingeht. Diese Möglichkeiten wurden bisher nicht untersucht. Sollten sie sich als nicht zutreffend erweisen, so bleibt nur die Annahme, daß durch die verschiedenen Bedingungen der Bandenpräparation der Einbau des Fremdmetailatoms innerhalb der Schwefelzelle in verschiedener Weise erfolgt.

Wie oben erwähnt, konnte SCHMIDT 5 Arten von absoluten Erregungsverteilungen als charakteristisch für die Erdalkalisulfidphosphore auffinden. Eine Erklärung hierfür wird sich erst ermöglichen, wenn der Chemismus der Bandenpräparation sichergestellt ist.

Tabelle 1. Emission von Samarium.

	560 $\mu\mu$	70	80	90	600	10	20	Dielektrizitätskonstante	Bildungswärme	Atomabstände
MgS									79,4	2,54
CaS								7,68	111,2	2,80
SrS								8,65	110,2	2,94
BaS								8,50	102,5	3,18
ZnS								7,26	41,3	2,34
CaO									145,0	2,39

schern wird nun übereinstimmend festgestellt, daß Zinksulfid in beiden Strukturen phosphoreszenzfähig erhalten werden kann, und ferner, daß beide sicher in der Hauptbande Übereinstimmung zeigen. Dieses Resultat konnte durch Strukturaufnahmen bestätigt werden, dagegen konnten bei den auf die Nebenbanden hin präparierten Phosphoren keine weiteren, bis dahin etwa unbekannt gebliebenen Strukturen aufgefunden werden. Also ist auch beim Zinksulfid das Auftreten verschiedener Banden unabhängig von der Krystallform. Die Tatsache, daß der Blendephosphor und der Wurtzitphosphor die gleichen Banden ergeben können, überrascht im ersten Moment, ist jedoch bei der bereits oben erwähnten Ähnlichkeit beider Gitter nicht anders zu erwarten. Für das durch verschiedene Präparationsbedingungen hervorgerufene Auftreten verschiedener Banden bei den Sulfidphosphoren muß daher eine andere Erklärung gefunden werden. Da die verschiedenen Banden in erster Linie durch verschiedene Schmelzmittel

Bezüglich der Emissionslinien des Samariums in den Erdalkalisulfidphosphoren fand TOMASCHKE (siehe S. 589) eine spektrale Verschiebung im gleichen Sinn wie die Bildungswärmen. Diese Parallelität beschränkt sich jedoch auf die Erdalkalisulfide und Oxyde, während MgS und ZnS aus der Reihe herausfallen. Es erscheint daher zweifelhaft, ob die Bildungswärmen zum Vergleich mit dem Gang der Emissionen herangezogen werden können. Nach der Gitterbauvorstellung ist der Vergleich des Ganges der Emissionswellenlängen mit den Atomabständen im Gitter am naheliegenden. In ZnS und CaO sind die Atomabstände am kleinsten und einander sehr nahe. Entsprechend liegen die Emissionen nahezu an der gleichen Stelle. Von ZnS an werden die Atomabstände in aufeinanderfolgender Reihe über Mg-, Ca-, Sr- und Ba-Sulfid allmählich größer, genau dem Gang der Emissionslinien entsprechend. Es ergibt sich daher allgemein eine Proportionalität zwischen den Emissionswellenlängen und den Atomabständen im Gitter.

Es bleibt nun noch zu diskutieren, wie sich vom Standpunkt der Gitterbauvorstellung die langsamere oder schnellere Abklingung eines Phosphors interpretieren läßt. Mit LENARD wird zur

¹⁾ SCHLEEDE und GRUHL, Zeitschr. f. Elektrochem. 29, 411, 1923.

²⁾ Eine Auswertung der Diagramme ist wegen der geringen Symmetrie nicht möglich.

³⁾ W. KORDATZKI, Diss. Berlin 1925.

Zeit wohl allgemein angenommen, daß der Erregungsvorgang in der Auslösung eines lichtelektrischen Effektes besteht. Hierbei wird aus dem mit Bezug auf seine Valenzbetätigung gestörten Wirkungsbereich des Fremdmetailatoms ein Elektron losgelöst, wodurch die Elektronenbahnen des Fremdmetailatoms eine Veränderung erfahren. Wird die freie Stelle im Wirkungsbereich des Fremdmetailatoms durch ein frei bewegliches Elektron wieder besetzt, so geht die Veränderung der Elektronenbahnen des Fremdmetailatoms unter Emission von Licht wieder zurück. Daß tatsächlich frei bewegliche Elektronen vorhanden sind, geht aus der erhöhten Leitfähigkeit eines belichteten Phosphors hervor¹⁾. Mit steigendem Fremdmetailgehalt wird nun die Abklingungsdauer kleiner. Dies wird von LENARD so gedeutet, daß die Zentrenkomplexe verschiedene Größe haben. Bei höherem Metallgehalt bilden sich vorzugsweise kleinere Zentrenkomplexe aus. Nach der Gitterbauvorstellung liegen die Verhältnisse einfach so, daß mit steigendem Fremdmetailgehalt die Entfernung der mit Fremdmetailatomen besetzten Schwefelzellen immer geringer wird. Ist nun die Fremdmetailkonzentration eines Phosphors gering, so ist es auch wenig wahrschein-

¹⁾ Vgl. hierzu besonders die Arbeiten von GUDDEN und POHL, Zeitschr. f. Phys.

lich, daß die freie Stelle im Wirkungsbereich des Fremdmetailatoms durch ein frei bewegliches Elektron wieder besetzt wird. Die Wahrscheinlichkeit wird um so größer, je häufiger freie Stellen vorkommen, d. h. je größer die Fremdmetailkonzentration ist. Weiter ist danach vollkommen verständlich, daß durch höhere Temperatur oder durch Anlegen eines elektrischen Feldes die Abklingung beschleunigt wird.

Zusammenfassung.

Zusammenfassend kann also gesagt werden, daß sich die einfachere Gitterbauvorstellung der Phosphore ebenso gut dem großen Erscheinungsbereich anpassen läßt wie die kompliziertere ursprüngliche Zentrenbauvorstellung, und daß sie darüber hinaus auch zur Deutung von experimentellen Feststellungen herangezogen werden kann, die nach der älteren Zentrenbauvorstellung bisher keine Erklärungen fanden. Bei Annahme der Gitterbauvorstellung lassen sich alle Lumineszenzerscheinungen auf dieselbe Ursache zurückführen, auf nicht abgesättigte oder gelockerte Valenzen, sei es nun im Fall der organischen Lumino-phore oder der LENARDSchen Phosphore oder der durch Bestrahlung lumineszenzfähig gemachten reinen Krystalle.

Greifswald, den 1. Dezember 1925.

Besprechungen.

TRENDELENBURG, W., **Die natürlichen Grundlagen der Kunst des Streichinstrumentenspiels.** Berlin: Julius Springer 1925. XIX, 300 S. und 84 Abb. 16 × 24 cm. Preis geh. RM 16.50, geb. RM 18.—.

Wenn ein Physiologe an die Analyse willkürlicher Bewegungen herangeht, so liefern ihm die feinen exakten Bewegungen des Geigenspielers oder Cellospielers, der den Bogen über die Saiten und die Finger über das Griffbrett führt, ein reiches Material, über das er manches zu sagen hat; wenn ein Musiker das Handwerkliche seiner Kunst zu betrachten und zu verstehen sucht, so werden sich ihm zahlreiche kleine Beobachtungen aufdrängen, die in Musikkreisen Gelegenheit zu ausführlichen Diskussionen zu geben pflegen und über die schwer eine Einigung und Klärung zu erzielen ist. Wenn in glücklicher Personalunion ein anerkannter Physiologe, der zugleich Musiker ist und neben dem Cellospiel auch das Geigen- und Bratschenspiel pflegt, die Erfahrungen aus beiden Gebieten seiner Betätigung verschmilzt und in geschlossener Verarbeitung zur Verfügung stellt, so wird der Gewinn besonders groß und werden ihm alle diejenigen dankbar sein, die aus eigenen Versuchen wissen, wieviel es nützt, für eine schwierige Übung, statt ihr Gelingen der Nachahmung oder dem Zufall zu überlassen, eine rationelle naturgemäße Begründung zu haben, oder die wissen, wie schwer es ist, die halb unbewußt ausgeführten Bewegungen nur zu beschreiben, geschweige denn in ihren Einzelheiten zu erkennen. Daß dies im vorliegenden Buch so weitgehend gelungen ist, so daß manche neue Aufschlüsse über die Art der Bogenführung, der Fingertechnik, des Saitenschwingens gewonnen werden, beruht zum Teil auf der Heranziehung

der photographischen Registrierung in Verbindung mit einer besonderen optischen Projektionsvorrichtung, welche die Saitenschwingungen und Bogenbewegungen in Kurvenform wiedergibt. Schon in den 84 neuen Abbildungen steckt ein beträchtliches Stück Arbeit. Neben dem Ohr, das die Bewegung nach ihrem klanglichen Erfolg beurteilt, kann nunmehr auch das Auge zur Kontrolle dienen, und es ergibt sich für manche technische Einzelheiten statt überlieferter apodiktischer Sätze eine Einsicht, warum diese oder jene Methode zweckmäßig ist. So wird beispielsweise an Stelle der viel vertretenen Meinung, daß ein kräftiger Strich auch ein schneller Strich sein müsse, gezeigt, wie die Übertragung der Energie vom Bogen auf die schwingende Saite, von ihr auf den Steg und vom Steg auf den Resonanzkörper zustande kommt, wodurch die Irrigkeit der Meinung, daß eine große Saitenamplitude zugleich einen starken Ton des Instruments bedinge, leicht einleuchtet. Oder es werden die Vorteile und Nachteile des Bogenkantens, der verschiedenen Bogen-spannung so eindeutig demonstriert, daß jeder Spieler nunmehr in dem Für und Wider sich selbst eine Meinung zu bilden vermag. In diesem Ersetzen schwankender Lehrmeinungen durch feststehende Beobachtungen und in der Erziehung des Spielers zu selbständigem bewußtem Urteil in bezug auf die Zusammenhänge von Spieltechnik und Klangwirkung liegt ein Hauptverdienst des Buches. Obgleich dem Künstler die Technik, je mehr er sie beherrscht, um so mehr ins Unterbewußte oder doch Halbbewußte versinkt, weil der Geist des Musikstückes seine Aufmerksamkeit in erster Linie beansprucht, so wird doch das Erreichen dieser Beherrschung und die lehrmäßige Übermittlung der Erfahrungen durch die nunmehr mögliche Be-

trachtungsweise wesentlich erleichtert. Der auch allgemeiner geltende Satz, daß eine Haltung und Bewegung dann „natürlich“ ist, wenn sie überflüssige Muskelanspannungen und Mitinnervierungen vermeidet und daher am wenigsten ermüdet, kommt an verschiedenen Stellen des Buches zum Ausdruck. Daß in den Ausführungen jede Phrase fehlt, wie sie sonst vielleicht in Kunstbüchern vorkommt, ist bei dem Verf. selbstverständlich. Die Verwendung technischer Fachausdrücke ist auf ein Mindestmaß beschränkt. Freilich ist das Buch trotzdem nicht ganz leicht zu lesen, sondern erfordert eigenes Mitdenken, so wie es auch zu eigenem Probieren anregt. Bei der aus der Gründlichkeit der Untersuchungen hervorleuchtenden Liebe, mit der sich Verf. seiner eigenartigen Aufgabe gewidmet hat, ist es gewiß, daß das Buch manchen Kunstbessenen und manchen Kunstlehrern zum unentbehrlichen Ratgeber werden wird. Aber auch jeder, der sich mit Akustik beschäftigt, wird den Beobachtungen des Verf. mit Genuß folgen.

U. EBBECKE, Bonn.

HELMHOLTZ'S Treatise on Physiological Optics

Translated from the third German Edition Edited by JAMES P. C. SOUTHALL, Professor of Physics in Columbia University. Volume III. Published by The Optical Society of America 1925. X, 736 S. gr. 8°. 81 + u. 6 Tafeln. Zu beziehen durch Prof. F. K. RICHTMYER, Sec. of the Opt. Soc. of America, Cornell University, Ithaca, N. Y., Ver. Staaten von Nordamerika, zum Preise von 7 Dollar = 29,40 Reichsmark für den einzelnen Band.

Hiermit ist seit dem Anfang dieses Jahres auch der letzte Band des großen Unternehmens auf dem Markt (s. S. 439 des vorigen Jahrganges). Wie man aus der Vorrede ersieht, die vom 1. Mai 1925 unterzeichnet ist, hat die Drucklegung — und das ist durchaus verständlich — eine lange Zeit erfordert. Nicht weniger als 10 Mitarbeiter für die Übersetzung werden namentlich aufgezählt und für die sehr mühsame Arbeit des Namensverzeichnisses werden ebenfalls Helfer namhaft gemacht.

Neu hinzugefügt werden zwei kurze Abschnitte von J. v. KRIES, und zwar ein Nachtrag zu § 30, Bemerkungen zur Tiefenwahrnehmung 398–400 aus dem Januar 1924, worin namentlich zwei Arbeiten von A. v. SZILY behandelt werden. Der zweite Nachtrag auf S. 530/31 aus der gleichen Zeit bezieht sich auf die beidäugige Farbmischung und führt neuere Arbeiten von W. TREDELENBURG und G. F. ROCHAT an.

Davon abgesehen, stimmt der Text mit dem Wortlaut der 3. deutschen Ausgabe überein. Hinzugekommen ist vom Herausgeber noch eine nach Jahren geordnete Bibliographische Liste von 1911–1925, die sich auf den Seiten 689–705 befindet (vergl. dazu auch S. 439 des vorigen Jahrganges). Ferner das Namensverzeichnis S. 724–34 und die Fehlerlisten auf den Seiten 735–736 für Band II und Band I.

Es wird keinen des Englischen kundigen Fachmann geben, der das Erscheinen dieser sorgfältigen Übertragung des großen HELMHOLTZ'schen Werkes nach der 3. Auflage nicht mit großer Freude begrüßt. Viele Männer haben sich darum verdient gemacht, doch wird man den hauptsächlichen Dank Herrn JAMES P. C. SOUTHALL abzustatten haben, der sich die langjährige Mühe nicht hat verdrießen lassen, die mit einer solchen Riesenaufgabe verbunden ist. Gewiß wird ihm in der eigenen Heimat die lebhafteste Anerkennung gezollt werden, aber auch unser Vaterland wird sich mit aufrichtigster Anerkennung daran beteiligen.

M. v. ROHR, Jena.

KORN, A., Die Konstitution der chemischen Atome.

Berlin: Georg Siemens 1926. 159 S. 16 × 24 cm.

Preis geh. RM 7,50, geb. RM 9.—.

„Mechanische Theorien in Physik und Chemie“ ist der Untertitel dieses Werkes des verdienstvollen Forschers A. KORN — gewiß ein zeitgemäßes Problem im Zeitalter der schwankenden Gestaltungen der mechanischen und unmechanischen Bewegungen der Atombausteine. Aber der Leser wird verschont mit Differenzkalkül und Matrizen. KORN hat das Bedürfnis zu einfachster, sinnfälliger mechanischer Anschauung, das Bedürfnis die Stabilität der Atome auf das Wirken von wenigen Kräften zurückzuführen, abstoßenden und anziehenden zwischen „gravitierenden“ und „elektrischen“ Teilchen; vielleicht gelingt ihm so etwas wie eine formalistische Darstellung des periodischen Systems und eine mechanische Ausdeutung einiger primitiver elektromagnetischer Gesetze mit einigen wenigen Annahmen — jedoch sicher weder an Zahl noch an Willkür geringer als in anderen Theorien.

Es ist schwer für einen Zeitgenossen im untergehenden Abendlande den richtigen Abstand zur Beurteilung eines Werkes zu finden, das so gänzlich andere Wege geht als er selbst sie kennt und liebt, doppelt schwer, wenn es sich um ein geliebtes Werk eines mühen- und kämpfenden Geistes handelt, der auf anderen Gebieten bahnbrechend war; ja, es scheint dem Ref. oft generell unsittlich, das Werk eines menschlichen Geistes zu verurteilen, zumal wenn er es nicht versteht. So mag auch hier kein Urteil über den Inhalt, sondern nur eine Ansicht über die Stellung der Ideen zur augenblicklichen Physik stehen: Daß die KORN'sche „Theorie“ keine neuen heuristischen Momente, keine größere Anschaulichkeit oder ein Mehr von innerer Geschlossenheit bietet als viele andere, sogenannte Theorien. Manche Bemerkungen im Texte zeigen, daß bezüglich der Auswirkungen und der Vertiefung der Theorie Verfasser und Referent nicht gleicher Ansicht sind: Errare humanum.

W. GERLACH, Tübingen.

EVERSHEIM, PAUL, Wellenlängenmessungen des Lichtes im sichtbaren und unsichtbaren Spektralbereich. Braunschweig: Fr. Vieweg & Sohn A.-G. 1926. VI, 111 S. und 28 Abbild. 14 × 22 cm. Preis RM 7.—.

Die vorliegende, als 82. Heft der bekannten Sammlung Vieweg erschienene Schrift gibt einen Einblick in das Gebiet der Wellenlängenmessung des Lichtes, das von verschiedenen Gesichtspunkten aus ein besonderes Interesse beansprucht. Einerseits vom Gesichtspunkte des Experimentators, besonders deshalb, weil hier mit außerordentlich fein ersonnenen Versuchsanordnungen Meßgenauigkeiten erzielt werden wie kaum in einem anderen Gebiete der messenden Physik, andererseits aber auch vom Standpunkt des Theoretikers, weil die nach den hier besprochenen Methoden erzielten Meßresultate die Grundlage bilden für das gigantische Material von Wellenlängenmessungen der Spektren der verschiedensten Elemente und Verbindungen, deren Deutung vom Standpunkte der Atomtheorie gerade im letzten Jahrzehnt so ungeheuerliche Fortschritte gemacht hat, wobei häufig gerade die letzten Dezimalen wichtige Entscheidungen über die Richtigkeit einer theoretischen Auffassung lieferten.

Der Verf. gibt zunächst einen historischen Überblick über die Entwicklung des Wellenlängensystems und bespricht insbesondere den Übergang von dem älteren ROWLAND'schen Wellenlängensystem zu dem neuen internationalen Wellenlängensystem, das seine Entstehung den Beschlüssen der internationalen Union für Sonnenforschung auf ihrer Oxford'er Tagung im

Jahre 1905 verdankt. Als Wellenlängeneinheit gilt seitdem die internationale ÅNGSTRÖM-Einheit, $1 \text{ Å.E.} = 1 \cdot 10^{-7} \text{ mm} = 1 \cdot 10^{-10} \text{ m}$. Um die Wellenlängen in dieser Einheit zu messen, muß also zunächst einmal die Wellenlänge mindestens einer Spektrallinie relativ zum Urmeter bestimmt werden. Diese Aufgabe ist bekanntlich zuerst von MICHELSON für die berühmte rote Cadmiumlinie gelöst worden. Die MICHELSONsche Methode findet, da sie in der Literatur schon mehrfach beschrieben ist, in dem EVERSHEIMSchen Büchlein nur kurze Erwähnung, um so ausführlicher wird dagegen die von BENOIT, FABRY und PEROT im Jahre 1907 mit ganz anderen Apparaten und noch ganz anderen Methoden durchgeführte Nachprüfung der MICHELSONschen Bestimmung beschrieben. Dabei wird das Prinzip der Interferenzmethode, der Aufbau des Interferenzapparates und der Gang der Messung in allen Einzelheiten besprochen. Die so gewonnene Wellenlänge der roten Cadmiumlinie hat den Wert $\lambda = 6438,4696 \text{ Å.E.}$ und bildet nun als sog. Normale 1. Ordnung das Fundament für das internationale Wellenlängensystem. Relativ zur roten Cd-Linie werden nun die Wellenlängen weiterer, über das ganze Spektrum verteilter Linien, der sog. Normalen 2. Ordnung bestimmt, und zwar auch nach interferometrischen Methoden, die im nächsten Kapitel des Buches ausführlich beschrieben werden. Die sekundären Normalen sind im allgemeinen Linien des Eisenbogens. Hier hat es sich als notwendig erwiesen, bei der Auswahl der Linien vorsichtig zu sein, da nicht alle Linien die für Normalen erforderliche Konstanz der Wellenlänge besitzen. Auch bei der Wahl der Lichtquelle ist besondere Vorsicht erforderlich. Unter Berücksichtigung dieser möglichen Fehlerquellen sind dann in den letzten Jahren Neubestimmungen der Normalen 2. Ordnung von verschiedenen Seiten durchgeführt worden, die, wie die Tabellenzusammenstellungen des Buches zeigen, im allgemeinen eine rechte gute Übereinstimmung aufweisen. Anschließend bringt das Buch auch Tabellen für die Wellenlängen der Normalen 3. Ordnung, im wesentlichen Eisenlinien, deren Wellenlängewerte aus Gitteraufnahmen durch Interpolation zwischen den Normalen 2. Ordnung gewonnen sind.

Sodann wird die Erweiterung der Spektralforschung nach dem ultravioletten und ultraroten Wellenlängengebiet besprochen und in einem letzten Kapitel wird die Röntgenspektroskopie behandelt. Hier beschränkt sich der Verf. nicht auf das spezielle Problem der Wellenlängenbestimmung, sondern gibt in elementar beherrschender Form einen Überblick über die Prinzipien der hier zu verwendenden spektroskopischen Methoden. Unseres Erachtens fällt dieser Teil aus dem Rahmen des Buches heraus, denn das, was gesagt wird, dürfte dem Leser dieses Buches, das doch kein elementares Lehrbuch sein, sondern ein ganzes spezielles Problem behandeln will, schon bekannt sein. Dadurch wird aber der Wert des Buches kaum beeinträchtigt, und es kann jedem Leser, der sich über das Problem und den Stand der Wellenlängenmessung orientieren will, bestens empfohlen werden.

Wir haben den Büchern der Sammlung Vieweg bereits gelegentlich einer früheren Besprechung eine etwas sorgfältigere und solidere Heftung gewünscht. Leider ist dieser Wunsch nicht in Erfüllung gegangen.

W. GROTRIAN, Berlin-Potsdam.

BECKER, KARL, *Die Röntgenstrahlen als Hilfsmittel für die chemische Forschung*. Sammlung Vieweg, Band 73. Braunschweig: Fr. Vieweg & Sohn A.-G. 1924. 97 S. und 60 Abbildungen. Preis RM 5.50.

Das Buch ist eine gedrängte Zusammenstellung

solcher Forschungsergebnisse der Röntgenspektroskopie, die für den Chemiker Interesse haben können, nicht eine Einführung in die Methode. Aber nur physikalische Chemiker, die Vorkenntnisse über Röntgenspektroskopie mitbringen und die schon mehr kristallographische Kenntnisse und Interessen haben, als es für Fachleute dieses Gebietes des Gewöhnliche ist — läßt doch EMKEN in seinem bekannten Lehrbuch die Kristallographie überhaupt fort —, werden dem Autor überall zu folgen vermögen. Wer aber die Voraussetzungen zum Verständnis erfüllt, wird von dem Buche einen erheblichen Gewinn haben.

Der Verf. behandelt zunächst kurz die Prinzipien der Röntgenspektroskopie und ihre Anwendbarkeit zur chemischen Analyse. Den größten Teil des Buches füllt eine Zusammenstellung von Kristallstrukturen wichtiger Elemente, anorganischer und organischer Verbindungen. Ein sehr vollständiges Literaturverzeichnis gestattet es, jede Angabe weiter zu verfolgen.

Wenn dies Buch unter den Chemikern der Röntgenforschung Freunde werben soll, wie der Verf. im Vorwort sagt, so muß man bedauern, daß die auch den reinen Chemiker interessierende chemische Analyse durch Röntgenstrahlen so sehr kurz behandelt ist. Z. B. sind die Möglichkeiten und Schwierigkeiten der quantitativen Analyse auch nicht annähernd vollständig angedeutet. Wundert muß sich der Chemiker darüber, daß in diesem physikalischen Buch die Entdeckung des Elementes 61 im Fluocerit durch HADDING noch erscheint (S. 19), während, wie V. M. GOLDSCHMIDT mitteilt (Geochemische Verteilungsgesetze der Elemente III, Kristiania 1924, S. 19, Fußnote 3), HADDING selbst diese Behauptung nicht mehr aufrecht erhält. Und schließlich wird niemand ohne kristallographische Vorkenntnisse auch nur die erste Einführung auf S. 25 ganz verstehen können, wo zunächst von 7 fundamentalen Achsenkreuzen die Rede ist (also das trigonale vom hexagonalen getrennt gezählt wird), während nachher in Figur und Text nur 6 aufgezählt werden, ohne daß die Diskrepanz irgendwo ausdrücklich aufgeklärt wird.

P. GÜNTHER, Berlin.

ENGBERDING, E., *Luftschiff und Luftschiffahrt in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft*. Eine allgemein verständliche Einführung in das moderne Luftschiffwesen und seine großen Probleme. Bau und Verwendung der Luftschiffe. Berlin: VDI-Verlag G. m. b. H. 1926. XXIV, 272 S., 119 Textabbildungen, 7 Vollbilder, 1 Tafel und 1 Bildnis des Grafen Zeppelin. Preis RM 9.—.

Das Werk veranschaulicht in vorzüglicher Weise unter Benutzung eines reichhaltigen und schönen Bildermaterials die enorme Summe von wissenschaftlicher Erfahrung und technischer Leistung, die in einem modernen Luftschiff verkörpert ist. Es will kein für den Fachmann geschriebenes Lehrbuch sein, sondern es vermittelt dem Laien in durchaus klarer und überzeugender Weise diejenigen technischen Kenntnisse, die zum Verständnis und zur Würdigung des deutschen Starrluftschiffes und seiner Entwicklung erforderlich sind. Dementsprechend behandelt der weitaus überwiegende Teil des Werkes die Theorie und Praxis des Zeppelin-Luftschiffes und die zu seinem Bau und seiner Verwendung nötigen Einrichtungen, als da sind Gerippe, Stoffhüllen, Traggas, Motoren und Betriebsstoff, Bauwerft und Luftschiffhäfen, Steuerung und Navigierung mit allen für die letztere notwendigen komplizierten Mechanismen, Apparaten und Instrumenten.

Die Vorläufer des Zeppelin-Luftschiffes, Freiballon und Drachenballon werden nur kurz erwähnt, und auch die anderen Luftschiffsysteme, wie Parseval, Groß-

Basenach, Siemens-Schuckert und Schütte-Lanz treten in der Schilderung gegen den Zeppelintypus zurück. Jedoch hebt der Verf. ausdrücklich die Verdienste der Firma Schütte-Lanz um den Luftschiffbau hervor, die darin bestanden, daß zum erstenmal ausgezeichnete Schiffbau-Ingenieure die bewährten Grundsätze des Schiffbaus sinngemäß und mit großem Erfolg auf das Luftschiff zur Anwendung brachten. In der Frage der Unterbringungshallen gibt der Verf. der drehbaren Halle den Vorzug, die zuerst von Professor KRELL für das Siemens-Schuckert-Luftschiff konstruiert wurde.

Der Abschnitt über die Verwendung des Luftschiffes als Waffe und als Verkehrsmittel schließt mit der Beschreibung eines Großluftschiffes der Zukunft mit Passagierkabinen wie auf Seeschiffen, Promenadengängen, Speisesaal usw. Ein kurzer Anhang ist der gegenwärtigen luftpolitischen Lage Deutschlands gewidmet.

O. BASCHIN, Berlin.
BERGER, RICHARD, **Die Schalltechnik**. Braunschweig: Fr. Vieweg & Sohn A.-G. 1926. IV, 115 S. und 97 Abbild. 14 × 22 cm. Preis RM 8.—.

Nach kurzer Behandlung der theoretischen Grundlagen der Schallerzeugung und der Vorgänge im Schallfeld gibt der Verf. einen Überblick über den derzeitigen Stand einer Reihe von Problemen der technischen Akustik. Schallerzeugung, Schallempfang, Schallabwehr, Hörsamkeit von Räumen, Schallsignalwesen, Schallvermessung, Schallanalyse sind hier als die hauptsächlichsten Gebiete zu nennen. „Die Schalltechnik“ ist allen denjenigen zu empfehlen, welche sich auf den genannten Gebieten orientieren wollen.

FERDINAND TRENDELENBURG, Berlin.
POLLITT, ALLAN A., **Die Ursachen und die Bekämpfung der Korrosion**. Aus dem Englischen übersetzt und bearbeitet von W. N. KREUTZFELDT. Braunschweig: Fr. Vieweg & Sohn A.-G. 1926. VIII, 182 S. und 39 Abbildungen. Preis geh. RM 11.—, geb. RM 13.—.

Es ist eine glückliche Idee gewesen, das vorzügliche Buch von POLLITT dem deutschen Leser in deutscher Übersetzung vorzulegen. Auf dem Gebiete der Korrosionsliteratur, im besonderen das Rosten des Eisens betreffend, herrscht die größte Verwirrung. Der Überblick über das Gebiet wird nicht nur durch die Fülle des Literaturmaterials, sondern vor allen Dingen auch durch seine Form erschwert. Beim Fehlen beinahe jeder sicheren experimentellen Methodik, bei der Unklarheit der prinzipiellen Grundlagen hat die reine Wissenschaft dieses unerfreuliche Gebiet lange vernachlässigt, und von der am Korrosionsproblem vital interessierten, vorwiegend technischen Seite ist eine überwältigende Menge von Experimentalarbeiten und theoretischen Erklärungsversuchen ausgegangen, die vielfach der Kritik nicht standhalten und deren Studium und Beurteilung dadurch außerordentlich erschwert werden. Schon die Fülle und Unübersichtlichkeit des Materials macht eine systematische Zusammenfassung unseres heutigen Wissens sehr schwierig, noch viel schwieriger wird sie durch die Notwendigkeit einer umsichtigen aber scharfen Sichtung und Kritik.

Beides ist dem Verf. vorzüglich gelungen. Die Theorien der Korrosion werden eingehend behandelt und kritisiert, jedoch in einer überlegenen und objektiven Art, die jeden Gedanken an eine subjektive Befangenheit des Verf.s ausschließen — und wie groß ist die Gefahr einer solchen Befangenheit auf diesem Gebiet! Trotzdem ist seine Darstellung kein Referat, sondern ein einheitliches Werk. Aber auch das Tatsachenmaterial kommt nicht zu kurz. In einer knappen und übersichtlichen Darstellung, die natürlich eine weit-

gehende Sichtung erfordert, wird mit einer seltenen Sicherheit das Wichtige und das anscheinend Richtige herausgeschält und mitgeteilt.

Bei weitem dem größten Raum nimmt im Buche von POLLITT die Behandlung der Korrosion des Eisens ein. Ein wertvolles Kapitel bringt eine Zusammenfassung von BENGOUGH über die Korrosion der Kondensatorrohre. Das Buch gliedert sich in 3 Teile: 1. Die Theorie der Korrosion, 2. Die Ursachen der Korrosion und 3. die Bekämpfung der Korrosion. Das Hauptinteresse beanspruchen wohl die Teile 2. und 3. Um einen Eindruck über die Vollständigkeit zu geben, mit der das behandelte Gebiet umspannt wird, sei der Inhalt des dritten Teiles genau angegeben: Die Reinheit der Metalle und ihre Verarbeitung. Oxydische und nichtmetallische Schutzüberzüge. Speisewasserbehandlung.

Wie das bei einem englischen Buch nicht anders zu erwarten ist, fußt der Verf. hauptsächlich auf den anglo-amerikanischen Forschungen. In zahlreichen durch kleineren Druck kenntlich gemachten Zusätzen hat der Übersetzer über die deutsche Forschung kurz berichtet. Diese Zusätze sind nicht in den Text hineingearbeitet, sondern ihm einfach angegliedert worden. Nur in dem Schlußkapitel über Speisewasserbehandlung ließ sich das nicht immer durchführen. Sehr wertvoll ist eine vom Übersetzer stammende Literaturübersicht am Ende des Buches. Durch diese Ergänzungen bei der Übersetzung ist der Wert des Buches für deutsche Leser noch erheblich erhöht worden. Die Übersetzung ist gut.

G. MASING, Berlin.
GOLDSCHMIDT, KARL, **Aluminothermie**. V. Band der Sammlung Chemie und Technik der Gegenwart, herausgegeben von WALTER ROTH in Köthen. Leipzig: S. Hirzel 1925. VI, 174 S., 81 Abbildungen im Text, 1 farbige Tafel und ein Bildnis von HANS GOLDSCHMIDT †. Preis geh. RM 10.—, geb. RM 12.—.

Es ist, wie der Berichtersteller aus eigener Erfahrung weiß, stets etwas Eigenes um das Schreiben von Büchern technischen Inhalts, wenigstens soweit sie als Monographien nicht über ein ausgedehnteres Gebiet der Technik, sondern nur über einen ihrer besonderen Zweige unterrichten sollen. Der Kreis der Leser solcher Bücher zerfällt in zwei voneinander grundverschiedene Gruppen, nämlich in die der eigentlichen Fachleute auf dem vorliegenden besonderen Gebiet und in die der Laien — Laien allerdings nur insofern, als sie meist auf wenigstens etwas verwandten Gebieten der Technik tätig sind oder z. B. von der Seite der Wissenschaft oder der Wirtschaft her an einzelnen Ergebnissen oder Fragestellungen des behandelten Stoffes ihr Wissen bereichern wollen. Auf beide Arten seiner Leser muß der Verf. einer technischen Einzeldarstellung gleichmäßig Rücksicht nehmen, will er einen möglichst umfassenden Leserkreis fesseln. Bekanntlich ist dies in den bis jetzt vorliegenden Bänden der Sammlung „Chemie und Technik der Gegenwart“, die von WALTER ROTH in Köthen herausgegeben wird, besonders gut gelungen, und ihnen schließt sich als 5. Band würdig das jüngste Werk dieser Sammlung an, „Aluminothermie“ von KARL GOLDSCHMIDT.

Man merkt es dem Verf., auch wenn er es im Vorwort nicht selbst ausdrücklich gesagt hätte, an, daß er aufs engste mit dem Werk seines Bruders HANS GOLDSCHMIDT, des Erfinders und Ausbauers der aluminothermischen Verfahren, verwachsen war und ist, und daß er selbst wohl einen nicht unerheblichen Anteil an dem Ausbau der Verfahren gehabt hat, wenngleich das Buch es taktvoll vermeidet, darauf im einzelnen Bezug zu nehmen. Auf 174 Seiten wird die Entwicklung der Aluminothermie geschildert, wie sie aus kleinen

Anfängen heraus über Fehlschläge und Enttäuschungen hinweg zu dem geführt hat, was sie heute darstellt, nämlich einen Kulturfaktor ersten Ranges, der dem deutschen Volke und in weiterer Auswirkung nicht nur diesem, sondern der ganzen Menschheit Millionen und Abermillionen an Volksvermögen erspart hat.

Auf zwei besonderen Gebieten liegt der Wert der Aluminothermie, einmal in der Herstellung kohlefreier Metalle und zweitens in der unmittelbaren Verschweißung von Schienen und Bruchstücken von Maschinenteilen; über beide Gebiete wird in eingehender, geradezu erschöpfender Weise in den 6 Kapiteln des Buches berichtet, von denen die beiden ersten der geschichtlichen Entwicklung der Aluminiumherstellung bzw. den aluminothermischen Vorarbeiten, die drei nächsten der aluminothermischen Metallgewinnung und das abschließende den aluminothermischen Schweißungen gewidmet sind. Daß von den drei mittleren Kapiteln das letzte, allerdings sehr kurz, auch solche Metalle behandelt, mit denen sich eine ähnliche Wirkung wie mit Aluminium erzielen läßt, ist dem Verf. besonders hoch anzurechnen, weist er doch hiermit deutlich die Wege, auf denen unter Umständen die Arbeiten fortzusetzen wären, obgleich ein besonderer Erfolg dort zunächst noch nicht zu winken scheint.

Zahlreiche Abbildungen und Statistiken vertiefen das Verständnis und machen das Buch auch für jemanden wertvoll, der sich z. B. nur für die wirtschaftliche Seite des Verfahrens interessiert; die statistische Aufstellung auf Seite 117 der von den gesamten Gesellschaften des GOLDSCHMIDT-Konzerns jährlich ausgeführten Thermitstöße (d. h. Schienenschweißung) zeigt besonders deutlich, welche Lücken der Weltkrieg und die Nachkriegszeit in die Wirtschaft nicht nur Deutschlands, sondern der ganzen Welt einschließlich Amerikas gerissen haben. Andererseits läßt die Lektüre dieses Buches zwischen den Zeilen wohl jedes seiner Kapitel ganz klar erkennen, worin unsere Aufgaben in der Weltwirtschaft angesichts der Beschränktheit unserer Rohstoffquellen bestehen: in der Durchdringung der Technik mit Material und Kräfte sparenden Verfahren, einer Veredelungsarbeit, die bekanntlich nur auf dem gut gepflegten Boden der Wissenschaft blühen und gedeihen kann.

In diesem Sinne sei das Buch jedem empfohlen, der von der Wahrheit des Wortes durchdrungen ist: „Es ist der Geist, der sich den Körper baut.“

H. ALTERTHUM, Berlin.

DUSHMAN, SAUL, Hochvakuumtechnik. (Deutsch von G. BERTHOLD und E. REIMANN.) Berlin: Julius Springer 1926. XI, 298 S. 14 × 21 cm. Preis geb. RM 22.50.

Das DUSHMANSche Buch gehört unzweifelhaft zu den wertvollsten Neuerscheinungen auf dem Gebiete der Hochvakuumliteratur. Eine besondere Bedeutung erhält das Werk dadurch, daß es klar den engen Zusammenhang zwischen deutscher und amerikanischer Forschertätigkeit erkennen läßt und damit zu weiterer Erfolg verheißender Zusammenarbeit auf diesem noch verhältnismäßig neuen Gebiet der technischen Physik anspornt. Für den wissenschaftlich Forschenden bildet das Werk ein kaum mehr entbehrliches Handbuch; der industriell und technisch Interessierte findet für alle Bedürfnisse und Fragen der Praxis erschöpfende Auskunft.

Der sehr umfangreiche Stoff ist in 4 Hauptabschnitte zergliedert. In knapper, aber durchaus klarer Form werden im ersten Teil die Hauptergebnisse der kinetischen Gastheorie aus den Grundgesetzen abgeleitet und gleichzeitig auf die Bedeutung dieser Gesetzmäßig-

keiten für die Physik des Vakuums hingewiesen. Eine ausführliche Beschreibung der Konstruktion und Wirkungsweise der Hochvakuum-pumpen folgt im zweiten Teile, der am Schlusse auch einige allgemeine Bemerkungen über Evakuierungsprozesse bringt. Der dritte Teil beschäftigt sich mit den Manometern für geringe Gasdrucke. Es werden dabei häufig die Originalveröffentlichungen im Originaltext gebracht. Die sich daran anschließende Kritik des Verfassers erscheint in einigen Fällen etwas zu wenig ausführlich und hebt auch nicht immer die offenbaren Mängel mancher Vakuummeßmethoden scharf genug hervor. Der weniger Eingeweihte ist nicht immer in der Lage, die richtige Auswahl selbst zu treffen.

Einen sehr breiten Raum und zwar fast die Hälfte des Buches nimmt der vierte Teil ein, der sich mit der Sorption von Gasen bei geringen Drucken in ausführlichster Weise beschäftigt. Für den Spezialisten ist daher dieser Abschnitt vielleicht der wertvollste, und zwar um so mehr, als er hier wohl zum ersten Male alles Wissenswerte auf diesem so schwierigen und teilweise noch unerforschten Gebiete zusammengetragen findet und ihm gleichzeitig auch ein lückenloser Literaturnachweis auf diesem Gebiete geboten wird. Außer dem experimentellen Material über alle Sorptions- und Gasauflösungserscheinungen wird auch die Theorie der Adsorption bei geringen Drucken ausführlich behandelt. Die Darstellung stützt sich in diesem Abschnitt im wesentlichen auf die Arbeiten LANGMUIRS, die auf diesem Gebiete in Amerika bahnbrechend gewirkt haben.

Das Buch schließt mit einem Anhang, in dem alle Formeln, Moleküldaten und Konstanten zusammengestellt sind, die für das Arbeiten auf dem Gebiete der Vakuumphysik von Bedeutung sind. Dem wissenschaftlich Forschenden dürfte diese Zusammenstellung ebenso willkommen sein wie dem technisch Interessierten, der sonst wohl kaum die Möglichkeit besitzt, sich diese Daten aus der Fachliteratur zusammenzutragen.

Nach Ansicht des Referenten könnte die Benutzung des Werkes als Handbuch durch Hinzugabe eines Sach- oder Schlagwortregisters wesentlich erleichtert werden.

Die Übersetzung des Werkes ins Deutsche ist als durchaus formvollendet zu bezeichnen.

W. GERMERSHAUSEN, Berlin.

FRIEDEL, WALTER, Elektrisches Fernsehen, Fernkinematographie und Bildfernübertragung. Berlin: Hermann Meußner 1925. XVI, 176 S. und 153 Abbild. 15 × 22 cm. Preis RM 8.—.

Das Buch unterscheidet sich von den meisten, allzu optimistischen Veröffentlichungen über das elektrische Fernsehen wohlthuend durch Sachlichkeit und kritischen Skeptizismus. Die vielen unkontrollierten Zeitungsnachrichten der letzten Zeit, welche das praktische Fernsehen bereits als Faktum hinstellten und weitere Kreise glauben machen wollten, daß es schon bald ohne große Kosten möglich sein werde, eine Theatervorstellung in einer fernen Stadt mit Hilfe der elektrischen Bildübertragung zu sehen, haben das Interesse für die Bildtelegraphie gewaltig entfacht. Dieser an sich erfreulichen Erhöhung des Interesses für die Bildtelegraphie steht der große Nachteil dieser Sensationsmeldungen entgegen, daß bereits viel zuviel erwartet wird, und diejenigen Kreise, welche durch praktische Verwendung der Bildtelegraphie dem Fortschritte am meisten dienen können, große Zeitungen, Banken, staatliche Institutionen verhalten sich abwartend gegenüber dem bereits Erreichten, weil ihnen in trügerischer Weise weit Sensationelleres in Aussicht gestellt wird. Es ist daher sehr zu begrüßen, wenn hier durch sachliche

Darstellungen aufklärend gewirkt wird; der Verf. hat dies in ausgezeichnete Weise getan; wenn sich sein Buch auch mehr an Fachleute richtet, so werden sich unter seinen Lesern auch solche Fachleute finden, welche die hier gebotene Übersicht in populären Darstellungen einem weiteren Kreise zugänglich machen werden.

Verf. berichtet über alle bisherigen Methoden der telegraphischen Bildübertragung, die Methode der Kopiertelegraphen, die Methode der lichtelektrischen Zellen, die Reliefmethode und die statischen Methoden. Nach Ansicht des Ref. ist Verf. in bezug auf die Reliefmethode ein wenig zu optimistisch: Alles, was die Reliefmethode leistet, kann durch die Methode der Kopiertelegraphen und die Methode der lichtelektrischen Zellen in gleicher Weise und teilweise noch besser erreicht werden, es bleibt aber immer bei der Reliefmethode die große Schwierigkeit der raschen Herstellung sauberer Reliefklischees für den Sender bestehen, und auch für den einfachsten Fall der Übertragung von Handschriften und Zeichnungen muß die Reliefmethode in bezug auf die Transmissionsgeschwindigkeit von der Methode der Kopiertelegraphen ganz gewaltig überholt werden können, zumal bei der drahtlosen Telegraphie, bei der die Kapazitätsschwierigkeiten langer Leitungen ausgeschaltet sind.

Den für die Bildtelegraphie so wichtigen Verstärkungsmethoden, die auf der Verwendung der Elektronenröhren basieren, ist ein breiter Raum gewährt, und es wird auch auf die neben den Selenzellen bereits für die Bildtelegraphie verwandten Alkalizellen eingegangen; desgleichen findet sich ein Hinweis auf die neuerdings verwandten *Kerrzellen* (CAROLUS), die auf der Veränderung der Doppelbrechung des Lichtes in einigen Flüssigkeiten durch elektrostatische Kräfte basieren und sich zu einer trägheitslosen Empfangsapparatur ausbilden lassen.

Verf. legt dar, wie jetzt schon die Bildtelegraphie vielen praktischen Zwecken dienstbar gemacht werden kann; in bezug auf das praktische Fernsehen kommt er durch seine kritischen Überlegungen zu Resultaten, wie sie auch Ref. in vielfachen Veröffentlichungen ausgesprochen hat, daß zur Zeit ein Fernsehen nur unter Verwendung gewaltiger Kosten, ohne Rücksicht auf die Wirtschaftlichkeit, verwirklicht werden kann. Das Problem ist theoretisch mit Hilfe einer großen Zahl von Leitungen bzw. in der drahtlosen Telegraphie mit Hilfe einer großen Zahl verschiedener Wellenlängen oder Frequenzen lösbar, und man muß von dem so ungeheuren Kosten erfordernden wirklichen Fernsehen die Konstruktion von Fernsehmodellen unterscheiden, welche lediglich Bilder mit einer geringen Zahl von Bildelementen übertragen können und den jüngsten Sensationsmeldungen als Unterlage dienen.

ARTHUR KORN, Berlin.

POESCHL, THEODOR, *Lehrbuch der Hydraulik für Ingenieure und Physiker*. Berlin: Julius Springer 1924. 192 S. und 148 Abb. Preis geh. RM 8.40, geb. RM 9.30.

Dieses Buch schließt sich an das vor 2 Jahren erschienene „Lehrbuch der technischen Mechanik“ an und ist wie dieses unmittelbar aus Vorlesungen an der Technischen Hochschule entstanden. Dadurch sind Umfang, Disposition und Darstellungsweise bestimmt; das Werk ist zur Einführung in das Studium des Gegenstandes sehr geeignet und kann als Lehrbuch für Studierende zur Ergänzung der Vorlesungen vielleicht

mehr als andere Werke empfohlen werden. Was den gesamten Gedankengang anlangt, so hätte der Referent allerdings eine weitere Durchdringung der hydraulischen Probleme mit hydrodynamischen Gesichtspunkten begrüßt; das physikalische Verständnis würde vielleicht doch gehoben, wenn die letzten Abschnitte, in welchen die hydrodynamische Theorie behandelt wird, weiter nach vorn rücken würden (schon damit sie vom Studierenden nicht übergangen werden).

Nach kurzer Klarstellung der grundlegenden Begriffe wird in einem ausführlichen ersten Teile die Statik der Flüssigkeiten behandelt; hier wird die Druckverteilung in schweren und beschleunigten Flüssigkeiten und Gasen berechnet, auf Probleme des Hebers, des Freiballons usw. hingewiesen; dann folgt eine ausführliche Berechnung des Druckes auf ebene und gekrümmte Wände, wobei schon, wie im ganzen Werk, der größte Wert auf vollständige praktisch brauchbare Durchführung der Rechnung und Hervorhebung praktischer Methoden gelegt ist. Der erste Teil schließt mit der Behandlung von Gleichgewicht und Stabilität schwimmender Körper. Der zweite Teil „Hydraulik“ nimmt natürlich den größten Raum ein. Es wird sofort der eindimensionale Ansatz eingeführt und die Druckgleichung gewonnen; dazu tritt bei der folgenden Behandlung der Ausflußprobleme der Impulssatz. Zunächst werden alle Aufgaben durchgeführt, welche mit Hilfe dieser Sätze gelöst werden können, insbesondere die Berechnung von Kräften auf Führungen, gerader und schiefer Strahldruck; dann werden auf der gleichen Grundlage auch die Vorgänge behandelt, bei welchen durch Stoß oder Mischung Verluste entstehen. Hier ist hervorzuheben, daß der Verfasser ein sehr reiches Zahlenmaterial bietet und an Hand von vielen Beispielen die praktische Anwendung der Lösungen aufzeigt.

Nun erst wird die Flüssigkeitsreibung eingeführt; die laminare und die turbulente Strömung werden unterschieden; auf die Schmiermittelreibung wird eingegangen; die Grundwasserbewegung (wie manche andere rein wasserbauliche Probleme in andern Abschnitten) wird nicht berührt. Für die turbulente Strömung werden empirische und halbempirische Gesetzmäßigkeiten gebracht, auch das Prandtl- von Kármáns Gesetz der Geschwindigkeitsverteilung. Vielleicht hätte sich ein tieferes Eingehen auf die Grenzschichtentheorie gelohnt. Nun schließen sich die Hauptprobleme der Hydraulik an: Rohrleitungen, Kanäle und Flüsse, Widerstand bewegter Körper, Tragflügel und Luftschräuben. Überall sind die neuesten Ergebnisse verwendet, Rechenmethoden und praktische Beispiele angegeben, sowie ein reichhaltiges Zahlenmaterial mitgeteilt.

Am Schlusse dieses Teiles stehen 2 Kapitel, welche die theoretische Hydrodynamik behandeln, und das Notwendigste über die hydrodynamischen Gleichungen, Zirkulation, Wirbel, sowie über konforme Abbildung enthalten.

Der 3. Teil, welcher die Dynamik der Gase bringt, ist kurz gehalten; die wichtigsten Eigenschaften und Zustandsänderungen der Gase, sowie Probleme des Ausflusses und der Strömung in Rohrleitungen werden diskutiert; auf thermodynamische Gesichtspunkte und die damit zusammenhängenden technischen Probleme wird nicht mehr eingegangen.

L. HOPF, Aachen.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Der Herausgeber hält sich für die Zuschriften und die vorläufigen Mitteilungen nicht für verantwortlich.

Über die Dispergierbarkeit organischer Kolloide.

Es gelingt, Cellulose in solcher Weise zu nitrieren oder zu acetylieren, daß aus einem Cellulosekrystallit wieder ein Nitro- oder Acetylcellulosekrystallit entsteht. Schätzt man die Dimensionen der 3 Arten der Krystallite aus der Breite der Röntgeninterferenzen, so findet man sie wenig verschieden; sie haben alle eine Längsdimension von etwa 100 Å. Bringt man solche Nitro- oder Acetylcellulose in kolloide Lösung, z. B. in Aceton, so findet man mittels Diffusion Dimensionen der Kolloidpartikeln, die wiederum von denen der Krystallite nicht weit entfernt sind. Man darf also schließen, daß die einmal zu einem Cellulosekrystall zusammengefaßte Anzahl von C_6 -Resten gegenüber verschiedenartigen Einflüssen, insbesondere auch gegen die Dispergierungsfähigkeit der Lösungsmittel, stabil ist.

Andersartige Beobachtungen sind beim Kautschuk gemacht worden. Nach noch unveröffentlichten Versuchen der Herren E. A. HAUSER und H. MARK ist die Länge der Krystallite im gedehnten Kautschuk ebenfalls etwa 100 Å. Bringt man dasselbe Präparat in kolloide Lösung, z. B. Petroläther, Äthyläther, Benzol, so findet man durch Diffusionsversuche, daß in den beiden erstgenannten Lösungsmitteln, wie bei der Cellulose, die Sekundärteilchen zu Primärteilchen dispergiert werden, während in Benzol die Zertrümmerung offenbar viel weiter geht.

Als Ausgangsmaterial für die Diffusionsversuche diente einerseits Rohkautschuk (smoked sheet), andererseits Kautschukfilme, die durch freiwilliges Eintrocknen von Kautschukmilchsaft im Laboratorium gewonnen waren; beide Materialien gaben im wesentlichen identische Resultate. Die Lösungen wurden durch 8–10-tägige Behandlung des fein zerschnittenen Kautschuks mit dem betreffenden Lösungsmittel in der Kälte und Abzentrifugieren der nicht quellbaren Bestandteile der Rückstand besteht aus dem sog. „Gelskelett“¹⁾, Eiweißstoffen usw.) bereitet.

Die Verteilung des dispergierten Kautschuks während der Diffusion gegen das reine Dispersionsmittel nach der Methode von OEHLMAN entspricht nicht dem Fickschen Gesetz, d. h. man hat es nicht mit Teilchen einer Größe zu tun; vielmehr sind offenbar der die Hauptmenge bildenden weniger dispersen Substanz schneller diffusible Stoffe beigemischt. Der „Diffusionskoeffizient“ ist daher für die verschiedenen Flüssigkeitsschichten im Diffusionszylinder keine Konstante, sondern nimmt von den unteren zu den oberen Schichten zu, und die Teilchengröße des wesentlichen Bestandteiles läßt sich nur annähernd — unter ausschließlicher Berücksichtigung des Diffusionskoeffizienten der untersten Diffusionsschicht — schätzen. Es ergeben sich bei Berechnung nach der EINSTEINSchen Formel in Petroläther und in Äther Teilchenradien von ca. 50 bis 100 Å, während in Benzol die Dispergierung bis zu annähernd molekularen Dimensionen geht. Wird ein aus einer Petrolätherlösung durch Eindunsten gewonnener Kautschukfilm wiederum in Petroläther gelöst, so sind Diffusionsgeschwindigkeit und Verteilung identisch mit derjenigen der ursprünglichen Lösung. Bemerkenswerte Unterschiede bestehen jedoch zwischen Rohkautschuk und durch Acetonextraktion entharztem Kautschuk, wie aus folgender, nach gleicher Diffusionszeit (5 Tage) gefundenen Verteilung in den verschiedenen Schichten hervorgeht:

	Rohkautschuk in Benzol	Entharzter Kautschuk in Benzol
Schicht I.	608,9	374,7
„ II.	116,6	240,9
„ III.	141,6	208,9
„ IV.	132,9	175,5

In dem nicht entharzten Kautschuk ist anscheinend der Zusammenhang der Teilchen viel fester.

Die Beobachtung, daß Kautschuk in geeigneten Lösungsmitteln (Benzol), im Gegensatz zu Cellulose, nicht nur bis zu Primärteilchen, sondern noch weiter dispergiert werden kann, entspricht der Tatsache, daß man die Bauelemente des Kautschuks erst durch mechanische Nachhilfe (Zug) zur Orientierung, d. h. in eine stabile Lagerung bringen kann, während die Cellulose relativ „leicht krystallisiert“, sobald einmal die C_6 -Reste zusammengetreten sind. Es ist also die Anziehung zwischen den Bausteinen bei dem Kohlenwasserstoff geringer als beim Polysaccharid. Vom Standpunkt der Valenzchemie kann das Verhalten auch so beschrieben werden, daß man sagt: die Affinitäten, die die Zuckerreste im Polysaccharid zusammenhalten, sind stärker als die von der Doppelbindung des Kohlenwasserstoffes ausgehenden Kräfte.

Wir beabsichtigen die Abhängigkeit der Dispergierbarkeit hochmolekularer Stoffe von der Natur der die Bauelemente zusammenhaltenden chemischen Kräfte weiter zu verfolgen.

Berlin-Dahlem, den 26. April 1926, Kaiser Wilhelm-Institut für Faserstoffchemie.

R. O. HERZOG, D. KRÜGER.

Über Interferenz von Kanalstrahlenlicht.

In den „Naturwissenschaften“ vom 2. April schlägt Prof. EINSTEIN einen Versuch vor — unter Hinweis auf eine Arbeit von E. RUPP (Naturwissenschaften vom 30. April) —, welcher, durch Benutzung von Interferenz von Kanalstrahlenlicht, zwischen der Pulstheorie und der Wellentheorie des Lichtes entscheiden sollte. Leider scheint die Arbeit von Herrn RUPP aus zwei Gründen nicht ganz unanfechtbar, und daher ist es unsicher, einmal ob dieser Vorschlag praktisch durchführbar ist, und ferner ob er überzeugend wäre, wenn er tatsächlich möglich wäre.

Herr RUPP glaubte, Interferenz bei einem Wegunterschiede von 15,2 cm bei der Linie $H\beta$ zu bekommen. Soviel man aber weiß, zerstört das elektrische Feld im Entladungsrohr die Querkomponenten der Atombewegungen nicht, vielmehr überlagert es nur eine große Längskomponente; theoretisch sollte es dann nicht möglich sein, Interferenz bei einem längeren Wegunterschiede zu erhalten, als man es bei gewöhnlicher Erregung bei Zimmertemperaturen bekommt. Der größte zu erwartende Betrag hierfür ist 3,5 cm für $H\beta$ (BUISSON und FABRY, Journ. de phys. 2, 444, 1912), und es ist zweifelhaft, ob bei Kanalstrahlen dieses Maximum erreicht werden könnte; wenn nämlich ein Atom, welches schon eine gewisse Beschleunigung erfahren hat, eine kleine Ablenkung erleidet, so wird es gegen die Wärmebewegungen eine große Querkomponente besitzen. Aus diesen Gründen habe ich vor ungefähr drei Jahren ein Vorhaben, die Emissionsdauer aus dem Gangunterschiede bei Interferenzversuchen an Kanalstrahlen zu bestimmen, aufgegeben. Wenn man sich nun auf die Ergebnisse des RUPPschen Versuches vollständig verlassen kann, so müßte man schließen, daß nicht nur keine geladenen Atome bei

¹⁾ H. FEUCHTER, Kolloidchem. Beih. 20, 434. 1925.

Zusammenstoßen vor oder innerhalb der Kathode durch kleine Winkel abgelenkt werden, sondern daß auch Atome, die merkliche Querkomponenten der Wärmebewegung besitzen, überhaupt nicht geladen werden. Natürlich würde man eine solche Annahme nur machen, wenn man die schärfsten Beweise hätte.

Nun aber scheint es, daß, wenn tatsächlich die Kanalstrahlen eine monochromatischere Lichtquelle darstellen könnten als ein gewöhnliches Geißlerrohr, dieses sich nicht, soweit man aus der Arbeit entnehmen kann, durch den RUPPSchen Apparat feststellen lassen würde. Bei seinem optischen System hat er durchweg großen Wert auf ein weites Öffnungsverhältnis der Linsen gelegt; es ist schwer zu verstehen, wie man unter solchen Umständen Interferenzbeobachtungen bei schnell bewegten Lichtquellen, wären sie selbst noch so genau monochromatisch, bei großem Gangunterschiede machen kann. Da Herr RUPP eine Linse von $f/3,5$ in der doppelten Brennweite benutzte, so divergierten die äußersten Lichtstrahlen von jedem Punkte des Kanalstrahlbündels um einen Winkel von 8° ; bei einer Geschwindigkeit von $7 \cdot 10^7$ entspricht dies einer Weite für $H\beta$ von $1,58 \text{ \AA}$. Der Gangunterschied L ergibt sich ungefähr aus der Formel $L = n\lambda = \frac{c}{V} \cdot \frac{\lambda}{4 \cos \varphi}$, wo φ den kleinsten Winkel zwischen Lichtstrahlrichtung und Bewegungsrichtung bedeutet.

Wenn L tatsächlich $15,2 \text{ cm}$ betragen soll, darf daher φ nicht kleiner als $89^\circ 58,8'$ sein, d. h. das Öffnungsverhältnis dürfte höchstens $f/1430$ erreichen. Ob die Blenden bb , die Herr RUPP erwähnt, das Verhältnis wirklich so weitgehend erniedrigten, kann man aus seiner Arbeit nicht entnehmen; wegen der daraus folgenden Lichtschwäche aber scheint es wenig wahrscheinlich. In jedem Falle wäre es sehr schwer gewesen, alles Licht mit einer Dopplerkomponente größer als $\frac{V}{c} \cdot \sin \alpha \cdot 1,2'$ auszuschließen, wenn man ein Bild, das unter einem Winkel von $20'$ erscheint, beobachtet.

Wenn ich bei diesen Überlegungen recht habe, so folgt: 1. Wegen der Wärmebewegung ist ein Gangunterschied von mehr als $3,5 \text{ cm}$ nicht erreichbar. 2. Um dieses bei monochromatischem Lichte zu bekommen, darf der Öffnungswinkel höchstens $10,5'$ betragen. 3. Selbst dieser verkürzte Gangunterschied ist noch nicht beobachtet worden.

Es muß weiter betont werden, daß wegen der Zusammenwirkung der Linienbreite und des Öffnungsverhältnisses der Linsen nur die Hälfte der oben erwähnten $3,5 \text{ cm}$ zu erwarten ist; demzufolge wird das Drahtgitter für den Versuch von Herrn Prof. EINSTEIN so klein werden müssen, daß nicht nur die Tiefe des Kanalstrahlbündels, die groß gegen die Spaltbreiten wird, sondern auch vielleicht die Beugung des Lichtes Schwierigkeiten einführen könnte. Die Sache ist also sowohl aus theoretischen als auch aus technischen Gründen viel schwerer, als sie bei Annahme der RUPPSchen Ergebnisse wäre.

Oxford, Clarendon Laboratory, den 5. Mai 1926.
R. D'E. ATKINSON.

Optische Bestimmung der Dissoziationswärmen der Halogene.

Das sichtbare Absorptionsspektrum des molekularen Jod besteht aus einer großen Zahl von Banden, die sich vom Grün bis ins Infrarot erstrecken, und aus einem kontinuierlichen Absorptionsgebiet im Blau. Die Banden lassen sich, wie R. MECKE (Ann. 71, 104) ge-

zeigt hat, in eine Reihe von Kantenserien ordnen, deren Glieder sich durch eine DESLANDRESSCHE Formel darstellen lassen. Die Serie, deren Glieder vom nicht-schwingenden Anfangszustand ausgehen, zeigt in der Richtung abnehmender Wellenlängen ein gesetzmäßiges Aneinanderrücken der Kanten. Die Stelle der Konvergenz läßt sich mit erheblicher Genauigkeit auf $\lambda = 4995 \text{ \AA-E.}$ extrapolieren. An dieser Stelle setzt die kontinuierliche Absorption ein.

Eine von mir ausgeführte Untersuchung der Absorptionsspektren von Brom und Chlor hat nun gezeigt, daß sie eine ganz analoge Struktur besitzen wie das des Jod, insbesondere, daß die dem nichtschwingenden Anfangszustand zugeordneten Kanten eine deutliche Konvergenzstelle besitzen, an die sich eine starke kontinuierliche Absorption anschließt.

Nach einer theoretischen Deutung von J. FRANCK (Trans. Faraday Soc. 1925 u. Z. S. f. Phys. Ch. 120, 144. 1926) bedeutet eine solche Konvergenzstelle die Trennung des Moleküls in ein normales und ein angeregtes Atom, so daß

$$h\nu_c = D + A$$

wenn ν die Frequenz der Konvergenzstelle, D die Dissoziationswärme des Moleküls und A die Anregungsenergie des Atoms ist. Diese Auffassung wird gestützt durch die Untersuchung der Jodfluoreszenz durch DYMOND (Zeitschr. f. Phys. 34, 553. 1925), eine noch nicht publizierte Arbeit von SPONER und BIRGE (vorgetr. in der Sitzung der Americ. Phys. Soc. März 1926) über einige erst seit kurzer Zeit bekannte Absorptionsspektren, sowie eine Untersuchung der ultravioletten Emissionsbanden des Wasserstoffes durch WITMER (Proc. of the nat. acad. of sciences (U. S. A.) 12, 238. 1926).

Im Falle der Halogene ist die Anregungsenergie des Atoms $A = 2p_2 - 2p_1$. Da das Termsystem keines der Halogene bekannt ist, ließ sie sich bisher nur aus der Term aufspaltung der Edelgas-Ionen abschätzen (J. FRANCK l. c., vgl. Tabelle, Spalte III). Eine neuerdings erfolgte Untersuchung der Linienspektren der Halogene durch TURNER (Phys. review 27, 397. 1926), hat die Ergebnisse dieser Abschätzung von FRANCK bestätigt (Spalte IV). Durch Kombination dieser genauen Werte mit den beim Jod von MECKE, bei Brom und Chlor von mir ausgeführten Messungen der Konvergenzstellen ist es nunmehr möglich, die Werte der Dissoziationswärmen der 3 Halogene $D = h\nu_c - (2p_2 - 2p_1)$ mit optischer Genauigkeit anzugeben (Spalte V).

Tabelle.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
	Wellenl. d. Kon- verg.- Stelle	$h \cdot \nu_c$	$2p_2 - 2p_1$ J. Franck	$2p_2 - 2p_1$ Turner	D berechn. II. - IV.	D nach Land- Bornst.
Jod..	4995 Å	2,469 Volt	0,9 V	0,937 V	$\left\{ \begin{array}{l} 1,53 \text{ V} \\ = 35,2 \text{ Kal} \end{array} \right.$	34,5 Kal
Brom	5107 Å	2,415 Volt	0,4 V	0,454 V	$\left\{ \begin{array}{l} 1,96 \text{ V} \\ = 45,2 \text{ Kal} \end{array} \right.$	46,2 Kal
Chlor	4785 Å	2,577 Volt	0,1 V	0,109 V	$\left\{ \begin{array}{l} 2,468 \text{ V} \\ = 56,9 \text{ Kal} \end{array} \right.$	57 Kal

Die Genauigkeit dieser optisch bestimmten Dissoziationswärmen beträgt bisher einige Promille, übertrifft also bei weitem die der thermodynamisch gemessenen Werte, mit denen sie übrigens eine bemerkenswerte Übereinstimmung zeigen. Die weiteren Ergebnisse der Messungen werden in der Dissertation veröffentlicht werden.

Göttingen, II. Physikalisches Institut, den 15. Mai 1926.
HEINRICH KUHN.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft (Berliner Zweigverein).

In der Sitzung am 2. Februar 1926 hielt Herr Dr. Wussow einen Vortrag über: **Die Häufigkeit zu nasser und zu trockener Sommermonate in Ostpreußen und die Bedeutung von Beregnungsanlagen für die Landwirtschaft.**

Die Grundlage der Untersuchung bilden die Niederschlagsbeobachtungen der vierzigjährigen Periode 1886 bis 1925 von 66 ziemlich gleichmäßig verteilten ostpreussischen Stationen. Aus ihnen wurden zunächst die absolute Häufigkeit der Stufenwerte von je 20 mm bis zu 100 mm, der Stufen 101 bis 150, größer als 150 und von 0 bis 50 mm für die 6 Sommermonate April bis September abgeleitet und diese auf Grund der regionalen Verteilung zu Mittelwerten für die Küste, das Zwischengebiet und das Binnenland zusammengefaßt. Danach sind in den Monaten April bis Juli die kleinen Mengen von 0 bis 50 mm an der Küste häufiger als im Binnenlande, während im August und September die Verhältnisse sich umkehren. Große Mengen (> 100 mm) sind bis zum Juli im Binnenland, im August und September dagegen an der Küste häufiger.

Wenn man davon ausgeht, daß im norddeutschen Flachland für die Landwirtschaft in den Monaten April und Mai 40 bis 80 mm, im Juli bis August 50 bis 100 mm und im September 50 bis 80 mm Niederschlag als vorteilhaft gelten können, so errechnen sich im Durchschnitt für ganz Ostpreußen folgende Häufigkeiten für trockene, vorteilhafte und nasse Monate:

	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.
Trocken . .	58	46	37	30	24	40
Vorteilhaft .	38	44	52	37	48	35
Naß	4	10	11	33	28	19

Ihrer örtlichen Verteilung nach ist die wahrscheinliche Häufigkeit der nassen Monate an der Küste und im Südwesten Ostpreußens am geringsten, größer dagegen bei den Kernsdorfer Höhen, bei den Erhebungen östlich von Mehlsack und nördlich von Königsberg, im Memelgebiet und in der Umgebung der großen ostpreussischen Seen. Diesen Nasseperioden mit den bekannten unangenehmen Folgen steht der Landwirt im allgemeinen machtlos gegenüber. Anders ist es aber bei den Trockenperioden, deren Wirkungen bei dem heutigen Stande der Technik auf ein geringes Maß zurückgeführt werden können, wenn durch künstliche Beregnung dem Boden das nötige Wasser zugeführt wird. Der Vortr. berichtet darüber, wie weit solche Beregnungsanlagen in Ostpreußen bereits in Tätigkeit sind (1922 32 Anlagen auf 13 000 Morgen). Als notwendig für die Entwicklung der Kulturpflanzen sind im April und Mai 40, im Juni bis September wenigstens 50 mm Regen anzusehen. Monate, die diese Mengen nicht erreichen, bezeichnet der Kulturtechniker als **Regenklemmen**.

Um dem Praktiker Unterlagen dafür zu geben, wo Beregnungsanlagen mit der größten Aussicht auf Erfolg gebaut werden können, hat der Vortr. Karten der Häufigkeit der Regenklemmen für den ganzen Sommer und für die einzelnen Monate entworfen. Ihre größte Zahl findet sich im westlichen Samland, auf den Nehrungen, in der Umgegend von Memel, im südwestlichen Masuren und am Löwentinsee. Diese Gebiete sind also am stärksten durch Trockenperioden gefährdet. Die wenigsten Regenklemmen hat die mittlere Passarge und Alle und das Gebiet nordwärts davon bis nach Zinten, ferner das südöstliche Masuren, das Gebiet der Seesker Höhen und ein Streifen nörd-

lich vom Pregel und im Memelgebiet. Außerdem wurde festgestellt, wie häufig sich die Regenklemmen über 2, 3 oder mehr Monate erstreckten.

In dem Schluß des Vortrages wurde auf die verschiedenen Typen der Beregnungsanlagen kurz eingegangen und in einigen Überschlagsrechnungen gezeigt, welche Fläche in einer bestimmten Zeit beregnet werden kann, welche Wassermengen hierzu nötig sind und wie sich die Rentabilität der ganzen Beregnungsanlage gestaltet.

In der Sitzung am 2. März 1926 behandelte Herr Professor KÜHL **Aufgaben und Hilfsmittel der atmosphärischen Akustik.**

Die akustische Meteorologie hat sich erst im letzten Jahrzehnt seit dem großen Kriege entwickelt. Vor 20 Jahren würde man zu ihr etwa nur das Phänomen der Hörbarkeit des Donners oder die Erscheinung des „Seebären“ gerechnet haben. Als man von Fall zu Fall daran ging, die Schallausbreitung bei großen Explosionen zu studieren, fand man außer einem die Explosionsstelle unmittelbar umgebenden Gebiet normaler Hörweite noch ein zweites Gebiet, das viel ausgedehnter ist und als „äußere Hörbarkeitszone“ bezeichnet wird. Sie ist von der inneren Zone durch die „Zone des Schweigens“ getrennt, in der die Explosion nicht gehört wird. Ihre Erklärung wird in Schallreflexion teils an ganz hohen Schichten, teils an einer vermuteten Inversionsschicht in etwa 40 km Höhe gesucht. Eine Einigung der sich widerstreitenden Ansichten ist noch nicht erzielt worden.

Der Vortr. betont, daß die Schallausbreitung in der normalen Hörbarkeitszone noch nicht vollkommen geklärt ist und erörtert daher in dem ersten Teil seines Vortrages in großen Umrissen eine Reihe von Problemen, die mit den heute zur Verfügung stehenden Mitteln in Angriff genommen werden können. So ist es zunächst möglich, die Mitteltemperaturen ganzer Luftsäulen durch die exakte Bestimmung der Schallgeschwindigkeit zu ermitteln. Der Meinung, daß es sich dabei empfehlen würde, den Schall hin- und zurücklaufen zu lassen (Echomethode) oder zwei Schallquellen zu benutzen, wurde allerdings in der Diskussion mit dem Hinweis widersprochen, daß der rücklaufende Schall nicht mehr die gleichen Verhältnisse wie auf dem Hinweg antreffen wird. Ferner wird man sich mit der Untersuchung der niedrigen Inversionen zu beschäftigen haben. An meßbaren Bestimmungstücken stehen die Laufzeiten, die Schallintensitäten, die auch auf kleine Entfernungen Schwankungen im Betrage von 1 : 100 aufweisen können, und die Wellenlängen zur Verfügung. Von letzteren ist bis jetzt allerdings nur wenig Gebrauch gemacht worden, und nur auf größere Entfernungen zeigt sich eine gewisse Aussonderung. Die Zeitdifferenz bei der Erscheinung des „Doppelknalls“ ist besonders zu beachten. Der innere Rand der Zone des Schweigens ist genauer festzulegen. Die Erfahrung hat gezeigt, daß die Zone der unmittelbaren Schallausbreitung nach einer Seite sehr eingeeignet ist. Wie weit hierbei der Wind einen Einfluß hat, ist noch näher zu bestimmen. In der Sicherung der Schifffahrt durch akustische Signale (Nebellhörner) gewinnt dies Problem große praktische Bedeutung. Schließlich wäre die Richtungsbestimmung, die mit dem Horchapparat vorgenommen wird, durch Berücksichtigung meteorologischer Daten zu verbessern.

Im zweiten Teil seines Vortrages ging der Vortr. auf die Methodik der Forschung und die Apparatur ein.

Als schallerregende Quellen kommen nur große Explosionen in Frage. Da das Ohr in seiner Aufnahmefähigkeit begrenzt ist, bedient man sich gewisser Apparate. Diese können entweder so gebaut sein, daß sie auf die langen Sprengwellen ansprechen, oder man muß eine Schallquelle anwenden, die zwar intensiv genug ist, aber kurze Wellen aussendet. Am zweckmäßigsten ist es, sich abgestimmter Wellen zu bedienen, da man sich auch dadurch von den gewöhnlichen Windturbulenzstörungen frei macht.

Die bis jetzt angewandten Apparate bestehen in der Hauptsache aus einer druckaufnehmenden Platte, deren Bewegung registriert wird. Nach diesem Prinzip arbeitet der Fensterscheibenoscillograph, wobei die aufnehmende Fensterscheibe nicht dem Schall zugewandt zu sein braucht, dagegen nicht dem Wind ausgesetzt sein darf, da die Turbulenz am Gebäude sich als Hauptfehlerquelle erwiesen hat. Bewährt hat sich auch der sog. Kolbenapparat; hierbei schwebt in der röhrenförmigen Öffnung eines Glasballons eine leichte Metallplatte, die mit einer Torsionswaage in Verbindung steht. An Stelle der Platte kann auch die Bewegung einer Membrane zur Registrierung gebracht werden. (Membranvariograph.) Da es für die Empfindlichkeit des Apparates sehr wesentlich ist, die Schwingungsdauer herabzusetzen, wurde an Stelle der Metallplatte auch eine Glimmerplatte verwandt. Diese Abänderung hat sich bewährt, es konnten Wellen bis zu Zehntelsekunden aufgenommen werden.

Da es sich als notwendig erwies, einen transportablen Apparat zu schaffen, hat der Vortr. einen solchen gebaut. Er besteht in der Hauptsache aus einem rechteckigen Kasten, der zugleich als Dunkelkammer dient, und an dessen Stirnseite in einer rechteckigen Öffnung eine Glimmerplatte schwingt. Mit dieser ist ein Spiegel fest verbunden, dessen Bewegungen durch einen von ihm reflektierten Lichtstrahl zur Registrierung gebracht werden. Der Apparat registriert nicht den Druck, sondern nur die Bewegung der Luft. Durch Vorlage von Registrierungen wird die Arbeitsweise des Apparates gezeigt.

Der große Vorteil der Registrierungen liegt vor allem in der Zeitgenauigkeit. Während die Ohrbeobachtungen im Mittel nur auf halbe Sekunden genau sind, läßt sich die Registrierung auf $\frac{1}{20}$ Sekunden auswerten.

Zum Schluß erörtert und kritisiert der Vortr. einige weitere mögliche Meßmethoden, wie die Anwendung von Mikrophonregistrierungen, die aber nicht empfehlenswert sind, ferner die Ausbildung einer Membran als Kondensator, die Messung von optischen Interferenzen, die Verwendung der Flamme. Diese meist recht komplizierten Methoden kommen aber nur in Frage, wenn die Form der Wellen studiert werden soll. Für das augenblickliche Programm genügen die jetzt im Gebrauch befindlichen Apparate, notwendig wären allerdings abgestimmte Geber und abgestimmte Empfänger.

Vor einem größeren Kreis sprach am 30. März 1926 Herr Prof. H. v. FICKER über **Klima und Klimawirkung in Turkestan**. Die Ausführungen wurden durch zahlreiche Lichtbilder unterstützt.

Als Repräsentant eines Gebirges, das einen außerordentlich großen Gegensatz zu dem trockenen Turkestan bildet, zeigte der Vortr. zunächst Bilder aus dem Kaukasus, wo im Ingurtal bei großem Niederschlagsreichtum und hoher Temperatur Urwaldvegetation gedeihen kann.

In Turkestan ist dagegen wegen der Trockenheit Besiedelung nur in den Randzonen möglich. Charakteristisch ist der Verlauf der Isothermen im Januar mit einer kräftigen Ausbiegung nach Süden, wodurch eine starke negative Temperaturanomalie zum Ausdruck kommt, die durch die von Norden ungehindert eindringenden Kaltluftwellen verursacht wird. Die Isothermen des Februar zeigen die gleiche Erscheinung, und zwar fällt hier die Drängung der Isothermen mit der Grenze der Schneedecke zusammen. Infolge der schnellen Erwärmung der hochgelegenen kontinentalen Landmassen ist der Frühling verhältnismäßig warm, was sich in einem starken Wärmeüberschuß des April gegenüber dem Oktober äußert. Der Sommer ist selbst auf den hochgelegenen Pässen sehr heiß. Die Jahreschwankung ist sehr bedeutend. In Kasalinsk entspricht z. B. die mittlere Januartemperatur von $-11,4^{\circ}$ dem Spitzbergenklima, die Julitemperatur mit $26,5^{\circ}$ dagegen dem Sizilienklima.

Die vorgeführten Aufnahmen entstammten in der Hauptsache Buchara und der Kette Peters des Großen. Sie gaben Veranlassung, auf die mannigfachen Wirkungen des Klimas, z. B. auf Bevölkerungsdichte, Bauweise der Häuser usw., hinzuweisen. **Kn.**

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

Am 6. März 1926 hielt Professor KURT HASSERT (Dresden) einen Vortrag mit Lichtbildern über das **Kamerungebirge und seine Bewohner**.

Die großartige landschaftliche Wirkung des Kamerungebirges beruht darauf, daß sich dieses höchste Gebirge Westafrikas, in einem Zuge von der Meeresküste aufsteigend, bis zu 4075 m Höhe erhebt. Es bedeckt eine rundliche Fläche von etwa 2000 qkm, also fast von der Größe des Harzes. Die Hauptmasse ist durch vulkanische Ausbrüche seit der Kreidezeit aufgeschüttet worden. Dann verstopfte sich der alte Ausbruchsweg, und an den Flanken des Berges erfolgte eine Reihe von neuen Ergüssen. Nur die Nordwestseite zeigt die für Vulkanberge typische kegelförmige Abdachung, während die Südostseite steiler geböscht und unregelmäßiger gestaltet ist. Dieser Steilabsturz, der nur bei Buea durch tiefe schroffwandige Regenschluchten gegliedert wird, dürfte wohl durch eine Absenkung längs einer Bruchlinie in der Erdkruste zu erklären sein.

Wenngleich sich ein eigentlicher Grabenbruch, analog dem ostafrikanischen, in Westafrika nicht nach-

weisen läßt, so erstreckt sich doch über Nordkamerun eine breite, durch Gräben und Horste, Vulkane und Deckenergüsse von Basalten und Trachyten gekennzeichnete vulkanische Zerrüttungszone, die sich von Adamaua südwestwärts über die Inseln der Biafrabucht weit in den Atlantischen Ozean hinein, vielleicht bis St. Helena, fortsetzt.

Der höchste Gipfel des Gebirges, der Fako, ist eine aus Lavaschichten und Aschen bestehende, längst erloschene Vulkanruine, die in buntfarbigen steilen Wänden zum Kraterkessel abstürzt. Die umfassende Aussicht erstreckt sich über abgerundete Mittelgebirgsformen bis zu der weit draußen im Ozean liegenden Insel Fernando Póo. Auf dem Berge selbst sieht man ein Gewirr von Lavaströmen, die, gewaltigen Eisenbahndämmen vergleichbar, sich in die Tiefe ziehen, um in der Urwaldzone dem Auge zu entweichen. Ihre Ursprungsherde sind viele kleinere Kraterberge und Schlackenkegel. Mit der Aufschüttung des Fako scheinen die vulkanischen Gewalten ihren Höhepunkt erreicht zu haben. Später bildeten sich dann weit über 100 kleine parasitische Nebenkrater,

häufig von Hufeisenform, die einzeln oder gruppenweise auftreten. Kraterseen fehlen dagegen vollständig, weil der poröse Boden keine Wasseransammlungen zuläßt. Es handelt sich bei diesen parasitären Kratern um kurzlebige Vulkane, deren Eruptionstätigkeit sich, wie es z. B. in den Jahren 1909 und 1922 der Fall war, in wenigen Wochen erschöpft. Die Lava erstarrt in den Eruptionskanälen ziemlich schnell, so daß immer neue Ausbruchsstellen entstehen, die der südwest-nordöstlich gerichteten Hauptachse des Gebirges folgen. Eine solche im Nordosten gelegene Ausbruchsstelle ist der ROBERT MEYER-Krater, der sich jetzt im Solfatarenstadium befindet. Bei der letzten Ausbruchsperiode bildeten sich im Urwald des Südwesthanges in 1000 m Höhe am 21. Februar 1922 unter starken Erderschütterungen 5 neue Krater, deren Lava durch den breiten Pflanzungsgürtel von Bibundi bis ins Meer floß und hier eine Landzunge von 300 m Länge bildete.

In dem lockeren vulkanischen Boden versickert das Wasser schnell, so daß es bei Expeditionen in den Hochregionen als Vorrat mitgeführt werden muß. Die Eingeborenen der oberen Bergdörfer müssen es stundenweit herholen. Dennoch ist das Kamerungebirge ein gewaltiger Feuchtigkeitssammler. An der Küstenstation Debundsha beträgt die mittlere jährliche Regenhöhe 10 m; 1902 wurden sogar 14 133 mm gemessen. Da man eine Zunahme des Niederschlages in den höheren Regionen voraussetzen kann, so dürfte die Regenmenge nur von sehr wenigen Stellen unserer Erde, vielleicht sogar von keiner, übertroffen werden.

In der Urwaldzone ist die Luft so feucht, daß Kleider und Bücher schimmeln. Der Seewind führt dichte Nebelschwaden heran, die den Behang der Bartflechten an den Bäumen ständig triefend naß erhalten. Zeitweilig bedeckt Neuschnee den höchsten Gipfel. Die Eingeborenen, denen der Schnee unbekannt ist, deuten diese Erscheinung so, daß der Berggeist Efasse seine weißen Kleider zum Trocknen ausbreite. Die Vegetation des Gebirges zeigt alle Übergänge. Am Meere setzt der tropische Regenwald ein, dessen Bäume durch besondere Anpassungen, wie z. B. Träufelspitzen an den Blättern, auf die übermäßige Feuchtigkeit eingestellt sind. Turmhohe, durch Bretterwurzeln gestützte Baumriesen bilden einen Wald über dem Walde. Der echte tropische Regenwald reicht nur bis etwa 1000 m Höhe. Darüber hinaus gebieten die kühlen Nächte dem weiteren Vordringen der Öl- und Weinpalm Halt. Es beginnt ein luftigerer Bergwald, in dem Baumfarne die anmutigsten Baumgestalten bilden. Bei 1800 m geht der Wald, seines tropischen Charakters fast ganz entkleidet, in den Höhen- oder Nebelwald mit dichten Flechten- und Moospolstern über, dessen nordischer Habitus an die Heimat erinnert. Die Waldgrenze befindet sich in 1700 bis 2300 m Höhe, am tiefsten an der Ostabdachung, die im Regenschatten liegt. Nun folgen die hellgrünen, in der Trockenzeit gelb und braun gefärbten Grasmaten der Hochweiden mit ihren weiten Fernsichten. Die obersten Teile des Nebelwaldes sterben infolge der von den Eingeborenen verursachten Grasränder ab, vielleicht auch infolge eines allgemeinen Trockenerwerdens des Klimas. Der trockene, sturmartige Bergwind verhindert das Aufkommen neuer Bäume, so daß die Waldgrenze an dieser Stätte des Kampfes ums Dasein stetig hinabrückt. Das hier noch 1 m hohe Gras wird in den oberen Regionen immer niedriger, bis schließlich kahle Geröllhalden, Aschenfelder und nacktes Lavagestein die Landschaft beherrschen.

Das Gebirge ist nur dünn besiedelt. Im Nordwesten

wohnen etwa 3000 Bambuko, im Südosten 20 000 Bakwiri. Die Siedlungsgrenze wird bestimmt durch das Wasservorkommen und die Minimaltemperaturen der Nächte. Die Dörfer bleiben im allgemeinen unterhalb 900 m. Die aus den biegsamen Rippen der Raphiapalmen gefertigten rechteckigen Schrägdachhütten stehen wegen der Lebensfeindlichkeit des Urwaldes dicht zusammengedrängt. Der schmale Weg ist leicht zu schützen durch versteckte Gewehre, die auf den Pfad eingestellt sind und mittels einer langen Schnur aus der Ferne abgefeuert werden.

Die Männer sind kräftige Gestalten, die Frauen viel kleiner. Den Toten, die im Busch begraben werden, baut man die wichtigsten Gebrauchsgegenstände auf ihrem Grabe auf, darunter den unentbehrlichen Regenschirm, was überaus komisch wirkt. Die staatlichen Verhältnisse sind noch unentwickelt. Jedes Dorf hat seinen eigenen König, der etwa die Stellung eines Dorfschulzen einnimmt. Als Hauptnahrungsmittel dient die Banane. Da ihre Pflege keine nennenswerte Arbeit erfordert, so darf sie als die Ursache für die Faulheit der Neger angesprochen werden. Das eigentliche Vermögen der Bergbewohner besteht in Rindern und Schweinen. Von Geflügel ist nur das Huhn zu erwähnen. Angebaut werden in großen europäischen Pflanzungen auf dem fruchtbaren vulkanischen Boden Kakao, Kautschukbäume, Banane und Ölpalme.

Die von den Engländern während des Weltkrieges enteigneten Plantagen wurden im November 1924 in London versteigert und vielfach von den früheren deutschen Besitzern zurückgekauft. Im März 1925 trafen die ersten Deutschen wieder in Kamerun ein.

In der Fachsitzung am 15. März 1926 hielt Professor OTTO ISRAEL, Dresden, einen Vortrag mit Lichtbildern über die Stötznersche Szetschwan-Expedition und ihre topographisch-geographischen Ergebnisse.

Dem Vortragenden fielen auf der von WALTHER STÖTZNER 1914 nach der chinesischen Westprovinz Sze tschwan unternommenen Expedition die geographischen, meteorologischen und topographischen Arbeiten zu. Die Expedition legte 2300 km zu Fuß, 2850 zu Pferde und 1750 auf dem Wasserwege zurück. Sie sammelte an ethnographischen Gegenständen 700 Nummern, ferner 100 000 Schmetterlinge, 20 000 Käfer, 4000 Vogelbälge. Die Reise ging erst auf dem Jang tse kiang bis über Tschung king hinaus und dann auf Landwegen nach Tschöng tu fu am Min ho. Die Gebirge zwischen dieser Metropole des Westens und der politischen Grenze gegen Tibet in der Gegend des 31. Parallelkreises bildeten das Hauptforschungsgebiet. Hier scharen sich die Gebirgszüge des nordsüdlich streichenden hinterindischen Systems mit dem südwest-nordöstlich verlaufenden der sinischen und den west-östlich gerichteten der Kwen lun-Ketten, doch ist die Richtung der drei hier zunächst in Betracht kommenden, nach Osten an Höhe zunehmenden Gebirgszüge, des Niutu schan (über 3000 m hoch), Panlan schan (über 5000 m) und des Tapau schan (etwa 6500 m), im wesentlichen nordsüdlich. Um eine einheitliche Bezeichnung für diese Gebirgswelt zu haben, wurde der Name Sifangebirge gewählt nach einem dort wohnenden Volksstamm Sifan (= Westbarbaren).

Der Min ho bildet die Sprachgrenze zwischen dem Chinesischen und dem Wirrwarr tibetischer Dialekte im Westen. Obgleich noch offiziell zu China gehörig, trägt dieser westliche Teil doch in Bevölkerung, Bauweise der Häuser usw. tibetischen Charakter und ist mehr von Lhasa abhängig als von Peking. Er bildet ein Konglomerat zahlreicher Einzelstaaten, von denen

die Expedition unter anderen die Fürstentümer Wassu, Woksche und Tschoskia passieren mußte. Die Einwohner zahlen keine Steuern, haben aber die Verpflichtung, den Reisenden Reit- und Lasttiere zur Verfügung zu stellen, ein Servitut, dessen Ausführung meist nicht ohne Gewalt durchzusetzen war. Der Takin kiang wurde in eigentümlichen Booten durchquert, die aus einem runden Gestell bestanden, das mit Fell überzogen und mit Harz gedichtet war.

Weiter im Westen, nach der tibetischen Grenze zu, geht das Gebirgsland in weite Gras-Hochebenen von etwa 4000 m Höhe über; die Täler und auch die Pässe verflachen sich. Die Einsamkeit wird durch Klöster unterbrochen, die mitunter große Gebäudekomplexe darstellen. Gelegentlich stößt man auf Karawanen, die billigen Tee auf Yakochsen nach Westen transportieren, oder auf die braunen, aus Yakwollstoff gefertigten Zelte der Nomaden mit ihren Yak- und Ziegenherden. Das Nationalgericht ist die Zamba, ein Gemisch aus Tee, Butter und Gerstenmehl. Die Bereitung der Butter geschieht in der Weise, daß man die Sahne der Yakmilch in einem aus Yakkfell mit den Haaren nach innen genähten Sack füllt und durch andauerndes Schlagen zur Butterbildung veranlaßt. Die Butter setzt sich an die Haare an und wird mit den stets schmutzigen Händen abgestreift. Da der Sack dann ohne vorhergehende Reinigung wieder aufs neue gefüllt wird, so ist auch die frische Butter von vornherein sehr ranzig und hat etwa den Geschmack von Roquefort-Käse.

Die aus Stein gebauten tibetischen Häuser haben häufig einfachen architektonischen Schmuck durch abgesetzte Ränder aus weißen Steinen. Die Dörfer steigen an den Hängen terrassenförmig auf, indem der Eingang zu dem oberen Haus über das Dach des unteren geht.

Großartig sind die Wasserbauten bei Kwan hsien, wo das Wasser des aus dem Gebirge in die Ebene heraustretenden Min ho durch einen beweglichen Damm in ein fächerförmig sich ausbreitendes Kanalsystem verteilt wird, das bis über Tschöng tu fu hinausreicht.

Der Vortragende führte die astronomischen Orts- und Zeitbestimmungen aus, machte eine Routenaufnahme von 2000 km Länge mit Uhr und Kompaß, bestimmte das Gefälle des Jang tse kiang auf den verschiedenen Strecken seines Laufes, und maß die Höhen nach trigonometrischer und barometrischer Methode. Die 2000 meteorologischen Beobachtungen konnten an die gleichzeitig von deutschen Lehrern in Tschöng tu fu angestellten angeschlossen werden.

Der zum Tapau schan gehörige Berggriese Dschara, dessen Höhe gewöhnlich zu 7800 m angegeben wird, ist nur 5600 m hoch. Sehr verschieden sind die Differenzen des Jang tse kiang-Wasserstandes in den einzelnen Stromstrecken. Bei Hankau steigt der Flußspiegel bei Hochwasser 8–10 m über den Niedrigwasserstand. Die topographischen Arbeiten sollen in 19 Blatt einer Karte vom Maßstab 1 : 300 000 veröffentlicht werden.

O. B.

Astronomische Mitteilungen.

Die Natur der Wasserstoffwirbel auf der Sonne.

Die spektroheliographischen Aufnahmen der Sonnenoberfläche im Lichte der Wasserstofflinie H_{α} lassen häufig um die Sonnenflecken herum eine wirbelartige Anordnung der Wasserstofflocken erkennen, für deren Erklärung zwei verschiedene Hypothesen aufgestellt worden sind. Die eine betrachtet die Wirbel als hydrodynamische Gebilde in der Sonnenatmosphäre, die andere legt ihnen eine elektromagnetische Natur bei. Die letztere Erklärung ist besonders von STÖRMER näher diskutiert worden. Nach dieser Annahme erklärt man die Wasserstoffwirbel durch das Magnetfeld der unter ihnen liegenden Sonnenflecken, indem man annimmt, daß elektrisch geladene Teilchen, die sich in der Sonnenatmosphäre bewegen, in der Nähe der Sonnenflecken gezwungen werden, sich längs den Kraftlinien des Magnetfeldes der Flecken zu bewegen. Trifft diese Erklärungsweise zu, so muß die Bewegungsrichtung der Teilchen in den Wasserstoffwirbeln abhängig sein von der Polarität des Magnetfeldes der unter ihnen liegenden Flecken.

Über eine Untersuchung zur Klärung dieser Frage berichtet G. E. HALE in den Proc. of the Nat. Acad. of Sciences 11, 691. Das reiche Beobachtungsmaterial über Sonnenflecken, das seit 1908 auf dem Mt. Wilson gesammelt worden ist, liefert die Grundlage für die Untersuchung. Für die Prüfung selbst kommen allerdings nur 51 willkürlich ausgewählte Flecken in Betracht. Die große Mehrzahl der beobachteten Flecken kann nicht verwendet werden, da vor allem bei den größeren Fleckengruppen durch die verschiedene Polarität der einzelnen Komponenten leicht Störungen bedingt werden, so daß nur 28 einpolige Flecken und die vorangehenden Komponenten von 23 zweipoligen Gruppen brauchbar bleiben.

Die Untersuchung des Rotationssinnes der Wasserstoffwirbel, bei denen die Bewegung der Teilchen immer

nach innen, also nach dem Zentrum hin erfolgt, läßt keine Verknüpfung mit der durch die Beobachtung des Zeemaneffektes bestimmten Polarität der Sonnenflecken erkennen. Bei der gleichen Art der Magnetfelder der Sonnenflecken treten entgegengesetzt gerichtete Bewegungsrichtungen der Wasserstoffwirbel gleich häufig auf. Die Beobachtungen liefern also keine Stütze für die Hypothese der elektromagnetischen Natur der Wasserstoffwirbel. Eine auffällige Abhängigkeit der Rotationsrichtung der Wirbel zeigt sich aber sofort, wenn man sie nach ihrer Lage in bezug zum Sonnenäquator zusammenfaßt. Von den 18 auf der nördlichen Hemisphäre gelegenen Wirbeln um einpolige Flecken zeigen 15 eine dem Uhrzeiger entgegengesetzte Rotationsrichtung und alle 10 auf der Südhälfte gelegenen rotieren im Sinne des Uhrzeigers. Die Wirbel der zweipoligen Gruppen zeigen ein analoges Verhalten. HALE kommt so zu dem Resultat, daß 81% der auf der Nordhalbkugel der Sonne gelegenen Wirbel und 84% der auf der südlichen Hemisphäre vorkommenden in Übereinstimmung mit den irdischen Zyklonen rotieren. Diese weitgehende Übereinstimmung berechtigt wohl zu der Annahme, daß die Wasserstoffwirbel hydrodynamische Gebilde in der Sonnenatmosphäre sind, und daß ihre Rotationsrichtung nicht durch die Magnetfelder der unter ihnen liegenden Sonnenflecken bestimmt wird. Wir müssen vielmehr annehmen, daß die Bewegungsrichtung in den Wirbeln im allgemeinen durch die Rotationsrichtung der Sonne bestimmt wird. Die sich in nördlicher oder südlicher Richtung nach den Attraktionszentren über Sonnenflecken bewegenden Strömungen erleiden durch die Rotation der Sonne nach Osten oder Westen gerichtete Ablenkungen und erzeugen so die beobachteten Wirbelbildungen.

OTTO KOHL.

Berichtigung. In der Besprechung des Buches von EGLI und RÜST, Unfälle beim chemischen Arbeiten (1925, Heft 44), ist der Preis zu hoch angegeben. Er beträgt nur RM 6.40.

Einiges über die Formänderungen gebogener Stäbe aus verschiedenem Material und Anwendung auf die elastische und kollagene Faser des tierischen Körpers.

VON HANS PETERSEN, Würzburg.

In dieser Zeitschr. 13, H. 15 habe ich eine Übersicht zu geben versucht über die Einrichtungen, die den Zusammenhalt unseres Körpers und gleichzeitig seine Beweglichkeit und Formbarkeit gewährleisten. In den folgenden Zeilen sollen nun einige Beobachtungen und Überlegungen erörtert werden, die sich an die früher behandelten Probleme und eine Arbeit über die funktionelle Struktur der Flügelstützen bei der Fledermaus anschließen¹⁾, und die vielleicht auch für einen größeren Kreis, insbesondere auch für den Techniker, das eine oder andere an Anregung bieten. Was die Lehrbücher der technischen Mechanik oder der Elastizitäts- und Festigkeitslehre bieten (z. B. FÖPPL I, II, BACH-BAUMANN), geht gewöhnlich nicht auf das feinere Verhalten der belasteten Gegenstände ein, und erst die Faserstoffforschung und die Metallographie kommt hier zu Problemen, wie sie gerade den Anatomen und Histologen beschäftigen, der sich mit dem feineren Bau des menschlichen Körpers und seiner mechanischen Einrichtungen beschäftigt.

Hinzu kommt ein weiteres. Die Elemente des Tierkörpers treten nie für sich allein auf. Jede mechanische Untersuchung des unveränderten Organes oder Gewebes ergibt also immer den Durchschnitt aller beanspruchten mikroskopischen Teile. Der *Biologe* wünscht aber gerade diese Teile kennenzulernen, um einen Einblick in die physiologische, d. i. in diesem Falle mechanische Bedeutung des Gefüges, zu gewinnen. So muß er auf die Untersuchung der Feinbauteile unter dem Mikroskop vornehmen. Hier helfen die Methoden der technischen Untersuchung mit ihren Messungen nicht weiter, und er ist auf eine genaue Beobachtung aller bei solchen Mikroexperimenten sichtbaren Erscheinungen angewiesen. Diese müssen dann, nach Analogie der Erfahrungen jener technischen Wissenschaften gedeutet werden. Dies ist aber nicht möglich ohne genaue Überlegungen, wie weit Übertragungen in ganz anderen Dimensionsbereichen zulässig sind.

Wir gehen aus von einigen Erscheinungen, die bei starker Biegung auftreten. Will man das Verhalten eines bestimmten Materials bei Biegungsbeanspruchung studieren, so kann man eine Vorrichtung wählen, die die beiden Enden eines nicht zu kurzen dünnen Balkens (Draht, Faden, Faser) einander nähert, wie das etwa bei der Belastung des freien Endes eines eingespannten Balkens der Fall ist. Wir denken uns z. B. einen Glasfaden,

den wir zu einer Schleife, und nun durch Zug an den Enden, am Scheitel der Schleife solange biegen, bis er am Scheitel der Schleife bricht. Die durch die Kreuzung der Enden auftretende kleine Torsion kann man dabei vernachlässigen. Das Glas bricht dabei splitternd, ein Metaldraht wird verbogen (Überschreiten der Fließgrenze), eine hohle Röhre knickt ein: dies letztere Verhalten beobachten wir auch an einem Gummischlauch, der jedoch keine bleibende Formänderung davonträgt. Gelingen ähnliche Experimente mit mikroskopisch kleinen Teilchen, so kann man schon aus der Art der Enddeformation einiges darüber entnehmen, mit welchem in großen Stücken prüfbarem Material sie am meisten Ähnlichkeit haben.

Die Überlegung läßt sich jedoch noch einen Schritt weiter führen. Denke ich mir den oben genannten gebogenen Glasfaden im Augenblicke vor dem Bruch stark vergrößert aufgezeichnet oder photographiert, so zeigt er eine ihn kennzeichnende stärkste Krümmung, die für das Material Glas kennzeichnend ist. Aus dem vergrößerten Abbild kann ich nun alle Maße des Versuches abnehmen und bei bekanntem Elastizitätsmodul z. B. auch die Spannung berechnen, die an der Bruchstelle herrschte. Diese Maßzahlen ergeben also Gleichungen, die für den Versuch stimmen, und zwar müssen sie offenbar sowohl für die vergrößerte Zeichnung wie auch in entsprechender Reduktion für die mikroskopischen Verhältnisse stimmen. Verkleinere ich den an einem dicken langen Stab angestellten Versuch auf die Maße der Zeichnung, so muß sich wieder dieselbe Figur mit denselben Maßzahlen ergeben, mit anderen Worten, die Kurve an der Stelle stärkster Krümmung ist geometrisch immer dieselbe und das Verhältnis der Dicke des Stabes, d , zum Radius der stärkst gebogenen Stelle, ϱ , ist für die verwendete Glassorte eine

Konstante $\cdot \frac{d}{\varrho} = \text{const.}$ Diese Konstante kennzeichnet die Biegsamkeit des Materials. Ich erhalte also dieselbe geometrisch ähnliche Kurve, gleichgültig, ob ich einen Faden Glaswolle unter dem Mikroskop zusammenbiege oder einen dicken Stab um eine ganze Stadt herumlege. Solche Biegeexperimente kann man nun unter dem Mikroskop und in sehr kleinen Dimensionen machen. Dazu dient PÉTERFIS Mikromanipulator und eine Materialkonstante $\frac{d}{\varrho}$ ist also unter dem Mikroskop feststellbar.

Kehren wir jetzt zu dem „Bruch“ zurück, mit dem der Biegeversuch endete. Für einen hohlen

¹⁾ Roux' Arch. f. Entwicklungsmech. d. Organismen 102, 406. 1924.

Stab war das Einknicken kennzeichnend. Eine Gummiröhre zeigt es sehr deutlich. Dabei tritt jedoch richtiger „Bruch“ nicht ein, sondern die Formänderung gleicht sich nach dem Aufhören der Belastung elastisch wieder aus. Das Material ist nirgends eine über die Elastizitätsgrenze hinausgehende Formänderung eingegangen. Dieselbe Erscheinung zeigt nun auch ein solider Stab aus weichem vulkanisiertem Kautschuk (Schlauchgummi).

Diese Erscheinungen hat die Technik naturgemäß weniger zu untersuchen Veranlassung gehabt, das Einzige, was ich darüber gefunden habe, sind gewisse Überlegungen anlässlich der Berechnung von vornherein gebogenen Metallröhren¹⁾.

Untersucht man dieses Einknicken hohler Röhren bei Biegung genauer, z. B. an hohlen grünen Pflanzenstengeln, (Grashalmen), so zeigt sich, daß der Stengel nach dem Bruch keinerlei Durchtrennung seiner mechanischen Längselemente der Quere nach erlitten hat, wohl aber *Längsrisse* zeigt, die den runden Querschnitt des hohlen Stengels zerstört haben, und kennzeichnenderweise stets in unmittelbarer Nähe der Nullfläche der Biegung liegen. Eine Überlegung zeigt, daß bei stärkerer Biegung Kräfte senkrecht zur Nullfläche auftreten, die aber erst bei erheblicher Biegung eine nennenswerte Größe ($p = \delta \cdot \frac{h}{\rho}$) erreichen. Sie sind umgekehrt proportional dem Krümmungsradius ρ , (daher in der Technik nur bei schon gebogenen Röhren von Bedeutung). Diese Kräfte bringen den Querschnitt des Halmes oder Rohres, wie ein *überlastetes* Gewölbe zum Zusammenbruch. Die beiden, den Auflagstellen des Gewölbes vergleichbaren Teile des Rohrquerschnittes, in denen dieser die Nullfläche schneidet, weichen auseinander und gerade hier tritt der Riß ein, aus dem bei mit weichem Mark gefülltem Stengeln der Saft energisch herausspritzt.

Es hat sich gezeigt, daß die einer starken Biegung unterliegenden knöchernen Flügelstützen (Handskelett) der Fledermäuse eine Anordnung der Knochenfibrillen zeigen, die als funktionelle Anpassung an diese Biegungsbelastung und als Sicherung gegen das Einknicken ebenso aufgefaßt werden können, wie die Metallspirale im Innern vieler in der Technik gebrauchter Schläuche.

Beobachtet man nun an einem mikroskopischen Material ein *elastisches* Einknicken, so kann man ganz bestimmte Schlüsse auf seine mechanische Eigenschaft u. a. auch auf den sonst nur im groben Versuch feststellbaren Elastizitätsmodul machen. Auch das mikroskopische Bild zeigt dabei, wie an der Knickstelle ein Ausweichen des Materials in der Nulllinie nach beiden Seiten zu eintritt. Ein solches Verhalten setzt bei soliden Stäben eine große Formbarkeit (gemessen z. B. als Dehnung in Prozent der Ausgangslänge) voraus und zwar, wenn die Formänderung elastisch ist, eine erhebliche

elastische Formbarkeit. Nach der oben gegebenen Formel sind die an der Knickstelle auftretenden Kräfte nur Bruchteile der Zugspannungen, die an der konvexen Seite des gebogenen Stabes auftreten, mithin ist für den Elastizitätsmodul eine gewisse obere Grenze gegeben. Diese Überlegung wurde z. B. angewandt bei Untersuchungen, die *E. Redetz* in der Würzburger Anatomie mit dem Mikromanipulator an elastischen Fasern anstellte. Diese bilden, wie *früher*¹⁾ angeführt, ein im Körper zusammenhängendes Netzwerk ohne Ende. Für dessen mechanische Eigenschaften sind die des Materials der einzelnen Netzfäden zunächst das wichtigste, daraus wird dann die konstruktive Anordnung auch in Einzelheiten deutbar. Es zeigte sich, daß einzelne Fadenstücke, die aus dünnen, zerzupften Nackenbandstücken am Rande herausragten, sich mit der Mikromanipulatornadel biegen ließen, dabei nach starker Biegung typisch einknickten, aber diese ganze Formänderung wieder elastisch ausglich. Damit war der, am — mit anderen Elementen durchsetzten — elastischen Bande im großen festgestellte Modul von rund 80 kg/cm, als auch für die einzelne Faser wahrscheinlich geltend, festgestellt. Die Dehnbarkeit ließ sich überdies noch durch unmittelbare Dehnungsversuche günstig isolierter Netzfäden unter dem Mikromanipulator nachweisen, wobei Dehnungen von 100% vollständig wieder ausgeglichen wurden. Der einzelne Netzfaden verhält sich also ähnlich wie ein Stück vulkanisierten Kautschuks; weitere Materialien ähnlicher Beschaffenheit gibt es nicht viele (Fibrinfäden, auf 60° erhitzte Sehnen, WÖHLISCH).

Die die einzelnen Materialien kennzeichnende Bezeichnung $\frac{d}{\rho} = \text{const.}$ die „Biegsamkeit“, läßt sich noch als Ausgangspunkt für weitere Überlegungen benutzen. Es kommt in vielen Fällen auf den *absoluten* Betrag von ρ an, nämlich Biegungen von möglichst *kleinem* Krümmungsradius zu erhalten. Ist die Konstante $\frac{d}{\rho}$ klein, das Material also wenig biegsam, so lassen sich kleine Krümmungsradien nur durch Verkleinern des Querschnittes der Fäden erzielen. Dies ist in der *kollagenen* Faser des Bindegewebes soweit getrieben, daß der Durchmesser der einzelnen die Faser zusammensetzenden Fibrille *unter* der Auflösbarkeit der besten Mikroskopobjekte liegt, also der kolloidalen Größenordnung angehört. In der gewöhnlichen Faser des lockeren Bindegewebes ist der Zusammenhalt der einzelnen Fibrillen der Quere nach, sehr gering, bei einer Biegung wandern sie also ohne weiteres in die Ebene ab. So ist das an sich starre Material (großer Modul, geringe elastische Formbarkeit) durch die Aufsplitterung zu kolloidalen Dimensionen zu einem außerordentlich formbaren geworden, ohne an seiner wertvollen Zugfestigkeit und geringen Dehnbarkeit etwas zu verlieren.

¹⁾ Diese Zeitschr. I. c.

¹⁾ FÖPPL, Drang und Zwang 1920, S. 70; KÁRMÁN, Zeitschr. d. Ver. dtsch. Ing. 55, 1889. 1911.

In seinem Vortrag (diese Zeitschr. 1925, H. 13) sagt M. PLANCK: „Das ist ja gerade charakteristisch für das eigentümliche Verfahren der physikalischen Forschung. Um überhaupt brauchbare physikalische Begriffe und Hypothesen bilden zu können, müssen wir zunächst auf unser den spezifischen Sinnesempfindungen unmittelbar angepaßtes Anschauungsvermögen zurückgreifen. Aus ihm allein schöpfen wir alle unsere Ideen. Wenn wir aber dann zu physikalischen Gesetzen gelangen wollen, müssen wir von den eingeführten Anschauungsbildern wieder möglichst abstrahieren und die aufgestellten Definitionen von allen Zutaten und Vorstellungen, die nicht in logisch notwendigem Zusammenhang mit den Messungen stehen, befreien. Sind dann die physikalischen Gesetze formuliert und haben sie uns auf mathematischem Wege zu bestimmten Folgerungen geführt, so müssen wir schließlich die erhaltenen Resultate, um sie für uns wertvoll zu machen, wieder zurückübersetzen in die Sprache unserer Sinnenwelt.

Das ist in gewissem Sinne ein zirkelförmiger Weg. Er ist aber durchaus notwendig. Denn die Einfachheit und Allgemeinheit der physikalischen Gesetze offenbart sich *stets* erst nach der Abstraktion von allen anthropomorphen Beimengungen.“ Aus diesem Grunde habe ich es für gerechtfertigt gehalten, die obigen Überlegungen über die Eigenschaften der tierischen Baumaterialien an der Hand der zwei Formeln zu entwickeln. Man darf vom Biologen in bezug auf Exaktheit nicht zu viel verlangen, er muß schon zufrieden sein, wenn es ihm möglich ist, die Begriffe und Definitionen der Physik und Mechanik überhaupt anzuwenden.

Formeln lassen sich einstweilen nur soweit anwenden, daß die Art der Abhängigkeit der Teile durch sie erhellt wird. Kann dies so geschehen, daß aus einem mathematischen Ausdruck einzelne Tatsachen des Körperbaues gleichsam folgernd abgeleitet werden können, so ist das ein erster Schritt auf diesem Wege, den M. PLANCK in seinem Zitat so schön gekennzeichnet hat.

Kohlenstaubfeuerungen.

VON H. TREITEL, Berlin.

Unter einer technischen Verbrennung versteht man die Verbindung brennbarer Stoffe mit dem Sauerstoff der Luft, wenn sie so schnell und spontan vor sich geht, daß die durch die Verbindung freiwerdende Wärme unter Lichterscheinungen fühlbar wird. Damit keine Bestandteile unverbrannt bleiben oder verloren gehen, um also eine vollkommene Verbrennung zu erzielen, ist dem Brennstoff eine Luftmenge zuzuführen, die größer als die theoretisch errechenbare ist. Bei der Beschickung einer Dampfkesselfeuerung mit Braunkohlenbriketts der üblichen Größe braucht beispielsweise ein solches Brikett bei 80% Luftüberschuß zur Verbrennung 5 cbm Luft, also etwa das 1000fache seines eigenen Volumens. Es dauert sehr lange, bis das ganze Stück verbrannt ist, weil die Angriffsfläche für den Sauerstoff im Verhältnis zum Rauminhalt des Briketts gering ist. Das Verhältnis der Oberfläche eines Körpers zu seinem Inhalt wird um so größer, in je kleinere Stücke man den Körper zerteilt. Bei einem Brikett kommt auf 1 ccm Inhalt etwa 1 qcm Oberfläche; zerlegt man jedoch das Brikett in Staubteilchen mit 0,1 mm Kantenlänge, so kommt auf die gleiche Raumeinheit das 660fache an Oberflächeinheiten. Die Verbrennungsluft findet also eine sehr viel größere Angriffsfläche. Der Brennstoff verbrennt dann nicht nur entsprechend schneller, sondern brennt auch besser aus, weil er mechanisch gut aufgeschlossen ist, und er erfordert einen geringeren Luftüberschuß im Vergleich zu stückigen Brennstoffen.

Die Feinheit des zu Staub gemahlten Brennstoffes wird durch Siebe geprüft, für deren Form, Masse und Handhabung der Normenausschuß der deutschen Industrie im Einvernehmen mit dem

Reichskohlenrat einheitliche Bestimmungen herausgegeben hat. Im allgemeinen gilt die Feinheit pulverförmigen Brennstoffes als ausreichend, wenn der Staub durch ein Sieb mit 900 Maschen auf den Quadratzentimeter hindurchgeht und auf einem Sieb mit 4900 Maschen auf den Quadratzentimeter nicht mehr als 20% Rückstand zurückläßt. Dieses Sieb hat eine Drahtstärke von 0,055 mm und eine Maschenweite von 0,086 mm.

Die Aufbereitung des Brennstoffes zerfällt in eine Reihe von Vorgängen, für die eine Vielfältigkeit von maschinellen Einrichtungen zur Verfügung steht. In der Hauptsache bestehen diese Vorgänge aus: Trocknen, Mahlen und Transport. Der Trockenanlage wird ein Magnetscheider vorgeschaltet, um Eisenteile abzufangen, welche die nachfolgenden Einrichtungen beschädigen könnten. Die Trocknung ist bedingt durch den Mahlvorgang, da feuchte Kohle einen höheren Kraftbedarf in der Mühle hervorruft und den Mahlvorgang erschwert. Steinkohle ist auf etwa 1%, Braunkohle auf 15–18% Feuchtigkeitsgehalt zu trocknen. Als Wärmequelle für die Trockenapparate können entweder Rauchgase verwendet werden, oder man trocknet mit Dampf, sofern Abdampf aus Kraftbetrieben zur Verfügung steht. Neuere Bestrebungen sind darauf gerichtet, die Mühlen und die Trockeneinrichtungen zu vereinigen, um eine Vereinfachung zu erzielen.

Zur Zerkleinerung der Brennstoffe dienen Mühlen (Fig. 1), von denen es zahlreiche Systeme gibt, und von denen einige den Namen „Mühlen“ zu Unrecht tragen, weil sie den Brennstoff nur zertrümmern. Hiermit ist die Eigenart der sog. Schnell-Läufer geschildert, die auch als „Schlagkreuzmühlen“ oder „Hammer-Mühlen“ bezeichnet

werden. Im Gegensatz hierzu sind die für größere Leistungen und störungsfreien Dauerbetrieb als

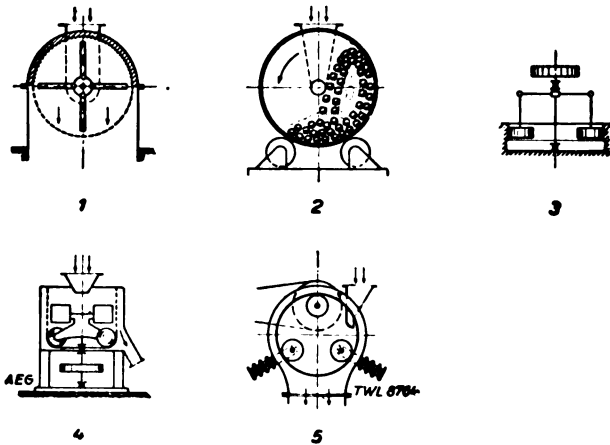


Fig. 1. Bauarten von Kohlenstaubmühlen. 1. Schlagkreuzmühle. 2. Rohrmühle. 3. Pendelmühle. 4. Fliehkraftmühle. 5. Ringwalzenmühle.

zweckmäßig erkannten Mühlen „Langsamläufer“. Je nach der Eigenart des Brennstoffes und nach der Durchsatzmenge wird man zu wählen haben zwischen Rohrmühlen, Fliehkraftkugelmühlen, Pendel- und Ringwalzenmühlen. Bei der Wahl wird neben der Betriebssicherheit vor allem der Kraftbedarf maßgebend sein, da von ihm die Wirtschaftlichkeit in hohem Maße abhängt.

Das Mahlerzeugnis wird vor dem Verlassen der Mühle gesiebt, damit keine Teile hinausbefördert werden, welche nicht die vorgeschriebene Feinheit besitzen. Die Sichtung durch Siebe tritt immer mehr zurück gegenüber der Windsichtung, welche darin besteht, daß ein aufsteigender Luftstrom den Kohlenstaub mit sich führt, so daß schwerere Teile wieder in die Mühle zurückfallen.

Der gemahlene Staub ist von der Mühle an die Verwendungsstelle weiter zu befördern. Wenn es sich nicht um so kleine Entfernungen handelt, daß Becherwerke oder Schnecken verwendet werden können, benutzt man die Förderung in geschlossenen Rohrleitungen unter Zusatz von Druckluft. Der feine Kohlenstaub hat die Eigenschaft, sich hierbei in einen leicht fließenden Körper zu verwandeln, den man mit Hilfe von besonderen Pumpen (Fig. 2) wie eine Flüssigkeit fortleiten kann. Als Pumpen dienen schnellaufende Schnecken, die auf das Staub-Luft-Gemenge eine Schubwirkung ausüben.

Der aufbereitete Brennstoff muß in geeigneter Weise einem zweckmäßig durchkonstruierten Verbrennungsraum zugeführt werden. Das Haupterfordernis hierbei ist, daß das einzelne Staubteilchen einen ge-

nügend langen Weg zwischen dem Austritt aus dem Brenner und der zu beheizenden Fläche zurückzulegen hat, damit es auf dieser Strecke sich entgasen und vergasen kann. Wenn der Brennweg zu kurz gewählt wird, so gelangen die Teilchen in unvollkommen verbranntem Zustande an die kälteren Heizflächen und fallen als brennbarer Rückstand in den Feuerraum zurück. Im allgemeinen ordnet man daher die Brenner (Fig. 3) so an, daß der Staub von oben nach unten in den Feuerraum einfällt, alsdann zu einer Umkehr gezwungen wird und wieder nach oben steigt. Auf diese Weise gelingt es, lange Brennwege zu erreichen. Diese Anordnung begünstigt auch die Schlackenausscheidung, die zu einem ernststen Problem werden kann, wenn sie nicht sachgemäß gelöst wird. Man ist bestrebt, die Schlacke in fein granulierter Form auszuschcheiden; dies wird dadurch erreicht, daß man ihr Zusammenbacken zu einer glasigen Masse verhütet, indem man die niederfallenden Teilchen durch eine kalte Zone streichen läßt. Als zweckmäßiges Mittel hierfür hat sich die

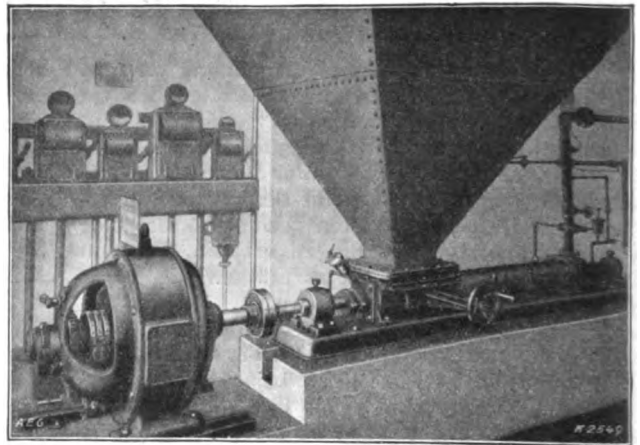


Fig. 2. Kohlenstaubpumpe.

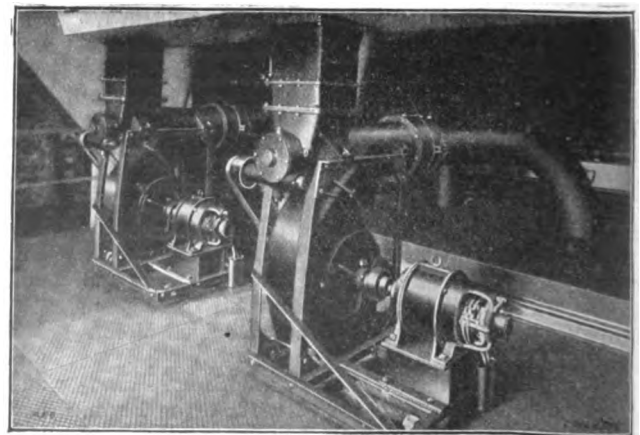


Fig. 3. Kohlenstaubbrenner vor einem Dampfkessel.

Verwendung von sog. Kühlrosten ergeben; das sind einzelne im unteren Teil des Feuerraumes angeordnete und mit dem Kessel in Verbindung stehende, von Wasser durchflossene Rohre.

Die Ausgestaltung des Verbrennungsraumes (Fig. 4), sei es für Dampfkesself Feuerungen oder für Industrieöfen ist ausschlaggebend für den Erfolg oder Mißerfolg der Feuerung. Seine innere Verkleidung muß sehr hohen Temperaturen und gleichzeitig dem Angriff der Schlacke auf dieses Material widerstehen. Die Anforderungen an die Standfestigkeit dieses hoch beanspruchten Materials sind sehr große. Aus diesen Forderungen ergeben

heizfläche unmittelbar in den Feuerraum verlegt, wodurch eine von der bisherigen mehr oder minder abweichende Kesselbauart entsteht. Mitunter werden diese Rohre noch mit zwei diametral angeschweißten Längsrippen versehen, die sich aneinander legen, so daß tatsächlich hierdurch das Mauerwerk vollständig abgeschirmt wird. Dieses in den Feuerraum eingebaute Rohrsystem dient teilweise zur Dampferzeugung, teilweise zur Dampfüberhitzung. Wenn hierdurch das Problem der feuerfesten Baustoffe ganz erheblich vereinfacht wird, so muß die Erfahrung noch zeigen, ob bei minderwertigen Brennstoffen die Zündfähigkeit

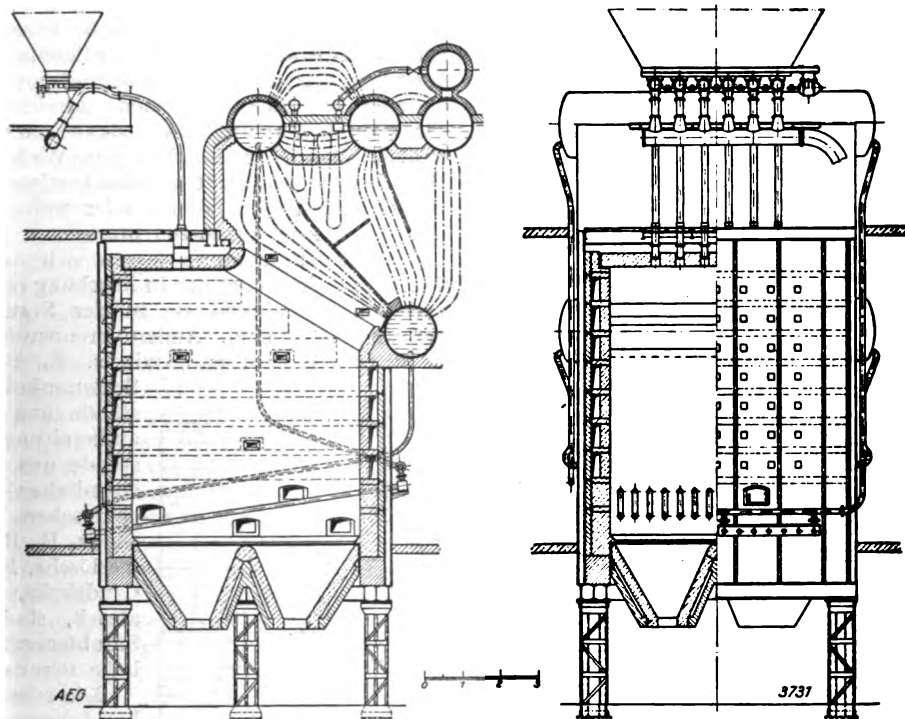


Fig. 4. Steilrohrkessel mit Kohlenstaubfeuerung. Der Staub wird von oben her, über die ganze Breite des Feuerraumes verteilt, zugeführt. Flache, aufgehängte Decke. Schlackengranulierung durch Kühlrost. Kühlung der Feuerraumwände und Luftvorwärmung durch Mauerwerkskanäle.

sich Feuerräume von größeren Abmessungen, als man sie gewöhnlich von anderen Feuerungen her gewohnt ist. Die Wände werden hohl ausgeführt und die Verbrennungsluft zur Kühlung hindurchgeleitet. Die Steine werden mit einem eisernen Gerüst so verankert, daß sie allen Temperaturdehnungen frei nachgeben können. Die Feuerraumdecke wird nicht gewölbt ausgeführt, sondern die einzelnen aufeinander eingeschliffenen Steine werden ebenfalls an eisernen Trägern aufgehängt. Neuerdings versucht man die Feuerräume wieder zu verkleinern, dadurch, daß man die aus feuerfesten Baustoffen aufgebauten Wandungen durch von Wasser durchflossene Rohre, welche mit dem Kesselinhalt in Verbindung stehen, schützt. Auf diese Weise wird ein erheblicher Teil der Kessel-

eine genügende ist, wenn die Abstrahlung von den glühenden Wandungen fehlt.

Als Anwendungsgebiet bieten sich alle feuerungstechnischen Prozesse, bei denen hohe Temperaturen auftreten, also Dampfkessel, Hüttenwerksöfen (Fig. 5) und Schmiedeöfen. Bei den Öfen für metallurgische Prozesse kann man infolge der sehr einfachen Regulierung des Verhältnisses zwischen Brennstoff und Luft die Flamme sowohl oxydierend als auch reduzierend wirken lassen.

Im Dampfkesselbau hat die Einführung der Kohlenstaubfeuerung die konstruktive Durchführbarkeit von Heizflächen ermöglicht, wie sie mit mechanischen Rosten kaum möglich ist. Erst hierdurch wird das Mißverhältnis zwischen den ungeheuren Leistungen einzelner Betriebs-

maschinen und der Vielzahl der hierfür erforderlichen Dampfkessel einigermaßen gemildert. Für die Entwicklung des Baues von Großkraftwerken ist dies eine Tatsache von weittragender Bedeutung. In den Vereinigten Staaten, die uns aus wirtschaftlichen Gründen im Bau von Großkraftwerken voran sind, war nichts auffälliger für den deutschen Ingenieur als die Größe der Dampfkessel, die mit ihren Hilfseinrichtungen haushohe Abmessungen annehmen.

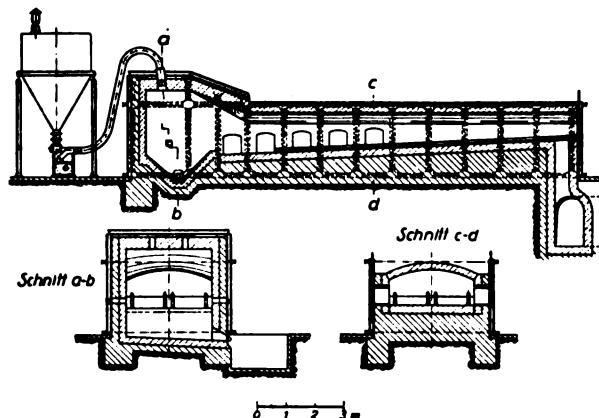


Fig. 5. Stoßofen für Kohlenstaubfeuerung.

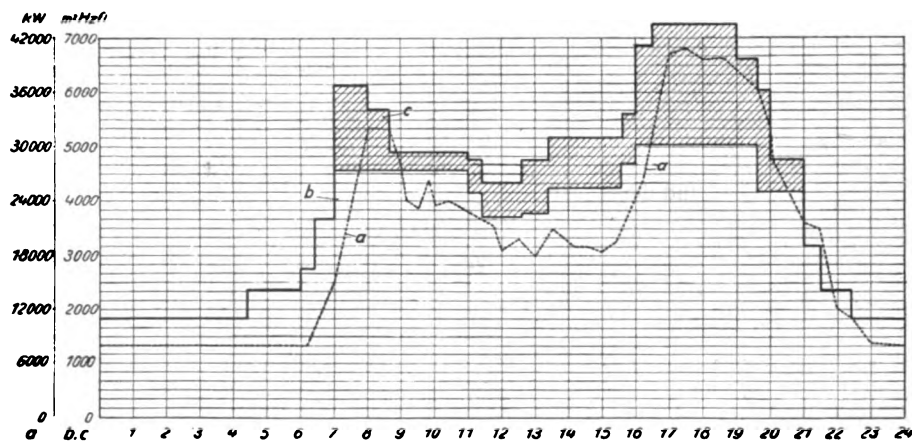


Fig. 6. Belastungskurve und Betriebsplan eines Elektrizitätswerkes im Winter. a) Belastungskurve; b) Heizfläche rostgefeuerter Kessel; c) Heizfläche staubgefeuerter Kessel.

In wirtschaftlicher Beziehung wird die durch teure Feuerräume und durch die Aufbereitungsanlage gegenüber anderen mechanischen Beschickungsmethoden kostspieligere Anlage gerechtfertigt durch die im Betriebe zu erzielenden Vorteile. Als solche sind zu nennen: Der Fortfall der Anheiz- und Leerlaufverluste; er erklärt sich durch die leicht zu bewerkstellende Entzündung der Staubwolke und der beliebig schnellen Steigerung der Brennstoffzufuhr, bei der lediglich auf die Widerstandsfähigkeit der Kessel- und Öfen-

konstruktionen gegenüber Temperaturänderungen Rücksicht zu nehmen ist. Ebenso schnell wie das Ingangsetzen erfolgt das Abstellen durch einfache Unterbrechung der Brennstoffzufuhr. Diese Eigenschaft macht staubgefeuerte Kessel besonders geeignet zur Überwindung kurzzeitiger Spitzen (Fig. 6) und zum Einspringen bei unerwarteten Belastungen, wie sie in öffentlichen Elektrizitätswerken vorkommen. Der Wirkungsgrad staubgefeuerter Kessel ist infolge des geringeren Luftüberschusses und des sehr viel vollkommeneren Ausbrandes des Brennstoffes ein höherer als bei anderen Feuerungen, und zwar nicht nur bei Paradeversuchen, sondern im Dauerbetrieb. Die Wartung ist eine einfache und reinliche und stellt keine Anforderungen an die Muskelkraft des Bedienungspersonals. Vor allem besitzt die Staubfeuerung eine von keiner anderen Beschickungsmethode erreichte Anpassungsfähigkeit an die Verschiedenheiten des Brennstoffes. Das ist namentlich von Wichtigkeit für Betriebe, die sich nicht auf eine bestimmte Brennstoffsorte festlegen können oder wollen, sondern die Konjunktur ausnutzen müssen.

Gewisse Brennstoffe lassen sich auf Rosten überhaupt nicht oder nur in Mischung mit anderen verbrennen, während sie in der Staubfeuerung gut verwertbar sind. Andere Brennstoffe, für die es keinen Absatz gab, wie z. B. Feinkohlen,

Schlammkohlen, Rückstände aus der Naßaufbereitung, Rückstände aus feuerungschemischen und mechanischen Betrieben, wie z. B. Rauchkammerlösch, Koksasche, Grudekoks, Brikttabrieb, sind in der Staubfeuerung vorzügliche Brennstoffe.

Die schon vor vielen Jahren den Ingenieuren bewußten Vorteile der Staubfeuerung scheiterten an der ungenügenden physikalischen Durchdringung des Verbrennungsprozesses. Die in neuerer

Zeit gewonnenen praktischen Erfahrungen haben aber diese Art der Verbrennung zu einer störungslosen Betriebseinrichtung entwickelt, deren wirtschaftliche Bedeutung darin liegt, daß auch die sog. geringwertigen Brennstoffe unter voller Ausnutzung ihres Wärmeinhaltes verfeuert werden können, daß der Wirkungsgrad der Anlagen gesteigert wird, die Bedienungskosten heruntergesetzt werden und der gewerbliche Preis des Dampfes für Kraft-erzeugung und Heizzwecke und der Wärme für metallurgische Verfahren ermäßigt werden kann.

Flugzeugnavigation bei Nacht und Nebel.

Von Dipl.-Ing. List, Dessau.

Wenn auch die Flugzeugnavigation ihrem Wesen nach auf die Navigation zur See zurückzuführen ist, so unterscheidet sie sich doch grundsätzlich von jener, da sie nicht nur *höhere*, sondern auch *andere* Anforderungen an die entsprechenden Instrumente und Vorrichtungen stellt.

Im folgenden sollen die hauptsächlichsten Unterschiede zwischen Schiffs- und Flugzeugnavigation kurz erwähnt werden:

1. Die *Bewegungen des Flugzeuges* gehen nicht nur in der Ebene (wie beim Schiff), sondern *räumlich* vor sich.

2. Die schnelle Fortbewegung des Flugzeuges läßt für Kursbeobachtungen und -berichtigungen sehr viel *weniger Zeit* als an Bord eines Schiffes.

3. Die Bewegungsverhältnisse in der Luft verlangen *anders geartete* Instrumente.

4. Der beschränkte Raum im Flugzeug und die Notwendigkeit, Gewicht zu sparen, *beeinträchtigen Zahl und Ausführung* der mitzunehmenden Instrumente.

5. Die *Sichtverhältnisse* im Flugzeug sind grundsätzlich verschieden gegenüber denen an Bord.

6. Die *mechanischen Beanspruchungen* (Erschütterungen des Motors, enger Zusammenbau usw.) schaffen besonders ungünstige Bedingungen für das Funktionieren der Instrumente.

7. Sämtliche Instrumente sind von ein und derselben Person, höchstens von 2 Personen zu kontrollieren. Infolgedessen ist die Forderung nach *größer Übersichtlichkeit* unerläßlich, die an Bord bei Verteilung der Schiffsführung auf mehrere Leute nicht zu sehr ins Gewicht fällt.

Eine Aufzählung der zur Führung des Flugzeuges notwendigen Instrumente soll der Leitfaden sein für die Betrachtung des heutigen Stadiums ihrer Entwicklung:

Ebenso wie zur Führung des Schiffes nicht nur die Instrumente an Bord, sondern auch die Leuchttürme an der Küste u. a. notwendig sind, so müssen wir unterscheiden zwischen

- a) den im Flugzeug eingebauten Instrumenten,
- b) den Einrichtungen an Land.

Zu a):

1. Instrumente zur Überwachung des Motors (Tourenzähler, Kühlwasserthermometer, Öldruckmanometer, Brennstoffuhr usw.).

2. Instrumente zur Messung der Flugzeuggeschwindigkeit.

3. Instrumente zur Feststellung des Kurses (Kompass, Aufnahmegerät für F.-T.-Zeichen, die im Peilverfahren notwendig sind u. a.).

4. Apparate zur Beobachtung der jeweiligen Neigung des Flugzeuges gegen die Horizontallage.

5. Höhenmesser für den Bereich von etwa 50 m bis zur Gipfelhöhe.

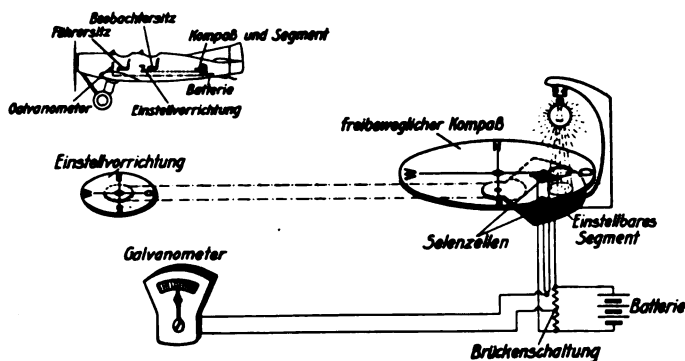
6. Vorrichtungen zur Messung des genauen Abstandes vom Erdboden im Bereich von 0 bis etwa 50 m Höhe.

7. Einrichtungen, die zur Vereinigung verschiedener Anzeigen notwendig sind im Sinne der Vereinfachung der Übersicht.

Zu b):

F.-T.-Einrichtungen in der Start-Station, auf Zwischenstationen und im Zielhafen, deren genauere Aufzählung im Text gegeben werden soll.

1. Auf die Motor-Überwachungsinstrumente



Schematische Zeichnung einer Fernkompaß-Anlage mit Übertragung der Kompaßanzeige auf opt.-elektr. Wege.

soll hier nicht eingegangen werden, da sie außerhalb des zu behandelnden Kapitels stehen.

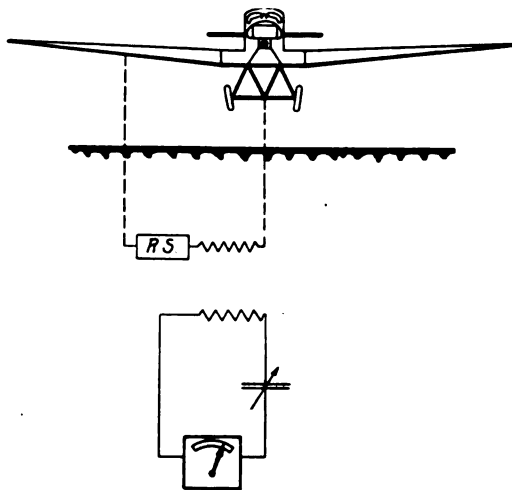
2. Über die Geschwindigkeitsmesser soll hier nur so viel gesagt werden, daß es dafür verschiedene Wege gibt. Wir erwähnen die Staudenmesser und die *Venturi-Röhre*, deren Prinzip auf der Messung des Über- oder Unterdruckes eines Staurohres oder einer Düse beruht und dementsprechend die *Relativ-Geschwindigkeit* des Flugzeuges gegenüber der umgebenden Luft angibt. Demnach ist die Anzeige abhängig von der Luftdichte, also auch von der Höhe. Um die *wirkliche* Geschwindigkeit zu erhalten, müssen noch Instrumente zur Abtriftmessung d. h. zur Bestimmung der Windrichtung und Geschwindigkeit vorhanden sein.

3. Die Frage der *Kompass* hat von jeher erhebliche Schwierigkeiten bereitet. Der einfache Magnetkompaß unterlag noch mehr als im Schiff den von den Metallteilen ausgehenden Beeinflussungen, die häufig eine Ablenkung der Kompass herbeiführen, so daß sie dann für die Kurshaltung vollkommen ausfielen. Lange hat man durch Veränderung des Einbauortes diesen Schwierigkeiten Rechnung tragen wollen. Heute ist es gelungen, kleine aperiodische Kompass zu bauen, die wegen ihrer großen Richtkraft und leichten Kompassierbarkeit überall eingebaut werden können.

Der beste Ausweg ist immer noch der: Den Kompaß in das von den Deviationseinflüssen freie Rumpfbau einzubauen und die Übertragung der Anzeige zum Führerstand elektrisch durch Selenzelle (oder anderswie) zu bewerkstelligen (Askania-Selen-Fernkompaß).

Der Einbau von *Kreiselkompassen*, die zwar unabhängig von magnetischen Störungen, dafür aber bedeutend schwerer sind, kommt nur für große Flugzeuge in Frage.

Für das *F.-T.-Peilverfahren* zur Kontrolle der Flugrichtung ist folgender Vorschlag gemacht worden: Unterhalb des Flugzeuges wird eine Rahmenantenne drehbar um die Achse angeordnet und durch eine einfache Antriebsvorrichtung (Propellerantrieb) in langsame Umdrehungen versetzt (etwa eine halbe Umdrehung pro Sekunde). Diese rotierende Rahmenantenne ist

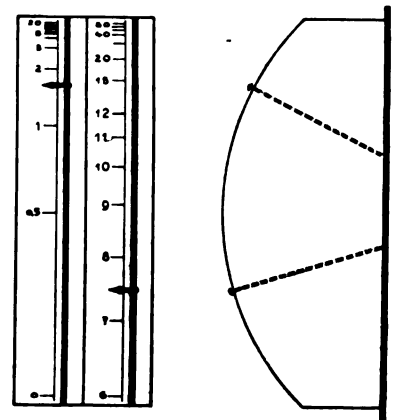


Schema der elektr. Bodenabstandsmessung mit Darstellung der in Metern geeichten Doppelskala, einer Anzeige, die ein absolut sicheres Abfangen des Flugzeuges beim Landen ermöglicht.

mit einer Kontaktvorrichtung versehen, die bei jeder halben Umdrehung im Telephonhörer außer den normalen Empfangsgeräuschen einen kurzen Ton erzeugt, und zwar in dem Augenblick, wo die Ebene der Rahmenantenne mit der Längsrichtung des Flugzeuges zusammenfällt. Die Kurshaltung wird dann folgendermaßen vor sich gehen: Der Pilot hört die dauernd gegebenen Sendezeichen der Zielstation langsam anschwellen und wieder verschwinden, genau nach der Umdrehungszahl der drehenden Rahmenantenne. Außerdem hört er in dem Augenblick, wo die Rahmenantenne in der Längsrichtung des Flugzeuges steht, den vorher erwähnten Zusatzton. Fällt das Auftreten des Tonmaximums zusammen mit dem Zusatzton, so ist die Längsachse des Flugzeuges genau dem Ziel zugewendet. Der Kompaß ermöglicht eine Kontrolle darüber, ob die Richtung nicht genau entgegengesetzt ist, außerdem bemerkt der Pilot die Annäherung an sein Ziel mit der zunehmenden Empfangsstärke.

4. Die bis jetzt üblichen Pendel-Querneigungsmesser haben beschränkten Wert, da die Flüssigkeitsebene (oder was sonst als Pendel dafür in Betracht kam) natürlich auch der Zentrifugalkraft folgt. Ein von dieser Kraft unabhängiges Instrument konnte hier nur durch den Kreisel gefunden werden, der bei genügend schneller Drehzahl das Bestreben hat, seine Rotationsebene beizubehalten. Es sind in dieser Richtung schon recht brauchbare Instrumente konstruiert worden. Es muß hier erwähnt werden, daß diese Instrumente entweder elektrisch oder durch direkten Luftantrieb betätigt werden.

5. Die Höhenmessung erfolgt im allgemeinen durch ein Aneroidbarometer, also durch Bestimmung des Luftdruckes und ist deshalb mit den entsprechenden Fehlern bei Änderung des Luftdruckes und der Normalhöhe des Geländes ver-



bunden. Neuerdings haben die Askania-Werke ein besonders empfindliches Instrument herausgebracht, das bis 500 m reicht und ohne Nacheilungs- oder Materialnacheilungserscheinungen arbeitet. Bei genauer Einstellung und F.-T.-Übermittlung eventueller Änderungen des Barometerstandes ist es möglich, sich nach der Anzeige dieses Höhenmessers dem Boden bis auf geringe Höhe zu nähern, falls man ungefähr weiß, wo man sich befindet. (Absolute Höhe des Geländes über dem Meeresspiegel.)

6. Die größte Schwierigkeit liegt in der auf den Dezimeter genauen Messung des Abstandes vom Boden, da sehr viel Flugzeugunfälle durch zu frühes oder zu spätes Abfangen beim Aufsetzen auf den Boden verursacht werden. Zur Ausfüllung dieser Lücke dient ein kürzlich vorgeschlagener elektrischer Distanzmesser (nach dem Prinzip der Kapazitätsmessung), der die Annäherung des Flugzeuges an den Boden, und zwar von einer Höhe von 50 m an mit zunehmender Genauigkeit anzeigt und es gestattet, das Flug-

zeug nach der Anzeige des Instrumentes abzufangen und zu landen.

7. Über die Instrumente für drahtlosen Telephonie- und Telegraphiewechselverkehr ist nichts Besonderes zu sagen. Es kommt eine Station in der normalen Ausführung in Frage. Zu erwähnen wäre höchstens die neuerdings verwendete automatisch aufzuhaspelnde Antenne.

8. Über die Sinnfälligkeit der Anzeige ist allgemein folgendes zu sagen: Die modernen Flugzeuge, insbesondere die mehrmotorigen, sind im allgemeinen bereits derartig mit Instrumenten, überfüllt, daß diese in der Gesamtheit sehr leicht unübersichtlich wirken können. Eine größere Anzahl von Instrumenten mit runder Skala, wie es heute noch alle Tourenzähler, Manometer, Geschwindigkeitsmesser, Höhenmesser usw. sind, geben ein schwer zu übersehendes Gesamtbild. Die Bestrebungen gehen zur Zeit dahin, gerade die einfachsten sinnfällig zu gestalten. So muß z. B. die Anzeige des Geschwindigkeitsmessers und Tourenzählers durch einen Anzeiger erfolgen, der sich bei größter Geschwindigkeit bzw. Motorendrehzahl in Übereinstimmung mit den wahren Flugverhältnissen nach unten bewegt.

Die Anzeige der Querneigung ist erstmalig durch die Firma Anschütz sehr sinnfällig in Gestalt eines Flugzeugbildes dargestellt worden, das sich gegenüber einer Horizontscheibe bewegt.

Eine besonders sinnreiche Kombination stellt ein Vorschlag dar, der eine Anzeige ermöglicht, in der die Höhe über dem Boden, die Eigengeschwindigkeit und die Windgeschwindigkeit enthalten sind.

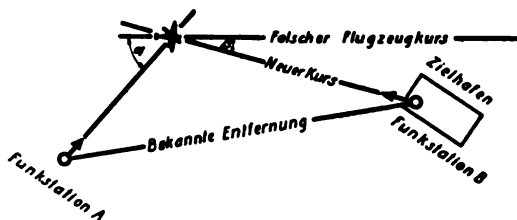
Der weiter oben erwähnte Distanzmesser kann so eingerichtet werden, daß sich, anstatt des üblichen Zeigers auf der Skala, ein von einem drehbaren Spiegel reflektierter Lichtpunkt senkrecht auf und ab bewegt. Nimmt man als zweite Dimension die horizontale Ausdehnung des Flugplatzes mit Anschwebegelande hinzu, derart, daß der vorerwähnte Lichtpunkt außer der vertikalen auch noch eine horizontale Bewegung ausführt, welche letztere ebenfalls mit der horizontalen Bewegung des Flugzeuges von einem gegebenen Moment an korrespondiert, so erhält man auf diese Weise eine Darstellung des landenden Flugzeuges gegenüber dem Landeplatz.

Die Platzgrenzen sowie eventuell Hindernisse sind entsprechend in die Mattscheibe des Instrumentes eingezeichnet. Die Einschaltung der horizontalen Bewegung des Instrumentes erfolgt beim Überfliegen eines den Platz umgebenden Kabels, dessen Funktion noch näher erläutert wird und dessen Lage zum Platz bekannt ist. Die Geschwindigkeit der Horizontalbewegung kann unter Berücksichtigung des herrschenden Gegenwindes, dessen Stärke vorher durch F.-T. übermittelt wurde, entsprechend eingestellt werden. Auf diesem Wege kann eine Vereinfachung erzielt werden, die dem Piloten gerade im kritischen Augenblick der Landung viel Gehirnarbeit und damit Nervenbelastung erspart.

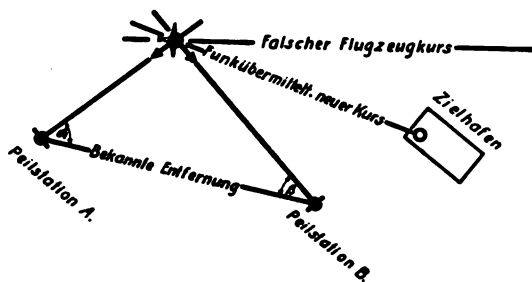
Über die F.-T.-Einrichtung an Land ist im großen und ganzen nichts Besonderes zu sagen, da sie sich nicht grundsätzlich von der für andere Zwecke gebräuchlichen Anlage unterscheidet.

Besondere Erwähnung verdienen nur die Anlagen, welche die Aufgaben haben, dem Flugzeuge auf dem Wege des Peilverfahrens Kurshaltung und Ansteuerung zu erleichtern bzw. (bei Nebel) zu ermöglichen.

Auf große Entfernung werden die für das Peilverfahren notwendigen Zeichen von der großen, im allgemeinen Verkehr dienenden F.-T.-Anlage gegeben.



Korrektion des Flugzeugkurses durch F.-T.-Rahmen-Peilung (Eigenpeilung).



Korrektion des Flugzeugkurses durch F.-T.-Rahmen-Peilung (Fremdpeilung).

Für geringe Entfernung, also für die letzte Etappe der Annäherung des Flugzeuges werden die Peil-Zeichen von einer ganz kleinen F.-T.-Station gegeben, die in der Mitte des Flugplatzes steht, deren Antenne demnach umlegbar sein muß und deren Bedienung — eben wegen der nur geringen geforderten Reichweite — einen minimalen Aufwand erfordert.

Außerdem ist der ganze Flugplatz von einem mit Wechselstrom gespeisten Kabel umgeben, das je nach der Geländebeschaffenheit auf kleineren oder größeren Masten oder in der Erde verlegt werden kann und eine gewisse elektrische Fernwirkung (Induktion) besitzt, welche noch geringere Reichweite hat als die oben erwähnte. Diese (quasi) Sendeanlage dient lediglich dazu, den Piloten durch ein besonderes Sendezichen auf den Augenblick der Überfliegung des Kabels aufmerksam zu machen. (Die Tonhöhe dieses Zeichens ist möglichst von der der vorerwähnten Anlage in der Mitte des Platzes verschieden.)

Zum Schluß soll zusammenfassend beschrieben werden, wie die Navigation mit Hilfe der vorerwähnten Instrumente und Einrichtungen ungefähr vor sich gehen kann:

Der Pilot unterrichtet sich vor dem Start über Wetter- und Windverhältnisse, bestimmt danach die Kompaßrichtung, in der er ungefähr abhängig von der Höhe steuern muß, und startet unter Beobachtung von Geschwindigkeits- und Querneigungsmesser. Hat er seine bestimmte Höhe, etwa 200—300 m erreicht, so nimmt er Kompaßkurs auf sein Ziel. Nunmehr haspelt er die Antenne ab und nimmt Verbindung auf mit der Station, von der er soeben *gestartet* ist. Die Station teilt ihm, solange es irgend geht, eventuelle Wetter- und Windrichtungsänderungen mit. Zwischen- durch versucht er festzustellen, ob er Verbindung mit seiner *Zielstation* bekommen kann.

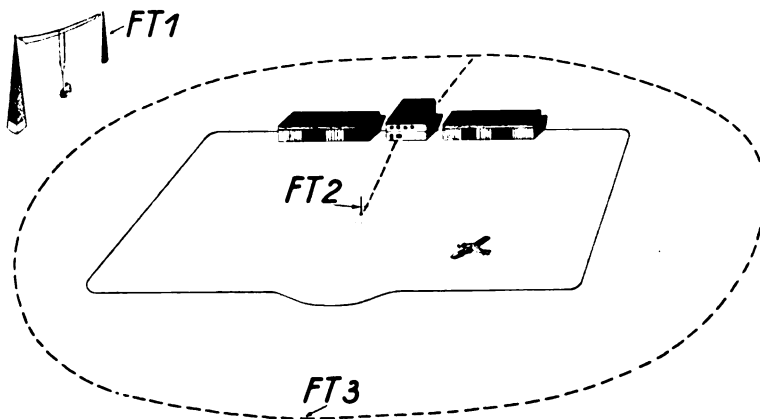
Vom Augenblick des Startens an sendet die *Zielstation* telegraphisch kontinuierlich ein bestimmtes Zeichen, welches nur von direkten Mit-

einrichtung, die in der Mitte des Platzes angeordnet ist. Nachdem der Pilot von der Ziel-F.-T.-Station die genaue *Richtung* empfangen hat, in der er *landen muß*, haspelt er die Antenne der normalen Bordstation auf und schaltet den Empfang nur auf seine Rahmenantenne um, so daß er genau auf die Mitte des Platzes zusteuern kann. Er geht auf eine Höhe von etwa 100—150 m herunter und nähert sich dabei dem *Kreiskabel*, welches die Grenze des Flugplatzes umgibt. Durch das Sendezichen dieser Anlage (eventuell am optisch sichtbaren Ausschlagen eines Instrumentes, welches bei einer ganz bestimmten Sendefrequenz der Kreiskabelanlage betätigt wird) kann er fast genau feststellen, wann das Flugzeug in den vom Kabel eingeschlossenen Bereich kommt. Unter Beibehaltung der Höhe macht der Pilot noch eine

Kurve, in der er wiederum das Kreiskabel von innen nach außen überfliegt, um dann in noch geringerer Höhe in der garantiert richtigen Landerichtung zum 3. Mal das Kreiskabel — wieder von außen nach innen — zu passieren.

Nunmehr stellt er die optische Anzeigevorrichtung seines elektrischen Distanzmessers ein, nimmt Gas weg und nähert sich dem Boden unter andauernder Beobachtung des Distanzmessers und Kontrolle des Querneigungs- und Geschwindigkeitsmessers.

Kurz vor dem Aufsetzen, also in 1—2 m Höhe beobachtet der Pilot nur noch den Distanz- und Geschwindigkeitsmesser. (Als Sicherung bei den Versuchen wäre es möglich, den



Flugplatz-Anlage zur Ermöglichung von Nebellandungen.

FT 1 Normale F.-T.-Landstation in Entfernung von einigen 100 m vom Platz; FT 2 F.-T.-Hilfsstation mit geringer Reichweite, Fernbedienung und umlegbarer Antenne; FT 3 Mit Wechselstrom höherer Frequenz gespeistes Kabel, das den Platz kreisförmig umgibt.

teilungen an dieses oder andere Flugzeuge unterbrochen werden darf. Schaltet der Pilot seinen Hörer bzw. die ganze Empfangseinrichtung auf die drehende Rahmenantenne um, so wird er von einem bestimmten Augenblick an die Annäherung an die Zielstation an dem an- und abklingenden Ton des Zeichens hören und die Übereinstimmung des Tonmaximums mit dem durch die Rahmenkontaktvorrichtung erzeugten Fremdtone feststellen können. Hört er die Tonschwelle *vor und nach* dem Fremdtone, so braucht er nur, je nach dem Drehsinn der Rahmenantenne, den Kurs entsprechend zu ändern. (Die Kontaktvorrichtung in der Rahmenantenne läßt sich entsprechend dem Abtriftwinkel verstellen.)

Im übrigen hat der Pilot unterwegs noch die Möglichkeit, durch *Fremdpeilung* seinen *geographischen Ort bestimmen* zu lassen. Nach der Zeit, den bekannten Windverhältnissen, der Kontrolle durch die Peilung usw. kann der Pilot bestimmen, wann er sein Ziel erreichen wird.

Nun kommt er in den Bereich der *Send-*

Piloten durch ein Schußsignal im letzten Augenblick darauf aufmerksam zu machen, daß sich das Flugzeug nicht in der richtigen Weise dem Boden nähert, der Landungsversuch kann dann wiederholt werden.) Eventuell tritt an die Stelle der beiden letzten Etappen die Beobachtung des oben beschriebenen kombinierten Distanz-Geschwindigkeitsmessers.

Mit Hilfe dieser geschilderten Einrichtungen dürfte es keine grundlegenden Schwierigkeiten mehr bereiten, ein Flugzeug ohne Bodensicht zu starten, zu fliegen und zu landen. Ohne weiteres wird es dann möglich, Wolkendecken zu durchstoßen, den Nebel zu durchfliegen, ohne in gefährliche Bodennähe zu kommen, eventuell bei Nebel an einer entsprechend ausgerüsteten Zielstation zu landen, so daß damit die letzten Schwierigkeiten zur Durchführung eines *absolut regelmäßigen Luftverkehrs* als überwunden betrachtet werden können. Bis zur allgemeinen praktischen Ausführung des Fliegens nur nach Instrumenten wird allerdings einige Zeit noch vergehen müssen.

Besprechungen.

HABERLANDT, G., Eine botanische Tropenreise Indo-malaische Vegetationsbilder und Reiseskizzen. 3. Aufl. Leipzig: W. Engelmann 1926. X., 296 S., 48 Abbild. im Text, 9 Taf. in Autotypie und 3 Aquarelltafeln. 16 × 23 cm. Preis geh. RM 9.50, geb. RM 12.—.

Es ist dem Ref. eine ganz besondere Freude, das ewig junge Buch des Verf. hier in 3. Auflage anzuzeigen. War es doch einst das Buch, das ihn in die Zauberwelt der Tropen begleitete, und hat es ihm wie vielen anderen deutschen Botanikern doch geholfen, sich in der Fülle der verwirrenden Neueindrücke zu orientieren. Und wir „alten Javaner“ werden es dem Verf. ganz besonders Dank wissen, daß er möglichst wenig an Text und Bildern verändert hat; dem Ref. wäre es förmlich „pietätlos“ vorgekommen, wenn er größere Umarbeitungen der altvertrauten Zeilen gefunden hätte. So aber liest man wie einst die kleinen Reiseerlebnisse des Verf., man ist im Geiste wieder zu Gast bei dem unvergeßlichen TREUB und hört ihn in seiner überlegenen sarkastischen und doch wieder so menschlich gütigen Weise zu einem sprechen, man wandert durch die vielen „Quartiere“ von „s Lands Plantentuin“ in Buitenzorg, man hört die Rasamahla-Bäume in dem Berggarten von Tjibodas rauschen, kurz, man fühlt sich wieder für ein paar Stunden im Land seiner Träume und Sehnsucht.

Und solche Vermittlung bringt eben allein ein Autor fertig, der nicht nur einseitig zu unserem Intellekt spricht, sondern der allenthalben auch zu erkennen gibt, welche Gemütswerte wir einer Tropenreise verdanken können, wenn wir mit offenen Sinnen die neuen Reize auf uns einwirken lassen.

Der Ref. darf wohl voraussetzen, daß die Disposition des Buches allgemein bekannt ist. Und er betrachtet es als seine Aufgabe, lediglich das zu berichten, was infolge von neueren botanischen Forschungen sich als veränderungsbedürftig herausgestellt hat. Da ist zunächst zu sagen, daß solches im großen und ganzen nur selten der Fall ist, ein Beweis dafür, daß sich die großen Gesichtspunkte, mit denen wir die Pflanzenwelt der Tropen betrachten, im letzten Menschenalter nur wenig geändert haben. Freilich manche Ökologismen, die man mit SCHIMPER und STAHL aus Organographie und Anatomie abzuleiten gewohnt war, können im Licht exakter physiologischer Experimentalforschung nicht bestehen bleiben. Und Verf. hat das überall gebührend berücksichtigt. Die Xerophyten-theorie der Mangrovepflanzen ist durch v. FABERS Forschungen so gut wie erledigt; FITTINGS Studien der osmotischen Werte bei Wüstenpflanzen haben uns mit einem neuen Typ bekanntgemacht, nach dem Wasser aus „fast“ trockenen Böden noch herausgeholt werden kann; das Problem der „Schlafbewegungen“ von Blättern ist anders dargestellt als früher, im besonderen hat Verf. seine Ansicht fallen gelassen, darin — etwa bei Mimosa — eine Einrichtung zu sehen, sich gegen die Gewalt der tropischen Regengüsse zu schützen; die Frage der „Ornithophilie“ ist dank der neuen Erfahrungen von PORSCH in modernem Gewande behandelt (die Honigsauger sind z. B. nicht mehr die „unberufenen Gäste“ der früheren Auflagen); weiterhin, wenigstens in den Anmerkungen zum Text, finden wir die neuere blütenökologische Literatur verwertet, die sich an v. FRISCH und KNOLL anschließt; weggelassen sind dafür KNUTHS „ultraviolette“ Blütenfarben, welche Verf. früher als evtl. für Wüstenpflanzen in Betracht kommend ansah.

Das sollen nur „Stichproben“ sein, die Ref. bringt. Es soll vor allem gezeigt werden, wie Verf. in vielen Einzelheiten die bessernde Hand angelegt hat, die sich auf die allerverschiedensten Fragen beziehen. Wie weit die neueste Literatur zu berücksichtigen war, das müssen wir natürlich dem Verf. überlassen. Es sollte ja kein Handbuch geschrieben werden, das Vollständigkeit anstrebt, es sollen nicht einmal Spezialkenntnisse vermittelt werden, wie das MASSART in seinem ausgezeichneten Werkchen tut, der uns selbst in „Florenlisten“ einführt. Es sollte vielmehr, wenn Ref. so sagen darf, das künstlerische Moment nicht zu kurz kommen, das bei allzu großer Gelehrsamkeit leicht zu leiden pflegt. Und da sind es neben den Photographien, welche bereits der 2. Auflage beigegeben waren, wieder die alten Aquarelle und Bleistiftskizzen des Verf., die uns in treffender und im guten Sinne moderner Auffassung das Charakteristische zu erkennen geben.

Natürlich hätte Ref. auch kleine Ausstellungen zu machen, aber er bittet, solche mehr als „pflichtgemäße Pedanterie“ eines sorgfältigen Lesers aufzufassen. Wir haben nicht nur 6—7000 Arten Orchideen, sondern — nach dem neuesten ENGLERSCHEN Syllabus — etwa 17 000! Die Frage der „Periodizität“ hätte er nicht nur anmerkwürdig, sondern im Haupttext in modernerem Gewande gewünscht, und der Experimente von VOLKENS und KLEBS wäre dabei in größerem Umfange zu denken gewesen. Auch zur Frage der „Cauliflorie“ hat LAKON hübsche Beiträge geliefert, die vielleicht Erwähnung verdient hätten, ebenso wie MIEHES Myrmecodia-Arbeit anzuführen interessiert hätte.

Bei der Erklärung des Zustandekommens der „Brettwurzeln“ denkt Ref. an SENNS schöne experimentelle Untersuchungen an heimischen Bäumen ... Aber was sollen wir weiter um relativ nebensächliche Dinge rechten!

Und so sei zum Schluß noch betont, wie auch größere Gesichtspunkte, die über die reinen Eindrücke einer Tropenreise hinausgehen, in dem Buche angedeutet sind: die Einwirkungen des Weltkrieges, die nationalistische Bewegung auf Java, die ungeheure Menschenzunahme auf der Insel, welche die Bevölkerung bereits auf 34 Millionen hat anschwellen lassen. 1826 waren es noch 5 1/2 Millionen, 1850 9 1/2, 1865 14, 1895 (zur Zeit der 1. Auflage des Buches) 24! Solche Zahlen geben zu denken, wie lange es selbst der meisterhaften Verwaltungstechnik der Holländer gelingen dürfte, den Riesen-Archipel des indo-malayischen Gesamtgebietes von dem kleinen Mutterlande aus weiter regieren zu können.

Möge das Buch auch in der neuen Auflage viele Leser finden!

G. TISCHLER, Kiel.

ENGLER, A., Die Pflanzenwelt Afrikas, insbesondere seiner tropischen Gebiete. Grundzüge der Pflanzenverbreitung in Afrika und die Charakterpflanzen Afrikas. V. Band, 1. Heft. Ausführliche Schilderungen der Vegetationsverhältnisse des tropischen Afrika, erster Teil. Mit 1 Karte (als Beilage) und 5 Kärtchen im Text. Herausgegeben mit Unterstützung des Deutschen Auswärtigen Amtes. Leipzig: Wilhelm Engelmann 1925. (In ENGLER und DRUDE, Die Vegetation der Erde IX.) VIII, 341 S. Preis geh. RM 22.—, geb. RM 25.—.

Von diesem großen weitausschauenden Werke sind bisher bereits mehrere Bände erschienen. Im ersten Band, der als Einleitung einen Überblick über die Vegetationsverhältnisse des tropischen Afrika,

sowie im knappen Ausschnitte auch eine Schilderung der Floren der sich anschließenden außertropischen Gebiete (Mittelmeergebiet und Südafrika) gegeben hatte, wurde der beabsichtigte Gang der Darstellung besprochen, und dort wurden für den 5. Band eingehendere Schilderungen der Vegetationsverhältnisse des tropischen Afrika in Aussicht gestellt. Dies geschieht nun im vorliegenden Band mit dem afrikanisch-indischen Wüstengebiet und einem großen Teil des afrikanischen Wald- und Steppengebietes. Auf diese Weise ist es jetzt dem Verf. dank seiner mit Recht vielbewunderten Arbeitskraft, die ihresgleichen nicht findet, gelungen, wenigstens die Darstellung der nördlichen Hälfte von Afrika zum Abschluß zu bringen. Entsprechende zusammenfassende Übersichten der Pflanzenwelt der weit ausgedehnten ost- und südafrikanischen Steppenprovinz mit ihren Gebirgsländern und der unerschöpflich artenreichen Pflanzenwelt der sog. guineensischen Waldprovinz im weitesten Sinne oder der afrikanischen Hylaea müssen noch der Zukunft vorbehalten bleiben. Es wird aber an vielen Stellen des vorliegenden Bandes bereits auf wichtige Erscheinungen jener eben genannten Gebiete hingewiesen. Wo die Gattung *Acacia* auftritt, beginnt das nordafrikanisch-indische Wüstengebiet, das sich durch jene Gattung von dem Mediterrangebiet scheidet. Es ist ein großes artenarmes Gebiet, das sich von Senegambien bis nach dem nordwestlichen Vorderindien erstreckt und an seinen Pflanzenformen ähnliche Anpassungen zeigt, wie sie die Wüstenformen des Mittelmeergebietes haben; es ist jedoch in ihm das palaeosubtropische und speziell das afrikanische Florenelement stärker vertreten als das mediterrane. Die hierzu teilweise gehörige Sahara ist nicht, wie GRISEBACH annahm, als ein einheitliches Vegetationsgebiet anzusehen, sondern zerfällt in 2 Teile, von denen der nördliche dem Mittelmeergebiet zuzurechnen ist, während wir im Süden tropisch-afrikanische Flora haben. Der zentrale Teil ist besonders durch französische Forscher und in neuerer Zeit durch Freiherrn GEYR VON SCHWEPPENBURG erforscht worden. Das afrikanische Wald- und Steppengebiet, das in mehrere pflanzengeographische Provinzen zerlegt wird, beginnt mit der Sudanischen Parksteppenprovinz, die eine sehr eingehende Schilderung erfährt. Wem es vergönnt war, an dem Werke des Verf. durch Bestimmung einiger Pflanzenfamilien mitzuwirken, weiß, daß sich dieses Gebiet, das von Senegambien bis zum oberen Nil reicht, eine in mancher Hinsicht recht einförmige, überall mit sehr charakteristischen Pflanzenarten wiederkehrende Vegetation trägt, die aber doch einer bis ins einzelne gehenden Gliederung in Unterprovinzen unterworfen werden muß, da sich stellenweise nicht unerhebliche Verschiedenheiten durch klimatische Einflüsse oder Bodenerhebungen geltend machen. Ein besonders charakteristischer Bestandteil dieser Provinz ist der sog. Tshi-Butterbaum, die Sapotacee *Butyrospermum Parkii*. Um die Erforschung der Flora hat sich G. SCHWEINFURTH die größten Verdienste erworben; diesem bahnbrechenden Erforscher des östlichen Sudan und seiner Nachbarländer hat der Verf. den vorliegenden Band gewidmet. Von späteren sind besonders A. CHEVALIER und K. LEDERMANN zu nennen, die auf diesem Gebiete viel geleistet haben. Es herrschen hier weit ausgedehnte, oft mit Bäumen bestandene Grassteppen vor. Die gebirgigen Erhebungen sind von eigenartigen montanen Elementen besiedelt, die von denen der Steppen abweichen. Stellenweise dringen Florenelemente der guineensischen Waldprovinz in den eigentlichen Sudan ein, besonders im Westen und im Süden an den Flüssen, wo die Galeriewälder sich bilden,

die SCHWEINFURTH so trefflich beschrieben hat. Es ist daher nötig, gewisse Übergangsbezirke zu unterscheiden. Schließlich gibt es auch Bezirke der echten westafrikanischen Waldprovinz an der Grenze des Sudan; besonders das Gebiet von Kamerun ist darin sehr lehrreich und mannigfaltig. Wie weit im einzelnen die afrikanische Hylaea (Regenwald) nach Norden reicht, kann erst später genauer ermittelt werden; im Osten sind in dieser Hinsicht noch große Lücken auszufüllen. Die nordostafrikanische und ostäquatoriale Hochland- und Steppenprovinz erstreckt sich von dem Etbaigebirgsland, das SCHWEINFURTH erforscht hat, über Abyssinien und Galla-Hochland bis zu den Gebirgen und Plateaus des östlichen Afrika (z. B. Kilimandscharo und benachbarte Berge, Massaihochland, Mt. Elgon usw.). Von diesem Gebiete sind manche Teile schon besser bekannt und lassen sich nach Florenelementen und Formationen gliedern; gerade deutsche Forscher haben hier Vorbildliches geleistet. Man hat hier von abyssinischen Typen gesprochen, weil Abyssinien schon seit längerer Zeit erforscht worden ist. Es hat sich aber ergeben, daß diese Arten viel weiter auf den Gebirgsländern Ostafrikas verbreitet sind, so daß man von abyssinischem Ursprung nicht sprechen kann. Ein eigenes Kapitel ist den Hochgebirgen der zentralafrikanischen Unterprovinz und des zentralafrikanischen Zwischenseenlandes gewidmet. Es kommen hier besonders die großen Virunga-Vulkane und der Gebirgsstock des Ruwenzori in Betracht. Für die Aufklärung der Vegetationsverhältnisse dieser Bergländer sind MILDBRAEDS vortreffliche Sammlungen und seine lebensvollen Schilderungen von großer Bedeutung gewesen. Am Schlusse sucht der Verf. den Entwicklungsgang der Vegetation im tropischen und subtropischen Afrika, insbesondere nördlich des Äquators, und in den äquatorialen Gebieten zu schildern. An vielen Stellen des Werkes sind Vegetationsschilderungen der Reisenden eingefügt, sowie zahlreiche sehr ausführliche Pflanzenlisten; der Forscher, der künftig dieselben oder benachbarte Gegenden besucht, kann also gleich daraus entnehmen, was er zu erwarten hat, und wird dadurch angeregt zu weiteren Untersuchungen der Pflanzendecke. Mit freudiger Anerkennung begrüßen wir das Erscheinen dieses Werkes, das stets ein würdiges Denkmal des unermüdlchen Fleißes des Verf. bleiben wird, der sich die Erforschung der afrikanischen Flora zur Lebensaufgabe gesetzt hat, und dem die Pflanzengeographie gerade in dieser Hinsicht so außerordentliche und wesentliche Förderung verdankt. Es ist zu hoffen und zu wünschen, daß das Werk, das ja, nach Lage der Dinge, nur als vorläufige Zusammenfassung der Ergebnisse zahlreicher Sammlungen und Beobachtungen seinen hohen bleibenden Wert hat, für die Zukunft anregend wirken wird, so daß es gelingt, allmählich immer mehr die Lücken unserer Kenntnisse auszufüllen. Kein Botaniker, der nach Afrika geht, wird es entbehren können. Jeder Pflanzengeograph muß es in weitestem Maße gründlich zu Rate ziehen. Der Geograph im allgemeinen wird es auf sich wirken lassen, um die Eigenheiten der behandelten Gebiete und ihre Beziehungen zueinander schärfer erfassen zu können. H. HARMS, Berlin-Dahlem.

MELIN, ELIAS, Untersuchungen über die Bedeutung der Baummycorrhiza. Eine ökologisch-physiologische Studie. Jena: Gustav Fischer 1925. VI, 152 S. und 48 Abbild. Preis RM 7.50.

Die Schrift bringt nach einem kurzen Überblick über die früheren Arbeiten des Verf. die Ergebnisse mehrjähriger Ernährungsversuche mit Mycorrhizen der Fichte und Kiefer. Aus sterilisierten Samenkörnern

wurden in Erlenmayerkolben Sämlinge in Reinkultur unter Watteverschluß erzogen und teils in Reinkultur beobachtet, teils mit Reinkulturen von Mycorrhizenpilzen beimpft. Außerdem wurden mit Mycorrhizenpilzen, Boleten, Agaricinen und aus Mycorrhizen herausgezüchteten sterilen Mycelien, Ernährungsversuche unternommen. Die Versuche gingen hauptsächlich um das Verhalten der Mycorrhizen gegen den Stickstoff des Substrates. Der Stickstoff wurde teils in mineralischer Form als Nitrat und Ammoniumchlorid, teils in organischen Verbindungen geboten. Eine glücklich erfundene Vorrichtung zur wiederholten Bewässerung der Pflänzchen ohne Gefahr der Fremdinfection ermöglichte es, die Ernährungsversuche volle 3 Jahre durchzuführen. Die pilzfreien Pflanzen assimilierten Nitrat, Ammoniumsalz und Asparagin ebenso leicht, die höheren Stickstoffverbindungen Nucleinsäure und Pepton jedoch weniger leicht und vollständig als die mit synthetisch erzielten Mycorrhizen versehenen Pflanzen, was durch zahlreiche Photographien, sowie durch Gewicht- und Stickstoffanalysen festgestellt ist. Die Ergebnisse scheinen gesichert zu sein, wenn auch die Zahl der verglichenen Pflanzen — wegen der ungewöhnlichen Versuchsschwierigkeiten — geringer ist, als man sonst für vergleichende Ernährungsversuche für erforderlich hält, und Bedenken wegen der unnatürlichen, nur eine schwache Entwicklung der Sämlinge zulassenden Wachstumsbedingungen nicht von der Hand zu weisen sind. Der Nutzen der Symbiose für den höheren Symbionten besteht also vorwiegend in der Erleichterung der Stickstoffgewinnung aus schwer zugänglichen komplizierten organischen Verbindungen; bei reichlicher mineralischer Stickstoffnahrung sind die Mycorrhizen entbehrlich. Freien Luftstickstoff assimilieren die Mycorrhizen ebensowenig wie die Baumwurzeln und die Pilze allein.

Noch deutlicher als für den Baum ist der Nutzen der Symbiose für den Pilz. Die Mycelien der Mycorrhizenpilze gedeihen auf künstlichem Nährboden durchweg nur mäßig oder schlecht, viele überhaupt nicht nachhaltig. In Verbindung mit den Baumwurzeln wachsen sie sofort viel besser, und zwar sind es die von den Wurzeln ausgeschiedenen Phosphatide, das sind phosphor- und stickstoffhaltige organische Stoffe, die der Pilz benötigt. Die Phosphatide wirken als Ergänzungs- oder Reizstoffe, nach Art der Vitamine, schon in sehr geringer Gabe wachstumsfördernd. Außerdem scheinen die Pilze den Wurzeln Glucose zu entziehen, denn in der Kultur gedeihen sie nur auf glucosehaltigem Nährboden leidlich, auf Humusextrakt nur sehr kümmerlich. Auch in der Natur bilden sie ihre Fruchtkörper und wahrscheinlich auch ihr Mycel nur in Verbindung mit lebenden Baumwurzeln, sind also streng an den Wurzelbereich von Waldbäumen gebunden.

Großen Einfluß hat auch der Säuregrad des Nährbodens auf das Gedeihen der Pilze und die Ausbildung der Mycorrhizen. Optimal ist für die meisten etwa p_H 4—5, alkalisches Substrat ist ungeeignet.

Umsichtige Naturbeobachtungen unter Berücksichtigung forstlich-bodenkundlicher Forschung ergänzen diese und andere physiologischen Versuche zu einer einleuchtenden ökologischen Theorie der Baummycorrhiza: In saurem Rohhumusboden ist der Stickstoff an schwer aufnehmbare organische Stoffe gebunden. Nitrifikation fehlt in der Regel ganz. Ammonverbindungen werden nur spärlich gebildet und dann sofort von den massenhaft vorhandenen Fadenpilzen vorweggenommen. Hier sind die Mycorrhizen notwendig, um den Stickstoff aufzuschließen und die Wurzel im Wettbewerb um den Stickstoff gegen die Fäulnispilze

zu unterstützen. Auf solchen Böden sind die Mycorrhizen auch am üppigsten entwickelt, da ihnen der Säuregrad zusagt. In reicheren, neutralen oder basischen Böden, wo das Bakterienleben überwiegt, wird der Stickstoff dagegen rasch nitrifiziert und kann von den Wurzeln ohne Hilfe des Pilzes aufgenommen werden. Hier bilden sich meist nur wenige und unvollkommen entwickelte Mycorrhizen.

Ist der Standort dem Pilz sehr günstig und dem Baum sehr ungünstig, so kann die mutualistische Symbiose, die den Regelfall bildet, nach MELIN auch in einseitigen Parasitismus unter Schädigung der Wurzel übergehen, und im entgegengesetzten Fall kann die Wurzel den Pilzangriff abschlagen. Manche triviale Bodenpilze wirken überhaupt nur nachteilig, indem sie durch endophytes Wachstum (Pseudomycorrhizen) die Wurzeln schließlich zum Absterben bringen. MELIN hat mehrere solcher Mycelien isoliert und untersucht.

So bilden die MELINSchen Arbeiten, die auf einem der schwierigsten Gebiete der Pflanzenphysiologie dem Experiment Eingang verschafften und damit seit Jahrzehnten offenstehende Fragen lösten oder der Lösung zugänglich machten, einen wichtigen physiologischen und ökologischen Fortschritt, der eine ganze Reihe älterer, auf wenig sicheren Grundlagen und Kombinationen beruhender Literatur überholt und entbehrlich macht.

E. MÜNCH, Tharandt.

Festschrift Carl Schröter, gewidmet von seinen Freunden, Schülern und Kollegen, redigiert von H. BROCKMANN-JEROSCH. Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes Rübel in Zürich, 3. Heft. Zürich: Kommissionsverlag von Rascher u. Co. 1925. VIII, 811 S., mit zahlreichen Tafeln und Textfig. 17 × 25 cm. Preis RM 24.—.

Bei Gelegenheit des siebenzigsten Geburtstages von CARL SCHRÖTER, dessen in dieser Zeitschrift bereits an anderer Stelle (vgl. 14, 109—110. 1926) gedacht wurde, ist dem Jubilar der vorliegende stattliche, ebenso inhaltsreiche wie schön ausgestattete Festband gewidmet worden, der, außer einer von RÜBEL verfaßten Biographie nebst chronologischem Verzeichnis der Publikationen SCHRÖTERS und der unter seiner Leitung entstandenen Dissertationen, 49 Arbeiten verschiedener Verfasser aus allen den Gebieten der Botanik enthält, die durch SCHRÖTERS eigene wissenschaftliche Tätigkeit befruchtet worden sind; außer seinen Schülern und anderen Schweizer Botanikern sind dabei auch Botaniker aus anderen Ländern in nicht geringer Zahl vertreten, ein besonders deutliches Zeichen für das hohe Maß von Achtung und Verehrung, dessen der Gefeierte sich in den Kreisen seiner gesamten Fachgenossen erfreut. Da es zu weit führen würde, die Titel aller dieser Arbeiten hier einzeln aufzuführen, so muß Ref. sich hier mit einer kurz gedrängten Inhaltsübersicht und einigen Hinweisen auf das eine oder andere, was ihm besonders bemerkenswert erscheint, begnügen; zu einem näheren Eingehen auf einige besonders wichtige Arbeiten hofft er auch noch im Rahmen seiner regelmäßigen pflanzengeographischen Sammelberichte Gelegenheit zu finden. An erster Stelle stehen, auch der Zahl (15) der Arbeiten nach, solche über alpine und arktische Flora und Vegetation, wobei nicht nur diejenige der Alpen selbst, sondern auch die anderer Hochgebirge Berücksichtigung findet, indem z. B. der Nordamerikaner HARSHBERGER einen Vergleich der Hochgebirgsregionen des östlichen Nordamerikas, Norwegens und der Schweiz anstellt, DU RIEZ die Höhengrenzen der hochalpinen Gefäßpflanzen des nördlichen Lapplandes behandelt und zwei Beiträge von SKOTTSBERG über die Juan Fernandez-Inseln und von STOMPS

über die alpinen Grasfluren auf Ceylon in die tropischen Gebirge führen. Ökologische Fragen behandeln u. a. die Arbeiten von RÜBEL über Alpenmatten-Überwinterungsstadien, von FLAHAULT über die Wirkung von Wind und Schnee auf die Vegetation und von DÜGGELI über die Bakterienflora alpiner Böden, während RIKLI die wechsellöbigen und verwinkelten Beziehungen zwischen der alpinen und arktischen Pflanzenwelt beleuchtet. Der zweite Teil des Bandes enthält Arbeiten über die außeralpine Vegetation verschiedener Gegenden; hier berichtet u. a. SALISBURY über den ökologischen Aufbau der Waldvegetation, während DIELS, anknüpfend an eine eingehende Aufnahme des Laubwaldes am Hangenstein bei Gießen, allgemeinere Fragen behandelt, welche den mesophilen Sommerwald Mitteleuropas betreffen; insbesondere weist er dabei auf die große Mannigfaltigkeit hin, welche in der Zusammensetzung der Bestände herrscht, und welche eine Unterscheidung von Arsoriationen mit eigener Individualität mindestens sehr erschwert, und ferner betont er sowohl in Ansehung seines speziellen Untersuchungsgebietes wie grundsätzlich den engen Zusammenhang zwischen Standort und Vegetation. Auch der Arbeit von PODPERA sei gedacht, der unter Zugrundelegung entwicklungsgeschichtlicher Richtlinien, die sich aus den Beziehungen zu den Elementen der tertiären Waldflora ergeben, eine Gliederung des europäischen Laubwaldes durchführt, bei welcher als Hauptgruppen Tertiärwälder mit Vorherrschaft des borealtertiären Elementes (entweder mit Erhaltung der einem warmen und feuchten Klima angepaßten Formen oder mit einer Veränderung in xeromorpher Richtung), Reliktwälder mit Herrschaft des arktotertiären und des stark reduzierten borealtertiären Elementes, die eurasiatische Taiga und Glazialwälder unterschieden werden. Die 4 Arbeiten des dritten Teiles enthalten Untersuchungen über das Phytoplankton, während der vierte Teil solchen aus der Phytopaläontologie und Florengeschichte gewidmet ist. Am fesselndsten ist hiervon wohl der Beitrag von TH. HERZOG, der die Moosflora Südbrasilens auf ihre florententwicklungsgeschichtlichen Beziehungen analysiert und hierbei besonders auf die enge Verknüpfung mit Afrika hinweist, die so weit geht, daß bei vielen Gattungen oder Artgruppen geradezu ein zusammenhängendes Areal von den tropischen Anden bis Madagaskar besteht, sowie auf das ebenfalls eine Parallele in den Verbreitungsverhältnissen der Blütenpflanzen findende Auftreten von Resten einer alten, südhemisphärischen oder austral-antarktischen Flora; ein Austausch von Sporenkeimen über den Ozean hinweg kommt, wie Verf. ausführt, nicht in Betracht, dagegen neigt Verf. der Ansicht zu, daß die bekannte WEGENERsche Kontinentalverschiebungshypothese vielleicht eine plausiblere Erklärung bietet als die Vorstellung von der ehemaligen Existenz ausgedehnter Landbrücken. Als bemerkenswert seien auch die Ergebnisse erwähnt, zu denen W. RYTZ bei einer Nachuntersuchung der fossilen Interglazialflora von Pianico-Sellere am Iseo-See gelangt ist, und die eine weitgehende Übereinstimmung mit der heutigen insubrischen und noch mehr mit der kolchischen Flora zeigen, welche wiederum entsprechende Schlüsse auf das interglaziale Klima zuläßt. In das Gebiet der Pflanzengeographie gehören endlich noch die Arbeiten, die unter der Überschrift „Soziologische Begriffe“ zu einem besonderen Abschnitt zusammengefaßt sind; daraus seien besonders diejenigen von CAJANDER und YAPP hervorgehoben, von denen ersterer die große pflanzengeographische Bedeutung des gegenseitigen Kampfes in der Pflanzenwelt beleuchtet, während letzterer in

seiner Analyse der gegenseitigen Beziehungen der in einer Pflanzengesellschaft vereinigten Pflanzen auf manche ökologisch bedeutungsvollen Momente hinweist, die bisher zum Teil nur wenig Beachtung gefunden haben; erwähnt sei hiervon nur die Unterscheidung des vom Verf. als „priority“ bezeichneten Verhältnisses vom eigentlichen Konkurrenzkampf, wobei das Wesen des ersteren darin besteht, daß der erste Organismus infolge seiner räumlichen Stellung seinen ganzen Bedarf an irgendeinem für das Leben notwendigen Faktor in beliebigem Maße zu decken vermag, bevor der andere überhaupt in den Genuß desselben tritt (z. B. Lichtgenuß der Bäume eines Waldes gegenüber der Bodenvegetation, wobei von einem Konkurrenzkampf nicht die Rede sein kann). Zwei weitere Abschnitte enthalten Arbeiten aus der Systematik und Genetik sowie aus der Physiologie und Anatomie, auf die indessen wegen ihres speziellen Charakters nicht näher eingegangen werden kann, und der Schlußabschnitt endlich solche aus der Anthro-Botanik. Hier sind es besonders THELLUNG und BROCKMANN-JEROSCH, welche Themen von allgemeinem Interesse behandeln. Der erstere erläutert zunächst gewisse allgemeine Kulturpflanzeigenschaften wie Einjährigkeit, Vergrößerung der Samen, Verlust der natürlichen Schutzmittel der Früchte und Samen, Verlust der natürlichen Ausbreitungs- und Verbreitungsvorrichtungen u. a. m., und zeigt weiter, daß die gleichen Eigenschaften auch bei Unkräutern vorkommen, wo von einer absichtlichen Züchtung nicht die Rede sein kann, so daß die Annahme, auch bei den Kulturpflanzen seien jene Eigenschaften vielfach bereits durch unbewußte Selektion beim Anbau durch primitive Völker gezüchtet worden, wesentlich gestützt erscheint. In der Arbeit von BROCKMANN-JEROSCH bildet die Betrachtung des primitiven, auf der Sammlerstufe befindlichen Menschen und sein Verhalten gegenüber den Pflanzen den Ausgangspunkt, wobei insbesondere auf die Sammelpflanzen in den Alpen Bezug genommen wird; weiter wird dann gezeigt, daß die Kulturpflanzen aus Sammelpflanzen hervorgehen, und dabei besonders auch der große Unterschied des Wertes der mehrjährigen und der einjährigen Kulturpflanzen, welche letztere in Europa ihren Weg von Osten nach Westen genommen haben, betont. W. WANGERIN, Danzig-Langfuhr. HERZOG, TH., *Geographie der Moose*. Jena: Gustav Fischer 1926. XI, 439 S., 151 Abbildungen im Text und 8 Lichtdrucktafeln. Preis geh. RM 27.—, geb. RM 29.—.

Die Wissenschaft von der Verteilung der Pflanzen auf der Erdoberfläche war lange Zeit auf die höher organisierten Gewächse beschränkt, und erst im Jahre 1910 erschien die „Geographie der Farne“ von H. CHRIST. Vollends hinsichtlich der Moose glaubte man wegen der Kleinheit und der großen Anzahl ihrer Sporen eine mehr disjunkte und regellosere Verbreitung annehmen zu sollen. Immerhin lag ein in sehr zahlreichen Veröffentlichungen zerstreutes bryofloristisches Material aus einer großen Anzahl enger umschriebener floristischer Gebiete vor, das der kritischen Verarbeitung unter weiteren Gesichtspunkten harrete. Zuerst gelang es K. MÜLLER, in seiner Arbeit „Zur geographischen Verbreitung der europäischen Lebermoose und ihre Verwertbarkeit für die allgemeine Pflanzengeographie“ fast alle jene Gesetzmäßigkeiten aufzustellen, die sich bei einem Überblick über das ganze Reich der Bryophyten aufdrängen.

Dieser Überblick liegt nunmehr vor. Er umfaßt die geographische Verbreitung der Laub- und Lebermoose aller Weltteile. In sehr zweckentsprechender Weise beginnt das Werk mit einem ausführlichen all-

gemeinen Teil über die morphologischen, anatomischen, ökologischen und sonstigen biologischen Grundlagen, deren Verständnis für die nun folgende Geographie der Moose von Wichtigkeit ist. Diese Geographie selbst wird in zwei selbständigen Abteilungen gegeben. In der ersten folgen die Moosfamilien in systematischer Reihenfolge, und bei jeder Gruppe wird die geographische Verteilung ihrer Glieder, oft bis zu den Arten herab, behandelt. In der zweiten Abteilung (der umfangreichsten des Werkes) bilden die Florengebiete der Erde den systematischen Rahmen, den der Verf. nun mit den sie charakterisierenden Moosfamilien, Gattungen und Arten ausfüllt. Hier werden oft Zusammenstellungen von Familien oder von Arten gegeben, wie sie von Werken dieser Gattung untrennbar sind, die aber die fließende, klare und lebendige Darstellung des Verf.s in keiner Weise beeinträchtigen. Diese Lebendigkeit der Darstellung ist auf zwei wesentliche Umstände zurückzuführen. Auf die vollkommene Beherrschung eines ungeheuren Stoffes — das Literaturverzeichnis zählt 633 Nummern auf — und auf die ausgedehnten, der Floristik und Systematik der Moose gewidmeten Weltreisen des Verfassers.

Der allgemeine Teil wird durch zahlreiche Abbildungen morphologischer, anatomischer und biologischer Natur unterstützt. Im speziellen Teile überwiegen charakteristische Habitusbilder, teils vom Verf., teils von der 80jähr. Witwe des bekannten Bryologen ADALBERT GEHEEB gezeichnet, dessen Andenken das Buch gewidmet ist. Wer die Schwierigkeiten kennt, die gerade die Moose der charakteristischen Erfassung ihres Trachtbildes entgegensetzen, der wird diese Abbildungen zu schätzen wissen.

Das in jeder Hinsicht gut ausgestattete Werk ist in seiner Art eine völlige Neuheit und darum eine um so wertvollere Bereicherung der pflanzengeographischen und der bryologischen Literatur. L. LOESKE, Berlin.

GAUMANN, ERNST, **Vergleichende Morphologie der Pilze**. Jena: Gustav Fischer 1926. X, 625 S. und 398 Textfiguren. 17 x 25 cm. Preis geh. RM 28.—, geb. RM 30.—.

Obwohl das System der Pilze sich seit längerer Zeit in großen Zügen gleichgeblieben ist, so haben die Fortschritte der cytologischen Untersuchungsmethoden doch manches zu seiner Aufhellung und Festigung beigetragen. Der Verf., ein bekannter schweizerischer Botaniker, hatte sich die Aufgabe gestellt, in Form einer vergleichenden Morphologie das System der Pilze auf Grund neuester Forschungen und Auffassungen darzustellen. Die Kenntnis eines guten Lehrbuches (STRASBURGER) wird vorausgesetzt, und der erste, einleitende Teil des Werkes beschränkt sich daher auf eine gedrängte Zusammenfassung der zum Verständnis des Pilzsystems notwendigen allgemeinen Gesichtspunkte, die vornehmlich die Morphologie und die Sexualverhältnisse betreffen. Den Hauptteil nimmt die Morphologie der einzelnen Gruppen ein. Er beginnt mit den Archimycetes (bisher Myxochytriales genannt). Ob-

wohl diese Pilze sich von den Myxomyceten nicht grundsätzlich trennen lassen, hat der Verf. die zuletzt genannte Gruppe aus Zweckmäßigkeitsgründen nicht behandelt und er hat auch die Bakterien fortgelassen.

Bei den höheren systematischen Einheiten wird das den untergeordneten Gruppen Gemeinsame aufgeführt. Die ausführlichste Behandlung erfahren in der Regel die Familien. Dabei geht Verf. auf die morphologisch wichtigen Gattungen und Arten ein. Vegetationskörper, Fruchtkörper, Sexualorgane und deren Tätigkeit und Ergebnisse werden bei allen Gruppen dargestellt — eine Aufgabe, die bei dem enormen Umfang und der erstaunlichen Formenfülle des Pilzreiches ohne die Erläuterungen durch das reiche Material von Abbildungen nicht zu lösen gewesen wäre. Verf. hat sich dabei so wenig an eine zu enge Begrenzung seines Stoffes gehalten, daß er nicht nur ausgiebig auch das Biologische bei vielen Pilzen berücksichtigt, sondern gelegentlich selbst, z. B. bei den Polyporeen, eßbare Arten aufzählt. Die Abbildungen sind zum größten Teil den Werken anerkannter Autoren entnommen; jedoch fehlt es nicht an Originalen.

Da das Werk über dem System der Pilze aufgebaut ist, so war die Beigabe phylogenetischer Schemata berechtigt. Verf. sucht die Verwandtschaften unter den Gruppen sachlich zu begründen und gibt gelegentlich zu, daß sie, bei gewissen Gruppen, noch völlig ungeklärt sind. Am Schlusse jeder Gruppe wird ein ausführliches Literaturverzeichnis gegeben.

Alles in allem: ein dem Fachmann unentbehrliches Handbuch! L. LOESKE, Berlin.

HEGI, GUST., **Illustrierte Flora von Mitteleuropa, mit besonderer Berücksichtigung von Deutschland, Österreich und der Schweiz**. 70. bis 76. Lieferung (7. bis 13. Lfg., Schluß von Bd. V, 1. Teil). München: J. F. Lehmanns Verlag. Preis: Lfg. 70/72 RM 7.50; 73/76 RM 10.—, Einbanddecke RM 1.50.

Die Lieferungen bringen den Schluß der *Balsaminaceae*, die *Rhamnaceae* (bearbeitet von E. FURRER und H. BEGER), *Vitaceae*, *Tiliaceae*, *Malvaceae*, *Hypericaceae*, *Elatinaceae*, *Tamaricaceae*, *Cistaceae*, *Violaceae* und zahlreiche im Gebiete nur kultiviert vorkommende Familien, sowie ein Register zu Bd. V, 1. Aus dem reichen Inhalte der Lieferungen sei hier nur die eingehende Darstellung des Weinstockes, der Geschichte und Verbreitung des Weinbaues hervorgehoben, die in übersichtlicher Weise, erläutert durch gute Abbildungen, alles Wissenswerte zusammenfaßt und jedem willkommen sein wird, der hierüber sich Rat erholen will. Auch sonst ist der Darstellung der allgemein wichtigen Kultur- und Nutzpflanzen ein breiter Raum gewährt. Die Ausstattung der Lieferungen mit Textabbildungen, Karten und Tafeln ist die gleiche, reiche und vorzügliche wie bisher. Die schwierigen, aber für das Verständnis des Vorkommens der Arten wichtigen Aufnahmen der Pflanzen am natürlichen Standorte sind besser gelungen als in manchen vorangegangenen Lieferungen. E. ULBRICH, Berlin-Dahlem.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Der Herausgeber hält sich für die Zuschriften und vorläufigen Mitteilungen nicht für verantwortlich.

Bemerkung zu dem Aufsatz von A. Einstein: Die Ursache der Mäanderbildung und das sogenannte Baersche Gesetz.

Die Grundgedanken der Überlegungen, die Herr EINSTEIN in dem Warburgheft der „Naturwissenschaften“¹⁾

¹⁾ Naturwissenschaften 1926, S. 223.

über das im Titel genannte Thema anstellt, sind den Fachleuten nicht unbekannt. Soviel ich sehe, gebührt die Priorität einem Aufsatz von Prof. JAMES THOMSON in Glasgow, der in den Proc. of the roy. soc. of London, Ser. B. vom 4. Mai 1876 (25, 5 u. f. 1877), enthalten ist. Dort ist die Strömung in einer gekrümmten Flußstrecke bereits sehr eingehend und in den Einzelheiten sehr

ähnlich wie bei EINSTEIN diskutiert. In Deutschland ist diese Arbeit allerdings anscheinend nur wenig beachtet worden. Ich selbst verdanke den Hinweis auf sie einer von Herrn Geheimrat DE THIERRY, Berlin, übermittelten Notiz von Herrn JOHN R. FREEMAN, Providence, U.S.A. Die erste deutsche Veröffentlichung, in der ähnliche Gedanken klar ausgesprochen sind, ist, soviel mir bekannt, ein Aufsatz von J. ISAACHSEN im *Civilingenieur* 1896, S. 351 („Über einige Wirkungen von Zentrifugalkräften in Flüssigkeiten und Gasen“). Die Zirkulationsströmungen, die EINSTEIN beschreibt, sind dort als „Sekundärströmungen“ bezeichnet und ausführlich diskutiert. Die Mäanderbewegung der Flüsse ist dabei allerdings nicht erwähnt, da sich ISAACHSEN mehr mit den maschinentechnischen Anwendungen der Sache befaßt. ISAACHSEN hat später seine Anschauungen noch an einer besser zugänglichen Stelle veröffentlicht, nämlich in der *Zeitschr. d. Ver. dtsh. Ing.* 1911, S. 215 u. f., vgl. besonders S. 216 und 263.

Experimentelles Material zu der Frage der Mäanderbildung ist seit langem in ausgedehntem Maße vorhanden, vgl. etwa „Die Wasserbaulaboratorien Europas, VDI-Verlag 1926, S. 65–75 (Bericht von M. MÖLLER, Braunschweig), und K. LÜDERS, *Zur Geschiebebewegung in S-förmigen Flußläufen*, in „Die Bautechnik“ 3, 735. 1925. Auch die Versuche von REHBOCK, Karlsruhe, über die Geschiebebewegungen in Flußgabelungen, Wasserbaulaboratorien S. 164–165, sind als bemerkenswert in diesem Zusammenhange hervorzuheben.

Im Zusammenhang mit den Beobachtungen mag noch eine von EINSTEIN nicht erwähnte Einzelheit der Mäanderbildung nachgetragen werden. Die Flußbette verändern sich hauptsächlich bei Hochwasser. Erfahrungsgemäß ist aber das Geschiebe, das den Boden des Flußbettes bildet, bei Hochwasser in voller Bewegung. Zum Teil wird es von den Wirbeln mit hochgerissen, die Hauptmenge befindet sich aber immer ziemlich dicht über dem Boden und wird daher mit den Bodenströmungen fortgeführt. In der Flußkrümmung geht die Bodenströmung nach innen, das Geschiebe wird also dorthin verschleppt und wegen der geringeren Geschwindigkeit weiter innen abgelagert, während gleichzeitig die Außenseite der Krümmung angenagt wird. Dieser Vorgang, durch den das Flußbett auf der Innenseite verflacht wird, begünstigt die Wasserzusammendrängung auf der Außenseite und die Erosion an dieser Seite.

Göttingen, den 17. März 1926. L. PRANDTL.
Ergänzt am 20. Mai 1926.

Atomzertrümmerung mit Polonium als Strahlungsquelle.

Im Verlaufe einer quantitativen Untersuchung, die ich im vorigen Jahre an den H-Strahlen (Atomtrümmer) aus Aluminium ausgeführt habe¹⁾, gelang mir bei Benützung der retrograden Untersuchungsmethode²⁾ der Nachweis, daß noch α -Teilchen von Radium C, die bis auf eine Restreichweite von 1 cm in Luft abgebremst sind, die Fähigkeit haben, H-Teilchen aus Aluminium in relativ großer Zahl auszulösen. Dieses

Resultat widerspricht dem von RUTHERFORD und CHADWICK nach der direkten Methode gefundenen Ergebnis¹⁾, wonach der Zertrümmerungsfähigkeit der α -Strahlen bei einer Restreichweite von 4,9 cm eine untere Grenze gesetzt ist. Diese Messungen beziehen sich allerdings nur auf H-Strahlen aus Aluminium, deren Reichweite 29 cm (maximale Reichweite der „natürlichen“ H-Teilchen aus Wasserstoff bei RaC) übersteigt.

Eine der Hauptschwierigkeiten, die sich der Beobachtung von H-Strahlen entgegenstellen, vor allem wenn diese in besonders geringer Menge relativ zur Zahl der erzeugenden α -Teilchen auftreten, beruht auf der durch die durchdringende Strahlung der Primärstrahlenquelle hervorgerufenen diffusen Erhellung des Szintillationsschirmes. Diese setzt der Vergrößerung der Präparatstärke zum Zwecke der Erhöhung der Ausbeute rasch eine Grenze.

Das eingangs erwähnte Untersuchungsergebnis hat es nun möglich gemacht, auch Polonium als Strahlungsquelle bei Zertrümmerungsversuchen zu benützen. Dieses besitzt bekanntlich α -Strahlen von ca. 4 cm Reichweite in Luft, ist aber praktisch frei von β - und γ -Strahlung, womit die aus diesen resultierenden Übelstände wegfallen. Ein zweiter Vorteil des Poloniums liegt darin, daß die Präparatstärke während der Dauer eines Versuches konstant bleibt.

Versuche mit Polonium als Strahlungsquelle gaben nach der retrograden Methode, wie wegen der besseren Sichtbarkeitsverhältnisse zu erwarten war, noch größere Ausbeuten an H-Strahlen, als die nach derselben Methode ausgeführten Messungen mit α -Strahlen aus Radium C. Diese Messungen erstreckten sich indes nur auf die ersten 8–10 cm der H-Strahlenreichweite. Im Hinblick auf die Wichtigkeit der Feststellung war es erwünscht, nach derselben Methode und im gleichen Reichweitebereiche, auf den sich die Cambridger Messungen beziehen, aber mit Polonium als Strahlungsquelle, welches sich als das dem Radium C bedeutend überlegene Hilfsmittel erwiesen hatte, den besagten Widerspruch zu lösen und zu prüfen, ob die mit langsamen α -Strahlen von mir beobachteten H-Teilchen aus Aluminium nicht nur nach rückwärts auftreten.

Die Untersuchung der nach vorwärts ausgesandten H-Strahlen unter 16 cm (der Reichweite der „natürlichen“ H-Strahlen mit Polonium als Erreger) scheitert an der Schwierigkeit, wasserstoffhaltige Verunreinigungen vollständig auszuschließen. Die Zahl der über 16 cm reichenden H-Strahlen ist sehr klein, so daß mit den seinerzeit vorhandenen Poloniumpräparaten die Messungen nicht weiter ausgedehnt werden konnten. Dank der freundlichen Überlassung eines äußerst konzentrierten Poloniumpräparates (ca. 9000 statische Einheiten auf 12 qmm Silber) für die Wiener Untersuchungen durch Frau M. CURIE, hergestellt von Fräulein IRÈNE CURIE, bin ich nun in die Lage versetzt worden, die Messungen nach der vorwärtigen Methode auch auf diese Reichweiten auszudehnen. Bei einem Abstände vom Präparat zum Szintillationsschirm von 5 mm entsprechen einer Ausbeute von einem H-Teilchen für eine Million auftreffender α -Teilchen noch ca. 200 Szintillationen auf dem Schirm in der Minute. Ich fand so, daß die allerdurchdringendsten H-Strahlen noch bis über 50 cm reichen. Die Zahl bei 18 cm Reichweite aus

¹⁾ E. A. W. SCHMIDT, *Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss., Wien. Mathem.-naturw. Kl. IIa*, 134; *Mitt. Ra-Inst.* 1925, Nr. 178.

²⁾ H. PETERSSON, *Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss., Wien. Mathem.-naturw. Kl. IIa*, 133; *Mitt. Ra-Inst.* 1924, Nr. 173.

¹⁾ E. RUTHERFORD und I. CHADWICK, *Philosoph. mag.* 42, 809. 1921; *Proc. of the phys. soc. of London* 36, 417. 1924; vgl. auch *Philosoph. mag.* 50, 889. 1925.

Aluminium mit 4 cm L. Ä. entspricht etwa 1 pro Million, bei 50 cm 3 pro hundert Millionen α -Teilchen¹⁾.

Messungen mit demselben Präparate nach der retrograden Methode sind in Vorbereitung. Die gefundenen Werte schließen sich aber unter Voraussetzung annähernd gleicher Verhältnisse in den verschiedenen Emissionsrichtungen den nach dieser Methode früher gefundenen Absorptionskurven für die ersten 8–10 cm als flacher Abfall gut an.

Das von mir gefundene Resultat hat auch nach anderen Methoden²⁾ in diesen Instituten volle Bestätigung gefunden.

Wien, Institut für Radiumforschung und II. Physikalischen Institut der Universität, 19. Mai 1926.

E. A. W. SCHMIDT.

Die Sichtbarmachung der Atomtrümmer.

Im Anschluß an die im Wiener Institut für Radiumforschung sowie in diesem Institut im Gange befindlichen Untersuchungen über Atomzertrümmerung von G. KIRSCH, H. PETERSSON und Mitarbeitern³⁾ habe ich Versuche unternommen, um nach der WILSON-methode die Bahnsuren der Atomtrümmer sichtbar zu machen. Der erste sichere Nachweis von Atomtrümmern nach dieser Methode gelang P. M. S. BLACKETT⁴⁾, der in einer Wilsonkammer eigener Konstruktion etwa 400 000 Bahnsuren von α -Teilchen aus Thorium C in Stickstoff photographierte und dabei 8 schwache, aber deutliche Bahnsuren von Protonen, losgerissen aus N-Kernen, feststellen konnte. Um eine ähnliche, sehr zeitraubende, Massenaufnahme von Bahnsuren der zur Zertrümmerung dienenden α -Teilchen zu vermeiden, ist bei der von mir benutzten, von H. PETERSSON vorgeschlagenen, Anordnung die sehr intensive α -Strahlung vollkommen außerhalb der Wilsonkammer verlegt und nur die von ihr erregten Protonen großer Reichweite können in dieselbe eintreten und erzeugen als Nebelstreifen deutlich erkennbare Bahnsuren.

Seitdem E. A. W. SCHMIDT⁵⁾ nach der Szintillationsmethode feststellte, daß auch die α -Teilchen aus Polonium eine Zertrümmerung von Aluminium unter Emission von beobachtbaren H-Teilchen erregen können, ist diese Substanz die gegebene Strahlungsquelle bei Zertrümmerungsversuchen, welche durch eine durchdringende Strahlung (β oder γ) gestört werden könnten. Durch das Deckglas einer repetierenden Wilsonkammer kleinerer Dimensionen (von T. SHIMIZU angegebener Typus, mit 57 mm Kammerdurchmesser) ist ein zentrales Loch von 4 mm lichter Weite gebohrt, auf der Innenseite mit einem Glimmerblatt von 6,9 cm Luftäquivalent verschlossen. Auf dem Glimmer liegt die zu bestrahlende Aluminiumfolie von 2,4 cm L. Ä. In unmittelbarer Nähe der Aluminiumfolie ist das in der vorangehenden Notiz erwähnte, von Frau M. CURIE freundlichst zur Verfügung gestellte, starke Poloniumpräparat von etwa 9000 statischen Einheiten angebracht, so daß pro Sekunde rund 60 000 000 α -Teilchen von der Reichweite 3,9 cm in die Aluminiumfolie eindringen. Von den nach allen Seiten ausgeschleuder-

ten, zertrümmernden Kerntreffern entstammenden, H-Teilchen treten die von größerer Reichweite durch die Glimmerabsorption in die Wilsonkammer ein, aber nur die beinahe radial gerichteten, welche wegen ihrer schiefen Durchsetzung des Glimmers eine Gesamtabsorption von wenigstens 18 cm L. Ä. zurückgelegt haben, gelangen in dem peripheren Teil der Kammer zur Beobachtung. Da die Reichweite der sog. „natürlichen“, durch reine Stoßwirkung von Po- α -Teilchen aus wasserstoffhaltigen Verunreinigungen in Bewegung gesetzten H-Teilchen höchstens 16 cm beträgt, werden somit alle H-Teilchen solcher Herkunft durch die Versuchsanordnung ausgeschlossen, was übrigens durch besondere Kontrollversuche mit einem Paraffindünnschnitt statt der Aluminiumfolie nachgeprüft wurde.

Bei geeigneter seitlicher Beleuchtung sieht man, während die Wilsonkammer mittelst eines Elektromotors ungefähr einmal pro Sekunde expandiert wird, eine bis drei oder vier radial verlaufende Bahnsuren pro Expansion, welche den Spuren von α -Teilchen ähnlich sind, sich aber durch ihre viel kleinere Breite von diesen deutlich unterscheiden. Sich über längere Zeiten erstreckende Zählungen dieser Bahnsuren bei verschieden großer Ablenkung des zentralen Teiles der Kammer ergaben gut übereinstimmende Mittelwerte, woraus sich die Ausbeute an solchen H-Teilchen aus Aluminium mit einer 18 cm Luft übersteigenden Reichweite zu etwa einem pro Million zertrümmernder α -Teilchen ergab. Das Resultat bietet also nicht nur eine qualitative Bestätigung der Versuchsergebnisse von E. A. W. SCHMIDT, daß α -Teilchen von wesentlich kleinerer Reichweite als 4,9 cm noch zertrümmernd wirken, sondern schließt sich auch in quantitativer Hinsicht gut an die in der vorangehenden Notiz von demselben Verfasser angegebenen Ausbeutezahlen an.

Versuche, die Bahnsuren der Atomtrümmer photographisch aufzunehmen, sind im Gang. Ebenso werden Versuche vorbereitet, Teilchen, die unter mehr als 90° gegen die Primärstrahlung austreten, zu beobachten.

Wien, II. Physikalischen Institut der Universität, 19. Mai 1926.

RUDOLF HOLOUBEK.

Über die Intensitäten in den Röntgenspektren.

SCHRÖDINGER¹⁾ hat kürzlich gezeigt, daß man die Matrizen der HEISENBERGSchen Quantenmechanik aus den Eigenfunktionen seiner mechanischen Wellengleichung durch einfache Quadraturen konstruieren kann. Man hat also hier zum ersten Male ein allgemein anwendbares Verfahren, um die Intensitäten von Spektrallinien nach den Vorschriften der Quantenmechanik zu berechnen. SCHRÖDINGER²⁾ hat selbst diese Rechnung beim Problem des Starkeffektes ausgeführt und befriedigende Übereinstimmung mit der Erfahrung erhalten. Statt wie SCHRÖDINGER ein homogenes äußeres Feld, habe ich ein inneres Zentralfeld als Störung gewählt und die analoge Rechnung ausgeführt. Im Falle des ungestörten H-Atoms stimmen die auf beiden Wegen erhaltenen Grenzwerte der Intensitäten überein, z. B. ergibt sich für das Intensitätsverhältnis der Balmerlinien H_α und H_β der Wert

$$\frac{2^4 \cdot 3^{10} \cdot 23 \cdot 41}{5^9 \cdot 11 \cdot 19} = 2,18.$$

Bei Hinzufügung der zentralen Störung aber ergibt sich eine andere Aufspaltung der Linien als bei SCHRÖDINGER, nämlich diejenige, welche der Serienstruktur

¹⁾ E. SCHRÖDINGER, Ann. d. Phys. 79, 734. 1926.

²⁾ E. SCHRÖDINGER, Ann. d. Phys. 80. 1926.

¹⁾ Durch Kontrollversuche mit Paraffin an Stelle des Aluminiums habe ich mich davon überzeugt, daß es sich bei den über 18 cm reichenden Teilchen tatsächlich nur um solche aus Aluminium handeln kann.

²⁾ Siehe nachfolgende Notiz.

³⁾ H. PETERSSON und G. KIRSCH, Atomzertrümmerung. Leipzig: Akad. Verlagsges. 1926.

⁴⁾ P. M. S. BLACKETT, Proc. of the roy. soc. A. 107, 349. 1925.

⁵⁾ Vgl. vorangehende Notiz.

der Alkalispektren, sowie der Röntgenspektren entspricht. Soweit diese Spektren wasserstoffähnlich sind (das ist am ehesten bei Lithium und bei den Serien K und L der Röntgenspektren der Fall), darf man also hoffen, ihre Intensitäten aus unseren Rechnungen voraussagen zu können.

Bei Lithium, dessen Terme p , d , f am meisten wasserstoffähnlich sind, gibt es leider noch keine quantitativen Intensitätsmessungen. Viel weniger wasserstoffähnlich sind schon die Röntgenspektren. Auch tritt hier eine weitere Komplikation hinzu, die heute noch nicht in Rechnung gezogen werden kann. Es liegt nämlich ein wesentlicher Unterschied zwischen sichtbaren und Röntgenspektren darin, daß im Atominneren nicht notwendig auf jeden Anregungsprozeß ein Emissionsprozeß folgt, da auch strahlungslose Sprünge (KLEIN-ROSSELAND) vorkommen können, und zwar für verschiedene Terme verschieden häufig¹⁾. Trotzdem dürfte unsere Rechnung eine bessere Abschätzung der Intensitäten der Röntgenlinien gestatten, als früher nach dem Korrespondenzprinzip möglich war.

Da hier die Relativität und das magnetische Moment des Elektrons nicht in Rechnung gezogen sind, müssen bei dem Vergleich mit der Erfahrung jeweils zwei oder drei Linien zusammengefaßt werden, die nach SOMMERFELD Dubletts oder „zusammengesetzte Dubletts“ bilden und deren Intensitätsverhältnisse unter

Intensitäten noch ein zweites Mal unterteilt, entsprechend den Übergängen einer dritten „Quantenzahl“, welche der „äquatorialen“ oder Orientierungsquantenzahl der früheren Quantentheorie analog ist; und zwar erfolgt diese Unterteilung genau nach den HÖNLSchen Formeln für die Intensitäten der ZEEMAN-Komponenten¹⁾. Diese Aufspaltung ist natürlich in den Röntgenspektren nicht realisierbar, wohl aber in den sichtbaren Spektren, nämlich durch ein äußeres Magnetfeld, wobei das magnetische Moment des Elektrons wesentlich beteiligt ist (Theorie des anomalen ZEEMAN-Effektes nach GOUDSMIT und UHLENBECK). Die für diesen Fall von HÖNL halbempirisch aufgestellten Intensitätsformeln, sowie die für die Übergänge der azimutalen und der magnetischen Quantenzahl geltenden Auswahlregeln ergeben sich in einfachster Weise aus den Integralbeziehungen für die Kugelflächenfunktionen, welche als Faktoren in den Eigenfunktionen der SCHRÖDINGERSchen Wellengleichung auftreten. Die gleichen Formeln spielen auch beim einfachen Rotator mit freier Achse eine Rolle; hier ergeben sie die Intensitäten für die Rotationschwingungsbanden, wie sie bereits R. H. FOWLER²⁾ aus den Summenregeln abgeleitet hat.

München, den 20. Mai 1926.

G. WENTZEL.

Bestätigung der Höhenstrahlung auch durch Messungen in Blei.

Durch Beobachtung in Wasser und Eis ist die Existenz einer durchdringenden Strahlung abnormer Härte in zahlreichen Arbeiten erwiesen worden. KOLHÖRSTER hat hierüber in dieser Zeitschrift (14, 290) kürzlich ein ausführliches Referat gegeben. Im vergangenen Sommer wurde auch MILLIKAN durch Messungen in hoch gelegenen Bergseen dazu geführt, die Existenz der HESSschen Strahlung als bestätigt anzusehen³⁾, während ihn früher Absorptionsmessungen mit stärkeren Bleipanzern im Hochgebirge zu der Auffassung geführt hatten, daß die gesamte Ionisation durch Strahlung von der Härte der γ -Strahlen bekannter radioaktiver Elemente bedingt sei. Eigene Messungen mit einer besonderen Apparatur unter Anwendung sehr dicker Bleipanzern — bis zu 32 cm Blei — führten mich zunächst auch zu dem gleichen Resultat wie MILLIKAN, daß innerhalb der Beobachtungsfehler keine Ultra- γ Strahlung zu konstatieren sei. Erst im vergangenen Monat brachten weitere Apparaturverbesserungen den einwandfreien Nachweis, daß doch ein kleiner, aber deutlicher Strahlungsrest extremer Härte auch bei Bleimessungen übrig bleibt. Damit ist auch durch Bleimessungen die HESSsche Strahlung in einem geschlossenen Gebäude im Meeresniveau nachgewiesen.

Das verschiedene Verhalten von Wasser und Blei in bezug auf die Intensität ist vielleicht darauf zurückzuführen, daß die Ultra- γ -Strahlung sich in Wasser in Streustrahlung vom Typ normaler γ -Strahlung umsetzt, während in Blei im wesentlichen wahre Absorption stattfindet.

Der ausführliche Bericht über meine Arbeit erscheint in den Ann. d. Physik.

Königsberg, I. Physikalisches Institut, den 20. Mai 1926.

G. HOFFMANN.

¹⁾ H. HÖNL, Zeitschr. f. Phys. 31, 340. 1925; Ann. d. Phys. 79, 273. 1926.

²⁾ R. H. FOWLER, Phil. Mag. 49, 1272. 1925.

³⁾ Vgl. High Frequency Rays of Cosmic Origin Naturwissenschaften 14, 371. 1926.

Linien	Übergang	Relative Intensität	exper.
$\alpha' + \alpha + \beta$	$\alpha_2 + \alpha_1 + \beta_1$	$3_2 \rightarrow 2_2$	1
$\epsilon + \eta$	$l + \eta$	$3_1 \rightarrow 2_2$	$2^{-8} \cdot 5$
$\varphi' + \varphi$	$\beta_4 + \beta_3$	$3_2 \rightarrow 2_1$	$2^{-3} \cdot 3^{-1} \cdot 5$
$\gamma' + \gamma + \delta$	$\beta_2 + \gamma_1$	$4_2 \rightarrow 2_2$	$2^{-7} \cdot 3^{-11} \cdot 5^{10}$
$\epsilon + \kappa$	$\beta_4 + \gamma_1$	$4_1 \rightarrow 2_2$	$2^{-10} \cdot 3^{-11} \cdot 5^8$
$\chi' + \chi$	$\gamma_2 + \gamma_3$	$4_2 \rightarrow 2_1$	$2^{-12} \cdot 3^{-9} \cdot 5^{10}$

sich durch die BURGER-DORGELOSchen Summenregeln bestimmt sind²⁾. In der vorstehenden Tabelle sind in der Rubrik „exper.“ die Intensitäten der L-Serie von Wolfram eingetragen, die A. JÖNSSON³⁾ nach seinen Messungen mit dem GEIGERSchen Spitzenzähler angibt. JÖNSSON korrigiert die Intensitäten nach einer empirischen Formel auf unendlich hohe Anregungsspannung; doch scheinen dabei die Linien $\varphi'\varphi$, $\chi'\chi$, welche die höchste Anregungsspannung haben, immer noch benachteiligt zu sein. Die von Sprüngen aus der O-Schale herrührenden Linien sind in der Tabelle weggelassen, da diese Schale bei Wolfram noch nicht voll ausgebaut ist und daher die wirklichen Intensitäten naturgemäß weit unter den berechneten bleiben. Im übrigen gibt unsere Rechnung die allgemeine Abstufung der Intensitäten befriedigend wieder.

Übrigens erhält man die in der Tabelle angegebenen

¹⁾ Dies ist vielleicht auch der Grund dafür, daß manche Röntgendubletts (wie $L\varphi'\varphi$, $\chi'\chi$) nicht das Intensitätsverhältnis 2 : 1 haben, wie nach den BURGER-DORGELOSchen Summenregeln zu erwarten wäre. Vgl. A. SOMMERFELD, Ann. d. Phys. 76, 284. 1925.

²⁾ Ebenso wie es bei SOMMERFELD und UNSÖLD (Zeitschr. f. Phys. 36, 259. 1926) für die Balmerreihe ausgeführt wird. Dagegen sind die dort (im Anschluß an HEITLER, Zeitschr. f. Phys. 36, 101. 1926) angenommenen Intensitätsverhältnisse der Gruppen $\alpha' + \alpha + \beta$: $\epsilon + \eta$: $\varphi' + \varphi$ = 5 : 1 : 1 nach obiger Tabelle zu berichtigen, wie ich im Einverständnis mit den Herren SOMMERFELD und UNSÖLD feststellen möchte.

³⁾ A. JÖNSSON, Zeitschr. f. Phys. 36, 426. 1926; Tab. 7, S. 448.

Mitteilungen aus der Meteorologie und Klimatologie.

Neuere Untersuchungen zur akustischen Meteorologie. Die seit 1922 in Holland, Deutschland und Frankreich vorgenommenen Sprengungen haben die Möglichkeit geboten, mit besonders gebauten Apparaten exakte Messungen der Schallstrahlaufzeiten vorzunehmen und die Hörbarkeitszonen in einem vorher benachrichtigten Beobachtungsnetze sicher abzugrenzen. Es ist verständlich, daß das auf diese Weise gewonnene Beobachtungsmaterial zu manchen neuen Beiträgen zur Frage der akustischen Meteorologie Veranlassung gegeben hat.

Alte und neue Beobachtungsergebnisse, die sich auf die sogenannte „äußere Hörbarkeitszone“ beziehen, hat A. WEGENER in übersichtlicher Form zusammengestellt (Zeitschr. f. Geophysik I, 297—314. 1924/25). Das Material ist geordnet nach Kanonendonner, Explosionskatastrophen, vulkanischen Detonationen, Meteorikallen und Sprengungen. Als Gesetzmäßigkeiten der äußeren Zone werden dabei herausgeschält: das jedesmalige Auftreten bei genügender Intensität, die Veränderung des Zentralabstandes des Innenrandes mit der Jahreszeit, einen zwischen 90° und 360° schwankenden Zentriwinkel, die im Winter vorzugsweise östliche, im Sommer dagegen westliche Lage von der Schallquelle, die bedeutenden Höhen der Scheitelpunkte der Schallstrahlen (mindestens 50 km), die Möglichkeit einer zweiten äußeren Hörbarkeitszone.

Daß die Erklärung der äußeren Zone noch zu den ungelösten Problemen gehört, beweist die kritische Betrachtung der verschiedenen Erklärungsversuche. WEGENER sieht sie alle in der vorliegenden Form als ungenügend an und weist auf die Möglichkeit hin, die Zone als Ausfluß des Vorhandenseins von RIEMANNschen „Stoßwellen“ aufzufassen, in die sich die Schallwellen umwandeln sollen.

Auch J. KÖLZER (Meteorologische Zeitschr. 1925, S. 457—463, u. 1926, S. 21—24) hat sich mit den Schwierigkeiten beschäftigt, die die Erklärung der äußeren Hörbarkeitszone noch bietet. Seine Ausführungen bringen eine Gegenüberstellung der Punkte, über die augenblicklich Übereinstimmung herrscht, mit jenen, die noch als Problem aufzufassen sind. KÖLZER neigt selbst entschieden der Ansicht zu, daß entsprechend den früher von EMDEN, MORF u. a. vertretenen Anschauungen, Windschichtungen in Verbindung mit der Temperaturschichtung bis zu etwa 35 km Höhe für die Ausbildung der äußeren Hörbarkeitszone maßgebend sind. Die von v. DEM BORNE begründete Theorie der Zunahme der Schallgeschwindigkeit infolge der Abnahme des Molekulargewichts der Luft durch eine Beimischung von Wasserstoff und Helium mit der Höhe, wird dagegen als nicht zwingend angesehen.

Über die Laufzeiten des Schalls bei großen Entfernungen unterrichtet eine Untersuchung von G. ANGENHEISTER (Zeitschr. f. Geophysik I, S. 314 bis 327. 1924/25). Zwei Arten von Schallausbreitung sind zu unterscheiden: eine „normale“, die mit einer Oberflächengeschwindigkeit fortschreitet, die sehr nahe der Schallgeschwindigkeit bei der Temperatur am Boden entspricht und instrumentell bis zu 344 km Entfernung gemessen wurde; eine „anormale“ mit einer um 70—130 Sek. längeren Laufzeit zwischen 100 und 310 km Abstand von dem Sprengherd. Für das Gebiet normaler Hörbarkeit, das asymmetrisch um die Schallquelle liegen kann, und auch für die Streuung der Punkte um die mittlere Laufzeitkurve werden meteorolo-

gische Einflüsse wirksam sein. Eine Überschlagerrechnung für eine Herddistanz von 245 km ergibt bei ruhender Atmosphäre eine Scheitelhöhe des Schallstrahles von 37 km. Die Scheitelgeschwindigkeit würde 350 m/sek. betragen.

Diese Beobachtungsergebnisse über die anormale Schallausbreitung sind von E. WIECHERT zu einem Versuch der Konstruktion von Schallstrahlen verwertet worden (Nachr. d. Ges. f. Wiss., Göttingen, Mathem.-physik. Kl. 1925, S. 49—69). Die Überlegungen werden für 4 verschiedene Annahmen bezüglich der Stratosphäre — kreisförmige Bahnen, geradlinige Bahnen, Übergangsschicht mit kreisförmigen Strahlbahnen, 2 Sprungschichten — durchgeführt. Die Rechnung für die an letzter Stelle genannte Annahme stimmt mit den Beobachtungstatsachen am besten überein. Daraus wird für die unteren 30 km auf eine ziemlich gleichbleibende Schallgeschwindigkeit geschlossen und darüber bis rund 40 km eine Zunahme der Geschwindigkeit bis etwa über den Bodenwert hinaus angenommen. Der Grund für die Zunahme der Geschwindigkeit in der Stratosphäre wird in einer Zunahme der Temperatur gesehen¹⁾.

Die Temperatur der obersten Atmosphärenschichten. Aerologische Beobachtungen sind in ganz seltenen Fällen nur wenig über 30 km Höhe hinaus gekommen, wobei die Höhenbestimmung noch mit großer Unsicherheit behaftet ist. Für die noch höheren Schichten ist die Meteorologie vorläufig nur auf theoretische Überlegungen angewiesen, die versuchen, auf indirektem Wege etwas über ihren Zustand zu erfahren. Es kann bei den sehr unsicheren Grundlagen nicht überraschen, daß die Versuche, die Temperatur der hohen Atmosphärenschichten abzuschätzen, zu sehr einander widersprechenden Werten geführt haben. So haben LINDEMANN und DOBSON auf Grund einer Statistik der Endhöhen der Meteore auf eine ziemlich starke Temperaturumkehr zwischen 50 und 60 km Höhe geschlossen, nach der dann in größeren Höhen eine Temperatur von etwa 300° absolut oder $+27^\circ$ C anzunehmen sei. Zu einer vollkommen entgegengesetzten Ansicht kam VEGARD auf Grund seiner Polarlichtstudien. Er vermutet nach der Isothermie der Stratosphäre eine erneute, und zwar besonders starke Temperaturabnahme, die bereits in 100 km Höhe zu einer Temperatur von $35,5^\circ$ absolut oder $-237,5^\circ$ C führen soll.

A. WEGENER hat nun auf die schwachen Stellen in den Grundlagen für die beiden angeführten Schätzungen hingewiesen und darauf aufmerksam gemacht, daß sich dem Meteorologen in der Erscheinung der sogenannten leuchtenden Nachtwolken ein Mittel bietet, das einen Schluß auf die Temperatur der höchsten Schichten zuläßt (Meteorolog. Zeitschr. 1925, S. 402 bis 405). WEGENER nimmt als gegeben an, daß die Nachtwolken aus kondensiertem Wasserdampf in Eisform bestehen, also Hochzirren sind, woraus auf eine weitere Temperaturabnahme mit der Höhe geschlossen werden muß. Ausgehend von einem Dampfdruck an

¹⁾ Auf weitere Beiträge zur akustischen Meteorologie von R. MEYER, G. ANGENHEISTER, E. WIECHERT und B. GUTENBERG (Zeitschrift für Geophysik II, Heft 2—3. 1926 und Meteorologische Zeitschrift 1926, Heft 3), die während der Drucklegung dieses Berichtes erschienen, sei nur hingewiesen.

der Basis der Stratosphäre von 0,013 mm, wird der Dampfdruck in 80 km Höhe mit 10^{-5} oder 10^{-6} mm anzusetzen sein. Entsprechend den bestimmten Temperaturen zukommenden maximalen Dampfdrücken wird man in dieser Höhe mit einer Temperatur von etwa -100 bis -110° zu rechnen haben.

Beeinflussung der Luftströmung durch das Gelände.

Die in den Jahren 1923 und 1924 durchgeführten Vermessungen der Flugbahnen bei den Segelflugwettbewerben in der Rhön und auf Rossitten haben H. KOSCHMIEDER das Material zum Studium des Geländeeinflusses auf den Wind gegeben (Zeitschr. f. Flugtechnik und Motorluftschiffahrt 1924, H. 1/2, S. 21; 1925, H. 12). Bezüglich der Methodik sei nur erwähnt, daß zur Feststellung der Flugbahn die Länge des Radiusvektor Beobachtungsort—Flugzeug mit dem Entfernungsmesser, das Azimut und der Höhenwinkel mit dem Theodolithen gemessen wurden. Die Flugbahn selbst setzt sich dann leicht aus der Aufeinanderfolge der zu fixierten Zeiten bestimmten Einzelpunkten zusammen. Die vertikale Geschwindigkeit (Aufwind) konnte nur aus den Anvisierungen der Flugzeuge errechnet werden unter der Annahme einer laminaren und zeitlich konstanten Strömung bei parallel zur Erdoberfläche verlaufenden Stromlinien. Die diesbezüglichen theoretischen Ableitungen finden sich in der ersten Mitteilung. Die Rhönmessungen zeigten den stärksten Aufwind zwischen 150 und 300 m relativer Höhe. Ein ähnliches Ergebnis wurde in Rossitten unter günstigeren Beobachtungsbedingungen wiedergefunden. Auch hier nahm der Aufwind zunächst mit der Höhe stetig zu, erreichte bei etwa 60 m über der Düne seinen Maximalwert mit 1,2 m/sek., um darauf stetig abzunehmen. In 240 m Meereshöhe wurden aber noch mindestens 0,5 m/sek. angetroffen. Diese Tatsachen lassen es nicht zu, von einer bestimmten Einflußhöhe eines Gebirges zu sprechen. Von den für die Aufwindbewegung im stationären Felde bisher vorhandenen Überlegungen von PÖCKELS, ACKERET und DEFANT entspricht letztere den Rossittener Verhältnissen am besten.

Die in der Aerodynamik seit langem bekannten Elemente des Strömungsfeldes um ein Hindernis, nämlich im Luv Potentialströmung, im Lee fortschreitende Wirbel mit horizontaler Achse, haben sich in der Rhön durch Gummiballone konstanter Gasmasse mit dem Auftrieb Null bei vorsichtiger Diskutierung der Messungen nachweisen lassen.

Die Windverhältnisse im Gebiete der ehemaligen österr.-ungar. Monarchie. Trotz der sehr großen praktischen Bedeutung der Luftströmungen sind nur von verhältnismäßig wenigen Beobachtungsnetzen die Windaufzeichnungen einer eingehenden Bearbeitung unterzogen worden. Eine Arbeit, die in dieser Hinsicht für zukünftige ähnliche Untersuchungen in methodischer Hinsicht als Muster dienen kann, hat jetzt A. DEFANT in seiner Bearbeitung der Windverhältnisse im Gebiet der ehemaligen österreichisch-ungarischen Monarchie geliefert (Anhang zum Jahrbuch der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien, Jg. 1920. N. F., Bd. 62). Die Arbeit ist während des Krieges begonnen worden und sollte zunächst mit ihren Ergebnissen den Forderungen der Artillerie, der Fliegerei und des Gaskampfes dienen. Das Material, das im allgemeinen 10 Jahre umfaßt, stammt von 236 österreichischen, 113 ungarischen und 23 bosnisch-herzegowinischen Stationen. Neben einer getrennten Untersuchung der Windrichtung und Stärke wird der Be-

deutung des Windes als einer Vektorgröße durch eine Zusammenfassung von Richtung und Stärke nach dem von LAMBERT angegebenen Verfahren entsprochen. Um die umfangreichen Rechenarbeiten abzukürzen, wurden nur die meteorologisch entgegengesetzten Monate Januar und Juli behandelt.

Schon die bloße Darstellung der Windrichtung ohne Rücksicht auf die Windstärke ließ durch Eintragen der häufigsten und zweithäufigsten Richtung in geographische Karten und durch Zeichnen von Tangentiallinien die beiden sich gegenseitig überlagernden Stromsysteme erkennen. Sie traten später auch bei der vektoriell berechneten mittleren Windrichtung zutage. Das erste System, das sicher als das Hauptsystem aufzufassen ist, zeigt eine im allgemeinen von W nach E gerichtete Strömung, die mit der allgemeinen Westdrift der mittleren Breiten zusammenhängt. Überlagert wird es durch ein zweites System, das lokaler Natur ist und durch die Bodengestaltung bedingt ist. Es äußert sich vor allem im Winter durch ein Abströmen der über den Gebirgen erkalteten Luftmassen nach der Ebene zu und im Sommer durch ein Hinströmen der Luft am Nachmittag von der Ebene nach dem Gebirge. Die Arbeit gibt für Januar und Juli 7a und 2p die Stromlinien nach den vektoriell berechneten Windrichtungen in Karten. Für die Windstärke standen nur die Schätzungen nach der rotelligen Beaufortskala zur Verfügung. Sie wurden auf Grund bekannter Beziehungen in m/sek. umgerechnet. Um örtliche Störungen und subjektive Fehlschätzungen möglichst unwirksam zu machen, wurde nach einem bestimmten Verfahren regional ziemlich weitgehend ausgeglichen und auf diese Weise ein genügend übersichtliches Verteilungsbild erreicht. Die kartographische Darstellung gibt nach Terminen die Häufigkeit der einzelnen Stärkegruppen und zeigt die erwarteten Gegensätze zwischen dem Gebirge mit den meistens in Tälern gelegenen Stationen und der freien Ebene. Daneben wird auch die mittlere vektorielle Geschwindigkeit für 7a und 2p im Januar und Juli, und gleichfalls die mittlere Windgeschwindigkeit ohne Rücksicht auf die Richtung dargestellt. Stets liegen dabei die größeren Windgeschwindigkeiten im Gebiete der W-E-Trift, wobei die Unterschiede zwischen Gebirge und Niederung im Winter ausgesprochener sind als im Sommer.

Interesse muß auch die Erörterung der sogenannten Stabilität der Luftströmungen beanspruchen, die durch das Verhältnis der mittleren Windgeschwindigkeit zur vektoriell berechneten Luftversetzung ausgedrückt wird. Die größte Beständigkeit wird wiederum im Gebiete des Hauptströmungssystems angetroffen; im Gebirge mit den wechselnden Konvektionsströmungen sind die Werte gering.

Die Schlußausführungen beschäftigen sich zunächst mit den Störungen, die durch die Berg- und Talwinde in das allgemeine System hineingetragen werden. Anormale Verhältnisse treten dabei hin und wieder auf, finden aber stets ihre Erklärung, wenn die Verhältnisse im großen betrachtet werden. Schließlich wird gezeigt, wie die Verstärkung der Windgeschwindigkeit auf dem Marchfeld bei Wien und im Banat auf stromschnellenartige Wirkung der Topographie des Geländes zurückzuführen ist.

Es ist sehr zu bedauern, daß es die Ungunst der Zeit nicht gestattete, das wertvolle Tabellenmaterial, selbst nur auszugsweise, der Arbeit beizugeben.

Beiträge zum Strahlungsklima von Nord- und Süddeutschland. Messungen der direkten Sonnenstrahlung

sind bisher nur an wenigen Orten ausgeführt worden. Das, was vorliegt, ist daher besonders wertvoll und es sei deshalb auf zwei neue Arbeiten verwiesen, die einen interessanten Vergleich zwischen Nord- und Süd- deutschland zulassen.

Norddeutschland wird hier durch *Potsdam* vertreten, dessen von 1907 bis 1923 reichende Beobachtungsreihe durch W. MARTEN bearbeitet wurde, nachdem er die Ergebnisse einer älteren Reihe bereits 1920 veröffentlicht hatte (Preussisches Meteorol. Institut, Abhandlungen Bd. 8, Nr. 4. Berlin 1926). Die Arbeit bringt nicht nur die durch den längeren Beobachtungszeitraum sich natürlicherweise ergebenden Verbesserungen der alten Reihe, sondern ergänzt diese auch in einem sehr wesentlichen Punkte, indem es jetzt möglich war, die täglichen Gänge zu berechnen. Die tabellarische Zusammenstellung der Ergebnisse hält sich an die üblichen Formen. Besonders aufmerksam zu machen ist auf die Erörterung der Störungen im täglichen Gang der Strahlenwerte. Neben den periodisch wirksamen Störungsfaktoren (vertikaler Luftmassenaustausch, wechselnder Wasserdampfgehalt mit anschließenden Kondensationserscheinungen) werden die Störungen besprochen, die durch vorbeiziehende Luftkörper verschiedener Konstitution (Polarluft und Äquatorialluft) verursacht werden. Die Lage der sie trennenden Grenzflächen ist sehr wirksam. Häufig ist die Störungsquelle in großen Höhen zu suchen und ihr Nachweis durch die Strahlungsmessungen macht eine prognostische Verwertung möglich. Den erwähnten Störungen stehen starke Störungen gegenüber, die mit Bodeninversionen bei schwacher Luftbewegung zusammenhängen und sich in Potsdam meist auf die über Berlin entstandene Dunst- und Staubwolke zurückführen lassen. Neben den Ergebnissen der Messung der Gesamtstrahlung sind dann noch die bis zum Jahre 1912 zurückreichenden Messungen der Rotstrahlung mitgeteilt (Rotfilter Schott-Jena F 4512). Allerdings sind die täglichen Gänge der Intensität der Rotstrahlung noch unsicher, nur der jährliche Gang ist ausgesprochen mit einem Maximum im Dezember, einem Minimum im Juli. Was den Anteil der Rotstrahlung an der Gesamtstrahlung anbetrifft, so läßt sich gleichfalls noch kein sicherer Schluß bezüglich des täglichen und jährlichen Ganges ziehen. Die Schwankung im Laufe des Jahres ist sehr gering.

Aus Süddeutschland liegen jetzt die Strahlungsmessungen von *Karlsruhe* (Sept. 1921 bis März 1925), *St. Blasien* (Juni 1919 bis Nov. 1920) und vom *Feldberg-observatorium* (Okt. 1921 bis Mai 1925) vor. Bearbeitet wurden sie von A. und W. PEPPLER (Badische Landeswetterwarte. Abhandlungen Nr. 4. Karlsruhe 1925). Es sind auch hier die üblichen Berechnungen mitgeteilt. Vergleichsweise werden die Messungsergebnisse von Potsdam (alte Reihe), Feldberg (Taunus) und von Davos herangezogen. Karlsruhe ist offenbar lokal wesentlich beeinflusst. Das Jahresmittel der Strahlungsintensität beträgt 90% von dem von Potsdam. Der Grund wird in der größeren Luftruhe des Rheintals gesucht, die Dunstbildung begünstigt. Der Monat März mit noch geringer Luftstagnation zeigt ein stark ausgeprägtes Maximum des Durchlässigkeitskoeffizienten. Zu begrüßen ist, daß die Verff. den Versuch gemacht haben, die charakteristischen Eigentümlich-

keiten der Strahlungsklimate auf Grund der zugestrahlten Wärmemengen nach den Messungen der schon erwähnten Stationen vergleichsweise zu betrachten, wenn auch ein strenger Vergleich infolge der bekannten Mängel noch nicht möglich war. Es werden folgende Landschaftstypen verglichen: Badische Rheinebene und norddeutsches Tiefland, Rheinebene und Hochschwarzwald, Hochschwarzwald und hochalpine Tallage, Gipfellage im Taunus und Hochschwarzwald. Die Unterschiede in der Wärmezufuhr zwischen der Badischen Rheinebene, dem norddeutschen Tiefland und dem Taunus sind sehr gering. Auf dem Hochschwarzwald erreicht der betr. Wert 1,2 bis 1,3, im alpinen Hochtal sogar 1,5 gegenüber der mit 1,0 bezeichneten Wärmezufuhr eines Tages im Tiefland. Von den Jahreszeiten zeigt der Winter die größten Unterschiede; die relativen Werte sind dann: Feldberg (Schwarzwald) 1,8, St. Blasien 2,2, Davos 3,3.

Auch diese Arbeit gibt zum Schluß die Ergebnisse der Messungen des jährlichen Ganges der Rotstrahlung nach Intensität und Anteil an der Gesamtstrahlung. Sichere Schlüsse läßt das Beobachtungsmaterial aber noch nicht zu.

Grenzhorizont und Klimaschwankungen. Die Klimaveränderung, die sich nach der letzten Vereisung in Mittel- und Nordeuropa vollzogen hat, ist, wie wohl allgemein angenommen wird, nicht in einer beständig aufsteigenden Linie vor sich gegangen, sondern in ihr sind wellenartige Bewegungen von Perioden der verschiedensten Zeitlängen nachgewiesen worden. C. A. WEBER hat sich mit den sehr langen Perioden, die eine oder mehrere Jahrtausende umfassen, beschäftigt und glaubt sie aus den Ablagerungen der Moore nachweisen zu können (Abhandl. des Naturwissenschaftl. Vereins Bremen 1926, Bd. 26, S. 98—106). Es muß dabei den Paläoklimatologen und Geologen überlassen bleiben zu entscheiden, wie weit aus der Wechselagerung dieser einzelnen Schichten, die auch durch örtliche Ursachen bedingt sein können, auf Klimaperioden geschlossen werden kann. WEBER geht von der Lage des sogenannten Grenzhorizontes aus, unter dem er eine durch starkes Vorkommen von Wollgras und Heide ausgezeichnete Grenzschicht zwischen einer älteren, stark zersetzten und einer jüngeren, gut erhaltenen Sphagnumtorfschicht versteht. Die Grenzschicht wird analog den heute bei künstlicher Trockenlegung von Mooren beobachteten Erscheinungen als ein Beweis für ein Trockenklima angesehen, das von feuchteren Perioden umschlossen wird. Unter Verwertung einer Reihe von Befunden, die eine Zeitbestimmung erlauben, wird rückwärtsgehend folgende Anordnung von Klimaperioden vermutet: 1. die niederschlagsreiche Periode des jüngeren Sphagnumtorfes, die in den ersten Jahrhunderten des letzten vorchristlichen Jahrtausends, ungefähr mit dem Übergang von der Bronze- in die Eisenzeit, beginnt; 2. das mindestens ein Jahrtausend dauernde trockene Zeitalter des Grenzhorizonts, das in Norddeutschland mit der Bronzezeit zusammenfällt; 3. das niederschlagsreiche Zeitalter des älteren Sphagnumtorfes, das vom Ende oder von der Mitte des dritten vorchristlichen Jahrtausends bis mindestens in den Beginn des fünften zurückreicht.

K. KNOCH.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

Am 10. April 1926 sprach Dr. E. TRINKLER, Bremen, unter Vorführung von Lichtbildern über **Afghanistan, Land und Leute** auf Grund einer in den Jahren 1923 bis 1924 ausgeführten Reise. Den Europäern war der Zutritt zu diesem Lande bis in die Neuzeit verboten, und nur durch die Berichterstatter über die 1840–41 und 1870–79 währenden englisch-afghanischen Kriege gelangten Nachrichten über das Land nach Europa. Im Jahre 1915 haben die Deutschen v. HENTIG und v. NIEDERMAYER Afghanistan bereist (Naturwissenschaften 9, H. 28, S. 551–553. 1921). Der Norden und das Innere wird von einem Teil des vorderasiatischen Faltengebirgsgürtels durchzogen, der nach Osten hin an Höhe und Unwegsamkeit zunimmt, während im Norden, Westen und Süden des Landes ein leichter Übergang zu den Nachbargebieten möglich ist. Die Erhaltung seiner politischen Selbständigkeit verdankt Afghanistan vor allem England, das ein großes Interesse an einem Pufferstaat zwischen seinem indischen Reich und den russischen Gebieten hat. Man findet 3 Hauptlandschaftstypen: 1. Das Berg- und Plateauland des Nordens mit fruchtbaren Tälern; 2. das Gebirgsland im Zentrum und Osten, dessen Charakter demjenigen des tibetischen ähnelt; 3. die unzugänglichen Sand- und Felswüsten des Südens.

In dem ersteren ist das Klima ziemlich trocken. Vom Mai bis Dezember herrscht ein wolkenloser blauer Himmel vor. Die Niederschläge fallen meist im Winter. Ansiedelungen finden sich nur an den Flüssen, die ihren Ursprung von den höchsten Bergen nehmen.

Das Gebirgsland des Zentrums und Ostens zeigt keine alpinen, sondern stark verwitterte, abgetragene und gerundete Bergformen. Die Täler sind mit Flußschottern und Konglomeraten angefüllt, deren Entstehung auf die Eiszeit zurückzuführen ist. Junge epigenetische Hebungen haben die Flüsse zu tieferem Einschneiden veranlaßt, so daß man in allen Tälern alte Flußterrassen findet. Auch heute sind die gebirgsbildenden Kräfte noch nicht zur Ruhe gekommen, denn in Kabul werden allmonatlich ein bis zwei Erdbeben gespürt. Im Kuh-i-Baba und Hindukusch erreichen die Gebirge, welche meist aus Gneis und krystallinen Schiefen bestehen, Höhen von mehr als 5000 m. Schroffe Temperaturschwankungen, z. B. interdiurne Änderungen um 30° im Dezember (von 20° bis – 10°) begünstigen die Verwitterung und Schuttbildung. Der Hindukusch bildet eine wichtige Wasserscheide zwischen den peripheren Landesteilen, die durch den Indus zum Ozean entwässern, und den zentralen, deren Niederschläge durch den Amu-darja dem abflußlosen Aral-See zugeführt werden. Das Gebirge trägt in seinem westlichen und zentralen Teil keine Gletscher, denn die Schneegrenze liegt hier etwa 4800 m hoch. Das südlich der Hauptkette des Hindukusch gelegene Kafiristan ist die einzige afghanische Provinz mit größeren Waldbeständen, die den Niederschlägen des Sommermonsuns zu verdanken sind, der von Indien bis hier hinein weht. Infolge der größeren Feuchtigkeit sind die Berge auch stärker zerschnitten und von tiefen Schluchten durchtalt. Außer von dem Engländer ROBERTSON, der vor etwa 30 Jahren diese Provinz besucht hatte, war sie noch nie von einem Europäer betreten worden. Von Dezember bis Mai ist das zentrale Afghanistan unter einer mächtigen Schneedecke begraben. In den Dörfern gibt es hier hohe viereckige Wachttürme, welche den Bewohnern bei räuberischen Überfällen Schutz gewähren.

Südafghanistan ist trocken, heiß und öde. Der einzige ständig fließende Fluß ist der Hilمند, der zur Zeit der Schneeschmelze große Schlammmassen in den an der persischen Grenze gelegenen Hamun-See führt. Das Deltagebiet des Hilمند ist überaus fruchtbar und könnte nach dem Urteil von Lord CURZON ein zweites Mesopotamien werden, wenn erst zweckmäßige Bewässerungsanlagen ausgeführt sind. Die Grenze gegen Persien war hier lange Zeit strittig und wurde erst 1894 bis 1896 endgültig festgelegt.

Alle nennenswerten Ströme entspringen auf den hohen Teilen des Hindukusch, und die größeren Siedelungen befinden sich immer dort, wo die Flüsse das Gebirge verlassen. Die wichtigsten Städte sind Kabul, Herat und Kandahar. Nur in ihnen heben sich einzelne höhere markante Bauten aus dem grauen Meer der niedrigen Lehmhäuser hervor, deren Ziegel durch Fachwerk zusammengehalten werden. Kandahar, das wegen seiner südlichen Lage schon eine subtropische Vegetation aufweist, wird nur von Rasse-Afghanen bewohnt. In Herat fallen hohe, Fabrikschornsteinen ähnliche Minarette auf, welche mit farbigen Kacheln verziert sind und aus dem 15. Jahrhundert stammen. Das Wahrzeichen der Stadt ist die riesige Zitadelle, deren Anfänge auf Alexander den Großen zurückgehen sollen. Kabul, die Hauptstadt, liegt 1800 m hoch in einer fruchtbaren, von hohen Bergen umgebenen Ebene und hat 80 000 bis 100 000 Einwohner. Etwas weiter nördlich baut der Emir jetzt eine modern-europäische Villenstadt.

Afghanistan ist ein altes Durchzugsland auf dem Wege von Westen nach Indien. Im dritten Jahrtausend vor Christi Geburt haben es die Arier durchwandert, dann folgten die Kriegszüge Alexanders des Großen, später Einfälle der Szythen aus Nordosten. Im 8. bis 10. Jahrhundert nach Christi Geburt verdrängten arabische und persische Stämme den Buddhismus und führten den Islam ein. Im 13. bis 14. Jahrhundert überschwebten die Mongolen das Land.

Heute sind die eigentlichen Rasse-Afghanen nur im Süden ansässig; sie kamen wahrscheinlich aus Westen und bezeichnen sich selbst als einen der verlorengegangenen Stämme Israels. In der Tat haben sie einen starken semitischen Einschlag. Im Norden sitzen die Usbeken, im Zentrum die mongolischen Hasara, die heute persisch sprechen. Im Osten wohnen die Berg-Tadschiks und südlich des Hindukusch die Kafirinen, welche die einzigen Nicht-Mohammedaner sind.

Zur Landestracht der Männer gehören weite weiße Leinenhosen und Schnabelschuhe. Das Nationalgericht ist Pilaw (Hammelfleisch und Reis).

Der Verkehr ist primitiv und hauptsächlich auf Kamele und Maultiere als Transportmittel angewiesen. Von Kabul bis zur indischen Grenze führt jetzt eine Automobilstraße, die jenseits des Khaibar-Passes auf indischem Gebiet durch eine im Sommer 1925 eröffnete britische Militärbahn ihre Fortsetzung findet.

Haupt-Ausfuhrartikel sind Teppiche, getrocknete Früchte, Wolle, Felle und Häute. Afghanistan ist reich an Kohlen und Erzen, unter denen die eisen- und kupferhaltigen besonders wichtig sind; doch zeigen die Lagerstätten, namentlich die teilweise mächtigen Kohlenflöze, starke Störungen durch Verwerfungen. Dazu kommt, daß die Abbauwürdigkeit durch die schlechten Transportverhältnisse erheblich herabgemindert wird. Aussichtsreich sind dagegen Bewässe-

rungsanlagen, die in verschiedenen Teilen des Landes geplant werden.

Zum Schluß schilderte der Vortragende eine Reise von Kabul nach Bamian, welche der Untersuchung von Kohle-Vorkommen im westlichen Hindukusch galt. Die Hauptkette besteht aus Hornblendegesteinen, Granit und krystallinen Schiefen, denen im Norden mächtige Platten von Kreidekalken angelagert sind. Eine große Verwerfungslinie mit heißen Quellen und Erzlagerstätten verläuft längs des Südrandes. Bamian war einst eine Tempelhöhlenstadt, und auch heute bilden die zahlreichen, 50 bis 53 m hohen, in den Felswänden ausgemeißelten Buddhasstatuen, die im 8. Jahrhundert unserer Zeitrechnung noch vergoldet waren, eine der größten Sehenswürdigkeiten Afghanistans. Die Seitenwände der Höhlen sind mit Freskomalereien geschmückt. Ein Quertal des Bamian-Flusses, das bisher von keinem Europäer betreten war, bildet eine sehr tiefe, schwer passierbare Schlucht, in welcher der Fluß dreißigmal durchquert werden mußte. Die Pässe erreichen hier Höhen von mehr als 3500 m und zahlreiche Skelette von Kamelen und Maultieren beweisen die Schwierigkeiten, welche dieses unwegsame Gebirgsland dem Verkehr bereitet.

In der Fachsitzung am 19. April sprach Dr. K. GRIPP, Hamburg, über **Bodenfrost und Erdfließen in Spitzbergen auf Grund eigener Beobachtungen**. Der Vortragende hatte die Reise nach Spitzbergen unternommen, um über gewisse Oberflächenformen Norddeutschlands, die auf das Vorhandensein von Frostboden in der Diluvialzeit schließen lassen, durch Vergleich mit den Bodenverhältnissen in der Arktis Klarheit zu gewinnen. Südwestlich von Harburg liegt ein Geestgebiet, von dem ein über 250 qkm großer Teil heute keinerlei oberflächliche Entwässerung hat, trotzdem er von ausgedehnten Trockentälern bis 12 km Länge durchzogen wird. Diese Täler besitzen ein ausgeglichenes Gefälle, das ziemlich erheblich ist und stellenweise 100 m auf 8 km beträgt. Sie erstrecken sich von einem 150 m hoch gelegenen Mittelpunkt nach allen Seiten hin und sind in wasserdurchlässige Sande und Schotter eingeschnitten, weshalb sie heute kein Wasser mehr führen. Trotzdem wurden sie zweifellos durch fluviatile Erosion geschaffen, also müssen sie zur Zeit ihrer Entstehung undurchlässigen Boden gehabt haben. Eine solche Undurchlässigkeit des Sand- und Kiesbodens kann man sich nur vorstellen, wenn man annimmt, daß der Boden damals mit Wasser durchtränkt und gefroren war. Auf das Wirken von Bodenfrost und Solifluktion im norddeutschen Diluvium deuten auch noch andere Erscheinungen hin, vor allem die ausgeglichenen Formen der Diluvialgebiete südlich der Elbe.

Spitzbergen nun ist ein Land, in dem die in enger Verbindung mit dem Bodenfrost stehenden Vorgänge häufig vorkommen und mehrfach beschrieben worden

sind. Trotzdem ist es noch nicht gelungen, eine einwandfreie Deutung all der eigenartigen Erscheinungsformen zu geben, die durch das abwechselnde Gefrieren und Auftauen des wasserdurchtränkten Bodens zustande kommen. Insbesondere gilt das von dem sog. Struktur- oder Polygonboden, der aus dicht aneinandergedrängten Flecken feinerdigen Bodens besteht, die von Steinringen oder in der Tundra von Mooswällen umgeben sind.

An der Hand von Lichtbildern zeigte der Vortragende, wie sich aus der Lage der Gesteinsstücke, namentlich aus der gegeneinander verschobenen Stellung einzelner Bruchteile desselben Steins, aus der Zusammenstauchung der Vegetationsdecke nach dem Rande zu, aus den durch Aufgrabungen bis zu 80 cm Tiefe festgestellten Querprofilen und manchen anderen Beobachtungen eine bestimmte Bewegung der Bodenteilchen feststellen läßt. Der Vortragende nennt die einzelnen Elemente, aus denen sich der Polygonboden zusammensetzt, Brodelherde. Innerhalb eines jeden Brodelherdes findet in der Mitte eine Bewegung nach aufwärts statt, die an der Oberfläche in eine radial nach außen gerichtete übergeht und alle größeren Steine nach dem Rande mitnimmt, wo sie sich zu einem Wall anhäufen. Hier geht die Bewegung wieder abwärts, wobei sie einen Teil der Steine mit in die Tiefe hinabzieht, die so eine Art Zylindermantel bilden, an dessen Grunde die Bewegung wieder nach der Mitte hinstrebt, um dort in die aufwärts gerichtete überzugehen. Es findet also ein richtiger Kreislauf statt. Auf Gehängen werden die in ebenem Gelände meist runden Brodelherde durch Wirkung der Schwerkraft zunächst zu elliptischen Formen umgestaltet und gegebenenfalls noch weiter auseinandergezogen, so daß schließlich Streifen von lockerem Boden und Blöcken abwechselnd in paralleler Anordnung den sog. Streifenboden bilden. Zu der Kreisbewegung an Ort und Stelle addiert sich in solchen Fällen die translatorische Rutschbewegung abwärts, so daß die Strömungslinien zu Spiralen ausgezogen werden. Ein mit bloßem Auge gar nicht wahrnehmbares Gefälle von etwa 2° genügt schon, um jene Solifluktion hervorzurufen, die auch in unseren Gegenden während der Glazialzeit in eisfreien Gebieten wirksam gewesen sein dürfte, ebenso wie die geschilderten Konvektionsströmungen im Auftauboden.

Über die Kräfte, welche diese Bewegungen hervorrufen, liegen Arbeiten von BÉNARD, RAYLEIGH und LOW vor. Wenn der Frostboden im Sommer auftaut, so wird das Wasser nahe der Oberfläche auf etwa 4° erwärmt. Bei dieser Temperatur hat aber Wasser sein Dichtemaximum, ist also schwerer als das tiefer befindliche kältere, von dem gefrorenen Boden getragene Wasser. Es herrscht demnach ein labiler Gleichgewichtszustand, der nicht von Dauer sein kann, sondern eine kreisförmige Ausgleichsbewegung einleiten muß. O. B.

Aus Akademieberichten.

National Academy of Sciences of the U. S. A.

November 1925. Bd. II, Nr. II.

E. W. BERRY, *Alter und Verwandtschaft der Tertiärflora von Westkanada*. Die arktische und subarktische Tertiärflora von Britisch-Kolumbien und Saskatschewan, genannt die Kenai-Flora, gehört nicht der tropischen, sondern der gemäßigten Zone an. Sie ist nicht miocän, sondern eocän und zeigt 2 Bestandteile: Der ältere und kleinere Teil ist angepaßt an feuchtes, mildes Klima und war wahrscheinlich aus dem Süden

eingewandert. Der größere Teil besteht aus jüngeren Formen, die von Asien über die Gegend der Beringstraße nach Nordamerika gelangten. Diese bedingen die Ähnlichkeit der noch heute lebenden Floren von Nordamerika und von China. — R. DODGE, *The Hypothesis of Inhibition by Drainage*. Nach der Ablenkungstheorie steht in jedem Element des Nervensystems ein bestimmter Betrag von Nervenenergie zur Verfügung und kann durch Konzentration in einer Nervenbahn von anderen abgezogen werden. Zur Prüfung untersuchte DODGE, ob ein Reflex durch willkürliche Re-

aktion auf den erregenden Reiz gehemmt wird. Die Versuche fielen negativ aus, und damit fällt die Theorie. — J. W. GOWEN, *Neue Entwicklung der Milchsekretion bei Guernsey-Kühen*. Durch Umrechnung des Milchtrages auf gleiches Alter der Herdbuchkühe läßt sich eine Zunahme der Milchproduktion ohne gleichzeitige Abnahme des Fettgehaltes der Milch errechnen. — C. B. BRIDGES, *Elimination von Chromosomen durch eine Mutante (Minute-n) bei Drosophila melanogaster*. Aus der Tatsache, daß sich bei Drosophilakreuzungen Individuen finden, die die dominanten Eigenschaften beider Eltern zeigen, deren Gewebe aber mosaikartig zwischen dem weiblichen Gebiet Flecke männlichen Charakters zeigt, schlossen MORGAN und BRIDGES, daß die Entwicklung der Larve mit 2 Chromosomengarnituren mit je einem X-Chromosom begann, daß aber beim ersten oder zweiten Teilungsschritt ein X-Chromosom verloren ging. Die Mutanteneigenschaft von *Drosophila melanogaster* Zwerg-n (Minute-n), gekennzeichnet durch kleinere und zartere Borsten besonders an Brust und Kopf, ist dominant. Ihr Sitz ist im X-Chromosom nachgewiesen. Sie tritt nur bei Weibchen auf und ist bei Männchen letal. Bei der Kreuzung dieser Form ♀ mit gelber *Drosophila* ♂ fanden sich unter den weiblichen Nachkommen Buntformen (piebald), deren Flecke männlichen Sexualcharakter trugen und auch die rezessiven Eigenschaften des Vaters zeigten. Es ließ sich zeigen, daß die „piebald-minutes“ durch Elimination vom mütterlichen X-Chromosom entstanden waren, und zwar der Kleinheit der Flecke entsprechend bei einem späteren Teilungsschnitt. Diese Elimination folgt nicht einfach dem Zufall, sondern ist durch die Mutanteneigenschaft des X-Chromosoms Minute-n verursacht. — C. B. BRIDGES, *Haploidität bei Drosophila melanogaster*. Während bei den meisten der obengenannten Formen die Flecke männlich und vatergleich in bezug auf die geschlechtsgebundenen, hybrid bezüglich der autosomen Eigenschaften waren, fanden sich in den Zuchten 2 Individuen, deren Flecke sich nur als haploid und vaterähnlich deuten ließen. In diesen Fällen war also nicht nur das mütterliche X-Chromosom, sondern die ganze mütterliche Chromosomengarnitur eliminiert. Das Geschlecht dieser Regionen konnte BRIDGES, wie anderweitig vorausgesagt, als weiblich erweisen.

Dezember 1925. Bd. 11, Nr. 11.

H. W. FELDMAN, *Die Fruchtbarkeit der Ratte Mus norvegicus*. Die Arbeit galt der Fruchtbarkeit von Mus norvegicus-Männchen und -Weibchen, bei verschieden-gradiger Inzucht in Abhängigkeit vom Alter der Tiere. Beobachtet wurde die Zeit bis zum Werfen, die Größe (Zahl) des Wurfs, die Totgeburten. Wegen der Abhängigkeit der Fruchtbarkeit von den Jahreszeiten ist diese genetisch nicht zu verwerten. — H. F. OSBORNE, *Der Ursprung der Arten II*. Der Paläontologe OSBORNE bestätigt auf Grund seiner Studien von 1889 bis 1925 das biogenetische Grundgesetz. Er teilt mit, daß nach seinen Untersuchungen aufsteigender Reihen von Primaten und besonders von Huftieren die Entwicklung der Arten ein in allen von ihm beobachteten Fällen ein vollkommen kontinuierlicher Vorgang ist. Seine schon 1914 formulierten Sätze hält er trotz widersprechender Meinungen von Fachkollegen aufrecht. An deren Spitze steht der Satz: Neuentstandene Artmerk-

male (Rectigradations) entwickeln sich phylogenetisch anders als Artproportionen (Allometrons). — R. PEARL, *Lebensstatistiken über die National Academy of Sciences I—IV*. Veranlaßt durch die Tatsache, daß die statuten-gemäß auf 250 Mitglieder beschränkte Zahl der Mitglieder der Akademie zur Zeit nahezu erreicht ist, erhebt PEARL eine Statistik über die Mitglieder. Es zeigt sich, daß in dem auf die Gründung folgenden Zeitabschnitt 1864—1884 die hinzugewählten Mitglieder ein weit niedrigeres Durchschnittsalter zur Zeit ihrer Wahl hatten, als die schon vorhandenen Mitglieder, und daß dieser Unterschied sich im Laufe der Jahre immer mehr ausglich. Die Akademie wurde also wie ein Mensch mit zunehmendem Alter immer konservativer. PEARL sieht diese Tatsache als ein Zeichen dafür an, daß die Unterdrückung der hervorragend Befähigten gegenüber dem Mittelmaß immer fortschreite. Die Lebenserwartung eines Akademiemitgliedes beträgt, für das Alter von 40 Jahren berechnet, mehr als 5 Jahre mehr als die durchschnittliche der gesamten städtischen Bevölkerung, und ist auch noch bei 80 Jahren merklich höher. Für die 221 Mitglieder im Jahre 1925 ist die Sterblichkeitswahrscheinlichkeit 8 im Jahr. Wenn wie bisher jährlich 15 hinzugewählt werden, wird in 4 Jahren die volle Mitgliederzahl erreicht sein.

Académie des sciences (Paris), Revue générale 37, 1.

7. Dezember 1925.

P. LEBEAU und A. DAMIENS, *Sur un procédé facile de préparation du fluor*. Die Verf. empfehlen die Elektrolyse von KF·3 HF in Gefäßen aus Kupfer oder Nickel. Die Apparatur wird ausführlich beschrieben. — St. JELLINEK, *La mort par l'électricité; résultats pratiques acquis par des études électropathologiques*. Die durch Elektrizität verursachten Schäden (Hautverbrennungen) heilen, selbst wenn sie tief und schwer sind, nach Art aseptischer Nekrosen fast immer ohne Fieber und ohne wichtige Veränderungen im Allgemeinzustand des Patienten. Es ist daher zwecklos, zu vorzeitigen Amputationen zu schreiten.

14. Dezember 1925.

J. LECARME: *Les radiations ultraviolettes du Soleil aux grandes altitudes*. Aus den Messungen des Verf. geht hervor, daß die ultraviolette Energie im Sonnenspektrum in großen Höhen wesentlich größer ist als bei den gewöhnlichen Bestrahlungen mit Quecksilberlampen, daß die biologischen Effekte aber vergleichsweise geringer sind.

Société Française de Physique.

5. Februar 1926.

J. DUFAY, *Polarisation de la lumière du ciel nocturne et de la lumière zodiacale*. Der Verfasser hat gezeigt, daß das Spektrum des nächtlichen Himmels im violetten und ultravioletten dieselben Linien zeigt wie das Sonnenspektrum. Jedenfalls ein Teil dieses Lichtes ist also Sonnenlicht. Das Zodiakallicht hat jedenfalls einen ähnlichen Ursprung. Die Befunde über die Polarisation widersprechen der Hypothese nicht, daß das Licht des Nachthimmels ausgebreitetes Zodiakallicht ist. Die Polarisation ist zu schwach, als daß sie den Molekülen eines seltenen Gases zugeschrieben werden könnte.

Die chemisch-krystallographischen Arbeiten von V. M. Goldschmidt.

Von H. MARK, Berlin-Dahlem.

In Fortführung seiner Studien über die geochemische Verteilung der Elemente¹⁾ hat V. M. GOLDSCHMIDT umfangreiche chemisch-krystallographische Untersuchungen angestellt, deren Ergebnis nicht nur geeignet ist eine weitere Rationalisierung der geochemischen Verteilungsgesetze anzubahnen, sondern auch vom physikalisch-chemischen Standpunkt aus hohes Interesse besitzt.

Wenn es das Ziel der rein geochemischen Arbeiten war, für jedes der chemischen Elemente auf Grund seiner bekannten chemisch-physikalischen Eigenschaften den Weg zu zeigen, den es im Verlauf der geologischen Entwicklung des Erdkörpers nehmen mußte, so ist es die Absicht der daran anschließenden chemisch-krystallographischen Studien, dieses Verhalten noch tiefer zu begründen, nämlich durch den Krystallbau des betreffenden Elementes und seiner Verbindungen bzw. in letzter Linie durch den Atombau, der ja seinerseits wiederum die Krystallstruktur bestimmt. Dieses Programm stellt gleichzeitig einen Ausschnitt aus der allgemeinen chemisch-krystallographischen Problemstellung dar: Beziehungen zu suchen zwischen Atombau, Krystallbau und chemischen Eigenschaften und reicht daher in seinen Ergebnissen viel weiter als die geochemischen Fragestellungen, welche der Ausgangspunkt zu seiner Inangriffnahme gewesen sind.

GOLDSCHMIDT untersuchte zunächst in systematischer Weise die Krystallstruktur der Sesquioxyde der Elemente, die zu einer vergleichenden Untersuchung über Isomorphie und Polymorphie deswegen besonders einladen, weil von den 92 chemischen Elementen 49 Sesquioxyde vom Typus R_2O_3 bilden, die bekannt sind, (sie sind in der Tab. I zusammengestellt), während z. B. Monoxyde bisher nur bei 36, Dioxyde bei 42 Elementen dargestellt werden konnten. Die Krystallstruktur mehrerer Sesquioxyde (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , As_2O_3 , Sb_2O_3 usw.) war bereits bekannt, so daß zur Erlangung einer möglichst vollständigen Übersicht insbesondere die Analyse der Sesquioxyde der seltenen Erden und der benachbarten Elemente nötig war.

Die Sesquioxyde der seltenen Erden bilden mindestens drei verschiedene Modifikationen, welche mit A, B und C bezeichnet worden sind und

im Verhältnis der Polymorphie zueinander stehen: A ist bei den höchsten Temperaturen beständig, B bei mittleren, C bei den tiefsten. Die Fig. 1 gibt eine Übersicht über die bisher bekannt gewordenen Sesquioxyde der seltenen Erden. Von La und Ce ist nur die Modifikation A bekannt, von Pr und Nd, A und B (vom ersteren nur die Modifikation A mit Sicherheit). Vom Sm konnten alle drei Modifikationen festgestellt werden, während vom Eu, Gd und Dy nur B und C bekannt sind. Die Sesquioxyde der übrigen seltenen Erden sind nur in der Modifikation C bekannt. Dieses Diagramm zeigt, daß es in krystallochemischer Beziehung

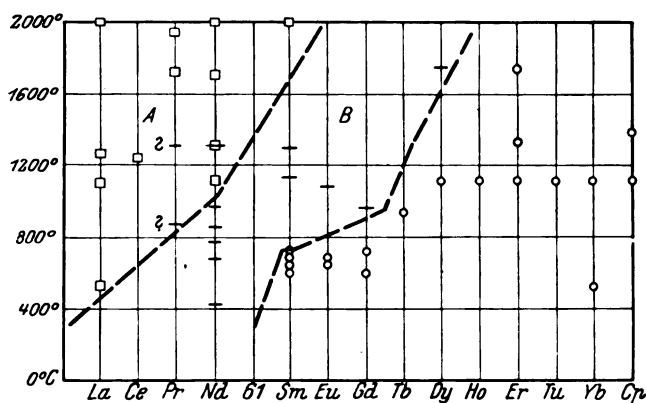


Fig. 1. Existenzbereiche der einzelnen Modifikationen der Sesquioxyde der seltenen Erden.

keine scharfe Grenze zwischen Ceriterden und Yttererden gibt. Ob Sm, Eu und Gd mehr Ähnlichkeit zu den Yttererden oder zu den Ceriterden zeigen, hängt lediglich von der Temperatur ab, bei der man die chemischen Reaktionen dieser Elemente untersucht. Bei niedrigen Temperaturen bilden ihre Sesquioxyde Krystalle vom Typus C, sind also mit den Sesquioxyden der Yttererden krystallographisch nahe verwandt, bilden mit ihnen Mischkrystalle und sind daher von ihnen schwer zu trennen; man wird geneigt sein, sie zu den Yttererden zu zählen. Bei hohen Temperaturen (über 1000°) ist es umgekehrt. Hier krystallisieren Sm_2O_3 , Eu_2O_3 , Gd_2O_3 entweder in der Modifikation B oder A und ähneln hierin weitgehend den Sesquioxyden vom La, Ce, Pr, Nd, sind also den Ceriterden zuzurechnen.

Schon dieser qualitative Überblick über das krystallographische Verhalten der Sesquioxyde der seltenen Erden führt also zu chemisch sehr interessanten Folgerungen, welche sich auch noch weiter präzisieren lassen: man müßte z. B. auf

¹⁾ Vgl. hierüber das Referat von F. PANETH; Naturwissenschaften 13, 805. 1925. Dort finden sich auch die bisherigen Arbeiten von GOLDSCHMIDT, darunter die hier referierte IV. und V. Mitteilung zitiert.

Grund der GOLDSCHMIDTSchen Überlegungen erwarten, daß bei erhöhter Temperatur, etwa im Bereich zwischen 300° und 800° eine leichtere Trennbarkeit von Lanthan und Praseodym möglich sei, da bei dieser Temperatur bereits die A-Modifikation des La die stabile ist, während Pr noch in der B-Modifikation kristallisiert.

Für die Durchführung der quantitativen Krystallgitterbestimmungen war eine wichtige präparative Voraussetzung zu leisten: die Herstellung makroskopischer Einkristalle, da im Falle der niedriger symmetrischen Modifikationen aus den Pulverdiagrammen keine vollständige Strukturanalyse durchführbar war. Diese Herstellung künstlicher Einkristalle gelang dadurch, daß eine Preßpille des betreffenden Materials am Rande einer Acetylenauerstoffgebläseflamme zusammengesintert wurde, wobei sich unter geeigneten Abkühlungsverhältnissen große einheitliche Krystalltropfen bildeten.

Die *Krystallart A* ist trigonal (pseudohexagonal);

Tabelle 1. *Sesquioxyde vom Typus R_2O_3 .*

Na_2O_3	B_2O_3				N_2O_3		$S_2O_3?$					
K_2O_3	Al_2O_3				P_2O_3							
	Sc_2O_3											
	Cu_2O_3			Ga_2O_3	Ti_2O_3	V_2O_3	Cr_2O_3	$Se_2O_3?$	Mn_2O_3	Fe_2O_3	Co_2O_3	Ni_2O_3
Rb_2O_3	Y_2O_3			In_2O_3		Nb_2O_3	As_2O_3					
Cs_2O_3							Sb_2O_3	Mo_2O_3		Ru_2O_3	Rh_2O_3	
	La_2O_3 und Lanthaniden									Os_2O_3	Ir_2O_3	
	Au_2O_3		Tl_2O_3		Pb_2O_3		Bi_2O_3					
	Ac_2O_3											

Lanthaniden: Ce_2O_3 , Pr_2O_3 , Nd_2O_3 — Sm_2O_3 , Eu_2O_3 , Gd_2O_3 , Tb_2O_3 , Dy_2O_3 , Ho_2O_3 , Er_2O_3 , Tu_2O_3 , Yb_2O_3 , Cp_2O_3 .

Tabelle 2. *Würfelkantenlänge a der Krystallart C in Å als Funktion der Atomnummer Z .*

$Z =$	21	39	57	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
	Sc	Y	La	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tu	Yb	Cp
$a =$	9,79	10,60	11—12	10,85	10,84	10,79	10,70	10,63	10,58	10,54	10,52	10,39	10,37

die Krystalle spalten ausgezeichnet nach der Basisfläche und sind weicher als irgendeine andere Krystallart der seltenen Erden. Beim La_2O_3 wurde sie bei 550° , 1100° und 1300° ; beim Ce_2O_3 bei 1250° erhalten. Ebenso konnte sie bei Pr und Nd sichergestellt werden; beim Sm deutete die Struktur der Erstarrungsprodukte daraufhin, daß beim Schmelzpunkt A stabil ist, was auch später durch Röntgendiagramme schnell gekühlter Tropfen von Sm_2O_3 bestätigt wurde.

Die *Krystallart B* tritt in verschiedenen Untermodifikationen auf, deren Struktur noch nicht völlig klargestellt ist. Es existiert bei manchen Elementen (Pd, Nd, Sm) eine niedrig symmetrische, optisch zweiachsige Modifikation B_1 , die entweder rhombisch oder monoklin (pseudotrigonal) ist und wegen ihrer niedrigen Symmetrie bisher nicht aufgeklärt werden konnte. Vom Gd (auch vom Sm) wurde eine andere Modifikation B_2 erhalten, die trigonal ist.

Die *Krystallart C* ist kubisch; der Elementarkörper enthält in allen Fällen 16 Molekeln R_2O_3 ; sie ist infolge ihrer hohen Symmetrie am besten studiert und liefert die sichersten Anhaltspunkte für die Diskussion der mit den Gitterdimensionen zusammenhängenden Eigenschaften; die Tab. 2

enthält das gefundene Zahlenmaterial. Aus ihr läßt sich folgendes entnehmen:

Während innerhalb einer Vertikalkolonne des periodischen Systems die Gitterdimensionen einander entsprechender Verbindungen — z. B. der Alkalichloride — mit steigender Atomnummer zunehmen, was dem Einbau je einer neuen Edelgaschale entspricht, nehmen innerhalb der Horizontalreihe der auf das La folgenden Elemente — der sog. Lanthaniden — die Gitterdimensionen der Sesquioxyde ständig ab. Dies entspricht den atomtheoretischen Vorstellungen BOHRs bzw. LADENBURGS, die in diesem Gebiet des periodischen Systems den Einbau der neu hinzukommenden Elektronen in eine innere Schale des Elektronengebäudes bei konstant bleibender Valenz vorhersehen. Die Abnahme der Atomvolumina in der Lanthanidenreihe — GOLDSCHMIDT nennt sie die Lanthanidenkontraktion — ist so regelmäßig, daß man aus ihr mit beträchtlicher Sicherheit die Gitterkonstante für die noch nicht dargestellte

C-Modifikation des La_2O_3 zu 11—12 Å extrapolieren kann. Die Gitterkonstanten der Sesquioxyde nehmen also in der dritten Vertikalreihe des periodischen Systems in folgender Weise zu.

Sc	Y	La
9,79	10,60	11—12

Es scheint nun der Grad der chemischen Ähnlichkeit der einzelnen Elemente der seltenen Erden dem Verlauf der Gitterkonstanten bei analogen Modifikationen parallel zu gehen.

So zeigt Sc mehr Ähnlichkeit mit Y als mit La, es gibt ferner unter den Lanthaniden einige Paare, die sich durch einen besonders hohen Grad chemischer Ähnlichkeit auszeichnen. Dies sind Samarium-Europium (10,85 und 10,84), Erbium-Thulium (10,54, 10,52) und Ytterbium-Cassiopeium (10,39, 10,37). Dieselben Paare sind auch bezüglich ihrer Gitterdimensionen einander besonders ähnlich, wie die eingeklammerten Zahlen erkennen lassen.

Besonders nahe stehen sich ferner in chemischer Beziehung Yttrium und Holmium, was bei dem großen Unterschied in den Atomgewichten bisher nicht recht erklärlich war. Die Tabelle zeigt, daß der Unterschied der Gitterkonstanten von Y_2O_3 und Ho_2O_3 nur 0,02 Å beträgt, verlangt also für diese beiden Elemente große chemische Ähnlich-

keit. In den Mineralien findet man als ständige Begleiter des Yttriums die Elementenreihe Samarium-Cassiopeium, hingegen nur selten die die Elemente La, Nd, Pr, welche dem Y kristallochemisch ferner stehen, wenn sie auch im periodischen System sich in größerer Nähe befinden. Schließlich zeigt das Scandium, dessen Gitterkonstante aus dem Lanthanidenbereich vollkommen herausfällt, relativ die größte chemische Ähnlichkeit mit den beiden letzten Elementen Ytterbium-Cassiopeium, denen es auch mit Bezug auf seine Gitterdimensionen am nächsten kommt. Auch in geochemischer Beziehung lehrt die Erfahrung, daß in Mineralien, die viel Scandium enthalten, auch Cassiopeium und Ytterbium vor allen anderen Lanthaniden am reichsten vorhanden sind, obwohl sie die schwersten Yttererden darstellen.

Die Größe der Volumskontraktion nimmt mit steigender Ordnungszahl ab, ein Umstand der für den Atombau der Lanthaniden von Wichtigkeit sein dürfte.

Aber die Wirkung der Lanthanidenkontraktion — des Einbaues der hinzukommenden Elektronen in innere Schalen — erstreckt sich auch noch auf die folgenden Elemente von höherer Ordnungszahl als 71. Die Tabelle 3 zeigt als Beispiel die Gitter-

Tabelle 3. Gitterdimensionen in Angström.

Vor der Lanthanidenreihe			Hinter der Lanthanidenreihe	
	a	c		
Ti	2,97	4,72	Cu	3,615
Zr	3,23	5,14	Ag	4,070
Ce	3,65	5,96	Au	4,08
Cas	4,760		Ni	3,53
Sr(O)	5,104		Pd	3,873
BaO	5,496		Pt	3,903
			Co	3,554
			Rh	3,795
			Zr	3,823
			Cr	2,895
			Mo	3,143
			W	3,150

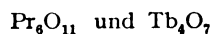
dimensionen mehrerer homologer Elemente vor und hinter der Lanthanidenreihe. Während z. B. von Titan-Zirkon-Cer oder Calcium-Strontium-Barium die Gitterkonstanten nur zunehmen, weil alle drei Elemente vor der Lanthanidengruppe stehen, verhalten sich Kupfer, Silber, Gold anders. Hier erfolgt vom Cu zum Ag die normale Zu-

nahme des Atomvolumens, während die vom Ag zum Au zu erwartende Zunahme durch die dazwischen liegende Lanthanidenkontraktion gerade kompensiert wird. Dasselbe findet man auch bei den anderen aufgeführten Elemententrios, von denen immer die ersten beiden vor, das dritte im System hinter den seltenen Erden steht. Das hohe spezifische Gewicht der Elemente Tantal, Wolfram, Osmium, Iridium, Platin, Gold wird hierdurch als Folge der Schalenkonstruktion der Atome und ihrer speziellen Eigenschaften bei den Lanthaniden verständlich.

Auch die große kristallochemische Ähnlichkeit zwischen Zirkon und Hafnium ist eine direkte Folge der Lanthanidenkontraktion, denn die Untersuchungen G. v. HEVESYS haben gezeigt, daß sowohl die Elemente Zr und Hf als auch zahlreiche Verbindungen (ZrO_2 und HfO_2 bzw. $(NH_4)_3ZrF_7$ und $(NH_4)_3HfF_7$) sehr ähnliche Gitterdimensionen besitzen.

Diese systematische Untersuchung GOLDSCHMIDTS ist wohl bisher der eindrucksvollste Beweis für die engen Zusammenhänge zwischen Atombau, Kristallstruktur und chemischen Eigenschaften.

Neben den bisher erwähnten Ergebnissen enthalten die GOLDSCHMIDTSchen Arbeiten aber noch reiches Material über andere Oxyde der seltenen Erden, besonders über die komplizierter gebauten Verbindungen



die kubisch kristallisieren und je 32 Metallatome im Elementkörper enthalten. Sie lassen sich in kristallgeometrischer Beziehung entweder als Mischkristalle oder als Doppelverbindung von RO_2 und R_2O_3 auffassen.

Auch über Mischkristalle von Sc_2O_3 und In_2O_3 , Y_2O_3 und Tl_2O_3 sowie von Y_2O_3 und Bi_2O_3 wurden Untersuchungen angestellt und die letzteren in makroskopischen Individuen von oktaedrischer Spaltbarkeit erhalten.

Es würde an dieser Stelle zu weit führen alle Einzelheiten dieser großangelegten Untersuchung zu erwähnen; viele wertvolle Erkenntnisse liegen schon vor, aber alles ist noch im Fluß und man darf mit Erwartung den weiteren Ergebnisse entgegensehen.

Nordlichtphotographien vom südlichen Norwegen zur Bestimmung der Höhe und Lage des Nordlichtes.

VON CARL STÖRMER, Oslo.

Von 1911 an sind von meinen Stationen im südlichen Norwegen aus systematische Nordlichtaufnahmen gemacht worden, zu dem Zweck, die Höhe und Lage des Nordlichtes zu bestimmen. Es ist meinen Mitarbeitern und mir in den Jahren 1911—1922 gelungen, über 300 gute Photographie und mehrere Hundert gute Einzelphotographien aufzunehmen. Das Ausmessen und Berechnen des gesamten Materials kam Anfang dieses Jahres zum

Abschluß, worauf der Bericht hierüber der Akademie der Wissenschaften in Oslo eingeleistet worden ist, um in „Geofysiske Publikationer“ gedruckt zu werden. Auf die Ergebnisse, die einen guten Überblick über Höhe und Lage des Nordlichtes über dem südlichen Norwegen gewähren, werde ich bei einer späteren Gelegenheit zurückkommen.

In den Jahren 1923, 1924, 1925 und 1926 ist

die Arbeit von sechs miteinander telephonisch verbundenen Nordlichtstationen aus fortgesetzt worden. Wir haben es zu etwa 250 weiteren wohl gelungenen Nordlichtphotogrammen und mehreren Hundert Einzelphotographien gebracht, einem Material, dessen Bearbeitung interessante und ergänzende Aufschlüsse über die Höhe des Nordlichtes ergeben wird. Doch sind bisher nur einzelne der Aufnahmen berechnet und gemessen worden.

Hier sei ein näherer Bericht abgelegt über das besonders interessante Material, das wir bei den großen Nordlichtern im Januar und März dieses Jahres sammeln konnten.

Im folgenden sind alle Zeiten als Greenwicher

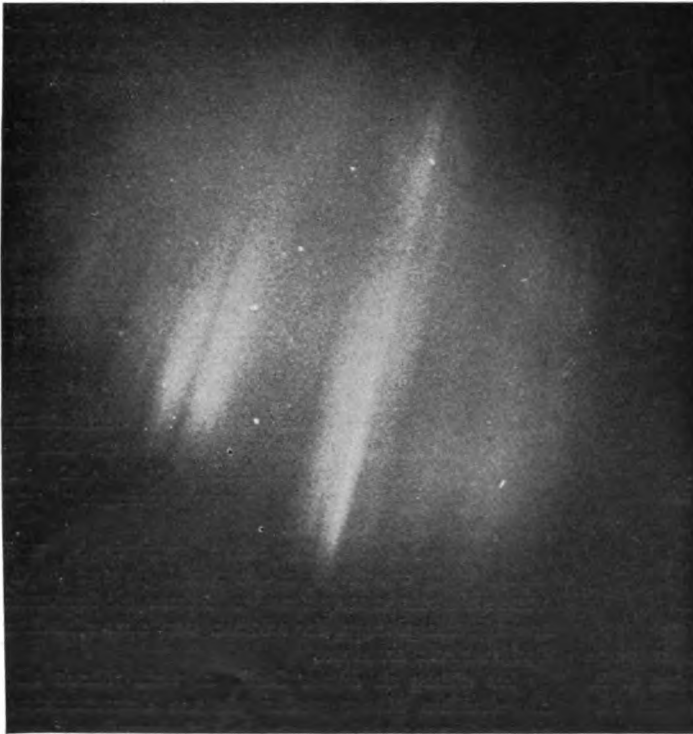


Fig. 1. Nordlichtdraperie, von mir um 18^h 36^m von Bygdö aus aufgenommen. Die Sterne des Großen Bären sind deutlich zu erkennen.

Zeit angegeben, und zwar von 0^h bis 24^h, 0^h um Mitternacht.

Das Nordlicht des 26. Januar zeigte sich im südlichen Norwegen, obwohl der Vollmond die Lichtwirkung bedeutend abschwächte, in wunderbarer Pracht. Von meinen 6 Stationen waren 4, nämlich Bygdö (B), Oslo Observatorium (C), Tömte (T) und Oscarsborg (O) tätig. Die Telephonleitung nach der Station Dombaas (D) war in Unordnung, und auf der Station Kongsberg (K) war leider mein ausgezeichnete Assistent, Herr BUSENGEDAL, krank geworden.

Der Mondschein beeinträchtigte das Photographieren in erheblicher Weise, zudem war die

Station Tömte erst kürzlich errichtet worden, so daß meinem Assistenten dort die erforderliche Übung fehlte. Es wurden 29 Photogramme mit Basis B—T, und 43 mit Basis C—O aufgenommen. Die meisten Photogramme der Basis B—T waren mißglückt, aber etwa 20 der anderen Photogramme mit Basis C—O erwiesen sich als wohl gelungen. Außerdem gelang es, eine Reihe von Aufnahmen der Nordlichtkrone für die Bestimmung des Radiationspunktes zu machen.

Von meiner Station B aus erblickte ich das Nordlicht zuerst um 17^h 40^m als einen gelbgrünen Bogen im Norden; dieser verschwand schnell, aber dann erschienen im Nordwesten eigentümlich violett rötlichleuchtende Flächen, die an Umfang und Lichtstärke allmählich zunahmen. Sie erschienen diffus, und es war mir nicht möglich, irgendeine Andeutung von Strahlen darin zu erblicken. Von dieser Nordlichtform wurden zwischen 17^h 54^m und 18^h sechs Aufnahmen gemacht (auf Sonia EW.-Platten von Herzog, Bremen), und auf diesen treten *dem Auge unsichtbare Strahlen* wie kurze, feine Nordlichtstrahlen hervor. Leider erhielt ich von dieser merkwürdigen Erscheinung, die ich schon bei einer früheren Gelegenheit ¹⁾ beobachtet hatte, keine Photogramme.

Das rötliche, diffuse Nordlicht zog sich allmählich mehr nach Westen hinüber und entwickelte sich quer über den ganzen Himmel, über den Zenit von Westen nach Osten hin zu einem prachtvollen roten Bogen. Gleichzeitig erschien südlich davon ein gelbgrüner Bogen, und diese beiden Bogen zusammen bildeten einen Anblick voll unvergleichlicher Schönheit. Die Verbindung zwischen meiner Station Bygdö und der Station Tömte war etwa um 18^h 30^m hergestellt, und von beiden Bogen wurde nun eine Reihe von Photogrammen genommen. Leider mißlangen diese, unter anderem weil mein ungeübter Assistent vergessen hatte, den Deckel der Kasette herauszuziehen, aber doch zeigt wenigstens eine der Photographien von Bygdö deutlich die beiden Bogen nach Westen zu. Von Dänemark und von Mittelnorwegen sind mir Beschreibungen der Erscheinung zugegangen, die dartun, daß der rote Bogen erheblich höher in der Atmosphäre lag als der grüne.

Um 18^h 42^m nahm ich mit Basis B—T (48 km) ein sehr gutes Photogramm des grünen Nordlichtbogens am südlichen Himmel über dem Sternbild des Orion auf.

Um 18^h 50^m hatte sich der rote Bogen in lange rote Strahlen aufgelöst, die beim Sternbild Perseus

¹⁾ Siehe Naturwissenschaften 1923, S. 338.

eine prachtvolle Nordlichtkrone bildeten. Von dieser Krone gelang es uns, sieben sehr gute Aufnahmen zu machen, deren eine um $18^h 51^m 44^s$ besonders wohl gelungen war.

Die Messung dieses Bildes und eines gleichzeitig von Oslo Observatorium aus genommen zeigt eine ungewöhnliche Höhe des Radiationspunktes, 72° über dem Horizont. Das Mittel von 61 Photographien der Jahre 1911—1922 zeigt 70° .

Die telephonische Verbindung zwischen den Stationen C und O (Basis 26 km) war um $20^h 39^m$ hergestellt, und eine lange Reihe von Photogrammen wurde nach Süden und Osten hin aufgenommen.

Das Nordlicht trat etwa um $19^h 30^m$ in eine ruhigere Periode ein, wurde aber gegen 21^h abermals lebhafter und zeigte Draperie- und Strahlenbildungen. Während dieser zweiten Nordlichtentwicklung war die rote Farbe im Nordosten ungewöhnlich intensiv und weit verbreitet. Von der Nordlichtkrone wurden fünf Photographien zwischen $22^h 8^m$ und $22^h 17^m$ aufgenommen, doch sind diese noch nicht ausgemessen und auch nicht die neun wohl gelungenen Photogramme mit Basis C—O.

Gegen $22^h 30^m$ wurde das Nordlicht wieder ruhiger, flammte aber um Mitternacht herum (Greenwicher Zeit) zum drittenmal auf. Während dieses letzten Aufleuchtens wurden zehn gute Photogramme mit Basis C—O genommen. Das Nordlicht nahm nun allmählich die mehr gewöhnlich gelbgrüne bis weißliche Farbe an, und die besonders kräftige Kronenentwicklung war grünlich bis violett gefärbt. Während der Kronenentwicklung (gegen 1^h am 27. Januar) war das Nordlicht besonders heftig, voll starker Intensivität und rascher Beweglichkeit; von der Krone wurde eine Reihe von Aufnahmen mit der Belichtungszeit von etwa einer Sekunde gemacht. Leider treten wegen dieser kurzen Belichtungsdauer keine Sterne auf den Platten hervor, doch sind die Strahlen der Nordlichtkrone sehr scharf zu sehen. Während dieser Entwicklung strahlte der ganze Himmel über Bygdö im Nordlichtschein. Da die vielen Nordlichtphotogramme noch nicht ausgemessen und berechnet sind, müssen wir uns hier auf die obigen Mitteilungen über dies große Nordlicht beschränken.

Am 24. Februar zeigte sich das Nordlicht zwischen $18^h 15^m$ und $18^h 50^m$ abermals mit schönen, am nördlichen Himmel (Bygdö) bis hinauf zum Polarstern sich erstreckenden Draperien, und im Taschenspektroskop konnte ich die Nordlichtlinie im Zenit und am südlichen Himmel sehen; leider

wurde aber das Photographieren durch Wolkenbildungen erschwert und Photogramme wurden überhaupt nicht genommen.

Das nächste große Nordlicht traf am 5. März ein, und der klare, dunkle Himmel, ohne Mondschein, bot diesmal erheblich günstigere Bedingungen zum Photographieren. Schon um 18^h zeigten sich auf Bygdö am Zenit und am nördlichen Himmel lange Strahlen. Ich rückte sofort aus und kam mit meiner Station Tömte, wo mir der Südpolarfahrer Herr CARSTEN BORCHGREVINK Beistand leistete, um $18^h 30^m$ in Verbindung. An diesem Abend glückte es uns, 48 Photogramme, darunter 30 wohl gelungene, zu nehmen. Die ersten Auf-



Fig. 2. Dieselbe Nordlichtdraperie, gleichzeitig von CARSTEN BORCHGREVINK von Tömte aus aufgenommen. Die Parallaxe im Verhältnis zu denselben Sternen ist deutlich erkennbar.

nahmen galten einer prachtvollen Strahlendraperie im Norden. Fig. 1 und Fig. 2 stellen die besten Photogramme dieser Draperie dar. Die lange Basis B—T von 48 km ergab eine große Parallaxe und eine gute Höhenbestimmung.

Wie es sich herausstellte, lag die Draperie ungewöhnlich hoch. Vier, an der Strahlenbasis gewählte Punkte ergaben eine Höhe von 135, 132, 131 und 137 km über der Erdoberfläche. Der längste Strahl reichte mindestens 350 km hoch, wahrscheinlich sogar noch höher.

Von dieser interessanten Strahlendraperie nahmen wir zwischen $18^h 36^m$ und $18^h 50^m$ etwa

zehn Photogramme. Sie sind noch nicht vollständig ausgemessen und berechnet, es zeigt sich aber jedenfalls, daß die Draperie sich in der Atmosphäre mit dem unteren Rand immer tiefer herabsenkte, während sie gleichzeitig, besonders dem unteren Rand zu, an Lichtstärke zunahm. Gleichzeitig bildete sich aus langen gelbgrünen, weißlichen und violetten Strahlen eine prachtvolle Krone, von der wir eine Reihe ausgezeichneter Aufnahmen machen konnten.

Nach Süden hin war das Nordlicht von einem unregelmäßig geformten Bogen in der Gegend des Orion begrenzt.

Etwa um 20^h 10^m war die erste lebhafteste Periode dieser Nordlichterscheinung vorbei. Eine neue nahm etwa um 21^h 10^m ihren Anfang, indem im Norden ein, allmählich immer deutlicher werdender diffuser Bogen erschien, dessen unterer Rand nach und nach immer stärker hervortrat. Von diesem Bogen wurden drei sehr gute Photogramme mit Basis B—T genommen. Etwa um 21^h 27^m setzte längs dieses Bogens die Entwicklung von diffusen Strahlen ein, die sich zu schönen Draperien und verschiedenfarbigen Strahlen bis zum Zenit hinauf weiterentwickelten. Das Nordlicht erstreckte sich nun immer mehr in südlicher Richtung, und wir hatten reiche Gelegenheit zur Aufnahme guter Photographien, um so mehr, als die Stationen C, O und K ebenfalls in Tätigkeit traten. Besonderes Interesse bieten sieben Photogramme, die gleichzeitig von den ein Dreieck mit Seiten von 48, 105 und 64 km bildenden Stationen B, T und K aus genommen wurden. Die Berechnung der Höhe des Nordlichtes je nach Wahl einer der Dreieckseiten wird sich als eine gute Kontrolle für die Richtigkeit der Höhenbestimmungen erweisen¹⁾. Auch von den Stationen C und O aus wurde eine Reihe guter Photogramme von ost- und südwärts gehenden Strahlen aufgenommen. Das Nordlicht reichte während dieser zweiten Periode südwärts bis Procyon hinunter. Diese Periode dauerte etwa bis um 22^h. Später war von diesem Nordlicht nur noch ein diffuser Bogen am nördlichen Horizont übrig.

Das dritte große Nordlicht erschien am 9. März, war aber nur von kurzer Dauer. Ich selbst war leider in Oslo beschäftigt, so daß ich erst um 19^h 30^m auf das Nordlicht aufmerksam wurde²⁾. In der Zeit von 19^h 35^m und 19^h 45^m bildete sich eine prachtvolle Krone aus roten und grünen Strahlen, während es um das Sternbild Perseus in starkem

Rot leuchtete. Nach Süden hin reichte das Nordlicht bis zum Gürtel des Orion hinab, wo eine kräftig gelbgrüngefärbte Partie sich bis über den α -Orionis erstreckte. Etwa um 19^h 45^m beobachtete ich um den Radiationspunkt der Krone herum starkes Pulsieren.

Ehe meine Stationen bereit sein konnten, hatte das Nordlicht den Höhepunkt seiner Tätigkeit schon überschritten, so daß leider nur einige wenige Photogramme und von der Station T aus einzelne Aufnahmen der Nordlichtkrone gemacht werden konnten.

Andere Nordlichter wurden beobachtet und von einer oder mehreren Stationen aus Aufnahmen davon gemacht an folgenden Tagen: am 10., 11., 13., 23. Februar, am 3., 10., 11., 12., 13., 14., 16., 19. und 21. März, am 10. April und 3. Mai.

In Verbindung mit diesen Erscheinungen mag folgende Mitteilung, die mir in einem, vom 12. März datierten Brief von Herrn Ingenieur BOLDERMO aus Hemnesberget, Ranen, (etwa 66° nördlicher Breite) zugeht, Interesse haben:

„Vor etwa 3 Wochen bemerkte ich, daß die Nordlichter meinen Radioapparat beeinflussen und zwar ließ sich jedesmal, wenn die Nordlichter am Zenit und am Südhimmel standen, im Telefon ein knirschendes Geräusch hören. Ich schaltete die Antenne des Apparates aus, worauf es sich zeigte, daß sie statische Ladungen besaß. Diese entluden sich erdwärts in einer Entfernung bis zu 15 mm etwa dreimal in der Sekunde. Je nachdem die Nordlichter erloschen, verschwand auch nach und nach die Ladung. Es war beinahe ganz klar und schwacher Wind. Dieselbe Erscheinung habe ich später noch dreimal beobachtet.“

Herr BOLDERMO teilte mir in einem späteren Brief mit, daß seine Antenne vom untersten Stockwerk des Hauses bis zur Spitze einer Flaggenstange etwa 12 m über der Erde gestreckt sei.

Dieselbe Erscheinung ist mir von Herrn Ingenieur FRÖISLAND aus Østre Slidre während des Nordlichtes vom 26. Januar berichtet worden, sowie von Herrn Ingenieur M. R. HENNIG aus Angermanland, Schweden, während des Nordlichtes am 9. März.

Eine nähere Untersuchung, ob das Nordlicht — so wie es die obigen Mitteilungen vermuten lassen — bei bestimmten Gelegenheiten und an bestimmten Stellen einen Einfluß auf den elektrischen Zustand der Atmosphäre nahe der Erdoberfläche übe, würde großes Interesse haben. Sollte der Potentialunterschied an der Erdoberfläche besonders kräftig werden können, wäre es ja denkbar, daß dies schwache Ausladungen, die hörbar werden, veranlassen könnte, wodurch die vielen Berichte über Nordlichtgeräusche zur Erklärung kommen könnten.

¹⁾ Eine ähnliche Berechnung ist aus „Geofysiske Publikationer“ B. II, Nr. 8 zu ersehen.

²⁾ CARSTEN BORCHGREVINK hatte es schon am 18^h 40^m von der Station T aus beobachtet und einige Aufnahmen davon gemacht.

Die Theorie der Sternentwicklung von Jeans¹⁾.

Seitdem die astrophysikalischen Beobachtungsergebnisse einen tieferen Einblick in die physikalische und chemische Konstitution der Fixsterne gewährt haben, sind mehrere Versuche unternommen worden, das Problem der Entwicklungsgeschichte der Sterne zu lösen, und das am Himmel beobachtete räumliche Nebeneinander der verschiedenen Entwicklungsstadien in ein zeitliches Nacheinander überzuführen. In neuerer Zeit hat dieses Problem noch eine weitere Komplikation erfahren durch die Erkenntnis, daß im Innern der Sterne uns zur Zeit noch unbekannte Energiequellen bestehen müssen, welche die Energieverluste infolge der Ausstrahlung in den Weltraum decken. Astronomische und geologische Untersuchungen verlangen ein so großes Lebensalter für die Sonne und die Fixsterne, daß die uns bekannten Energiequellen längst versiegt wären.

Eine vollständige Entwicklungstheorie wird ferner auch die Sonderprobleme der Doppelsterne und der Veränderlichkeit der Helligkeit der Sterne in den Rahmen des allgemeinen Entwicklungsganges einordnen müssen. Die große Zahl der Doppelsterne zeigt, daß diese Objekte keine seltenen Formen, welche die stellare Materie nur in Ausnahmefällen annimmt, sind. Ebenso läßt die große Häufigkeit der veränderlichen Sterne erkennen, daß sie ein Entwicklungsstadium darstellen, durch welches ein großer Teil der Sterne in ihrer Entwicklung hindurchgeht.

Die älteste Entwicklungstheorie, die sog. Harvard-schema nahm an, daß die weißen Sterne mit den Spektren hoher Temperatur (*O*, *B* und *A*) die jüngsten Sterne seien, die gelben Sterne der Spektraltypen *F* und *G* mittlere Stufen der Entwicklung und die roten Sterne der Typen *R* und *M* die ältesten Stadien, welche bereits zu den unsichtbaren, erkalteten Sternen überleiten, darstellen. Diese Anschauung mußte verlassen werden, als sich herausstellte, daß in den Spektraltypen mittlerer und niederer Temperatur *F*, *G*, *K* und *M* 2 Gruppen von Sternen, die gänzlich verschiedene Konstitution aufweisen, vorkommen. Während die erste Gruppe Sterne mit großen Dimensionen und geringen Dichten enthält, besitzen die Vertreter der zweiten Gruppe geringe Dimensionen und große Dichte. Die Entdeckung der Riesen und Zwerge, wie die Sterne dieser beiden Gruppen bezeichnet wurden, führte zu dem RUSSELL-HERTZSPRUNGSCHEN Entwicklungsschema.

In demselben sind die roten Riesensterne riesige Gasbälle niederer Temperatur und geringer Dichte, die jüngsten Stadien der Sternentwicklung. Unter ständiger Kontraktion und der damit verbundenen Temperatursteigerung durchläuft der Gasball die Riesenstadien der Spektralklassen *M*, *K*, *G* und *F*, bis infolge der wachsenden Dichte die Gasgesetze ihre Gültigkeit verlieren und die Kontraktion keine Temperatursteigerung mehr bewirkt. Nach Durchlaufen der Spektraltypen hoher Temperatur *A* und *B* wird der Stern sich jetzt infolge der Abkühlung zusammenziehen und mit wachsender Dichte und abnehmender Leuchtkraft die Zwergstadien der Spektralklassen in der Reihenfolge *A*, *F*, *G*, *K* und *M* durchlaufen.

Trägt man in ein Diagramm (s. Fig.) die Leuchtkräfte als Funktion der Temperatur oder Spektralklasse ein, so erhält man die in der Figur angegebene

Verteilung der die einzelnen Sterne repräsentierenden Punkte, 1–9 sind Sterne des Riesen; 10–18 Sterne des Zwergastes. Das Entwicklungsschema weist zwei Äste auf, mit auf- bzw. absteigender Temperatur; die Dichte nimmt während des Entwicklungsganges ständig zu.

In den letzten Jahren sind nun einige Sterne mit Spektren hoher Temperatur (Typus *B* und *A*) aufgefunden worden, die sehr geringe Leuchtkraft besitzen, also im Diagramm in der linken unteren Ecke

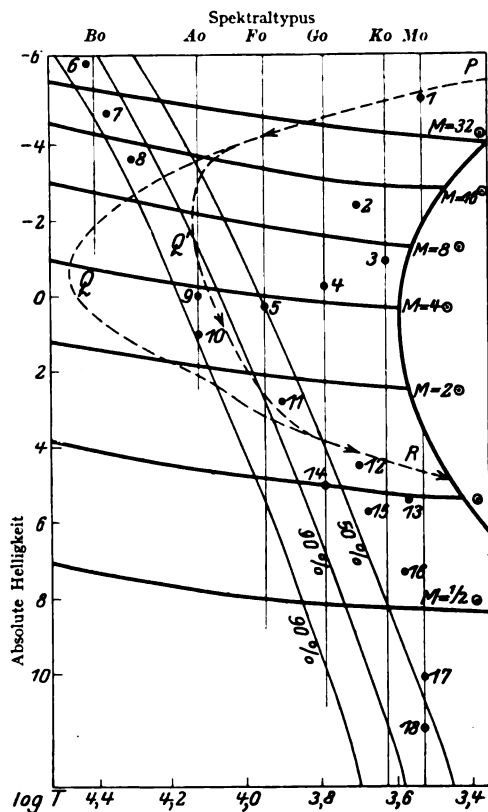


Diagramm der absoluten Leuchtkräfte als Funktion der Temperatur und des Spektraltypus. Folgende Sterne sind eingetragen: 1. Antares, 2. δ -Cephei, 3. Arcturus, 4. 5. Capella, 6. BD 6° 1309, 7. V-Puppis, 8. Y-Cygni, 9. β -Aurigae, 10. Sirius, 11. Procyon, 12. 13. α -Centauri, 14. Sonne, 15. 16. ξ -Bootis, 17. 18. Krüger 60.

einzuzeichnen wären. Abgesehen von ihrer gänzlich isolierten Stellung ohne Verbindung mit den beiden Entwicklungsreihen der Riesen und Zwerge, weichen sie auch bezüglich ihrer physikalischen Konstitution gänzlich von den übrigen Sternen ab. Für die Dichte ergeben sich sehr große Werte, z. B. für den Siriusbegleiter, der zu diesen Sternen gehört, der Wert 56 000 in Einheiten der Sonnendichte.

Man wird also eine Änderung des Entwicklungsschemas vornehmen müssen, welches diese sog. weißen Zwerge in dasselbe einzuordnen gestattet. Noch ein anderer Punkt zwingt zu einer Revision unserer bisheri-

¹⁾ Monthly Notices R. A. S. 1925. Januar, März, Juni, Oktober 1925.

gen Ansichten über die Sternentwicklung. Die beiden oben kurz skizzierten Theorien setzen voraus, daß die Masse eines Sternes während seiner ganzen Entwicklung konstant ist. Die in den letzten Jahren stattgefundenen Erörterungen der Frage der Energieerzeugung im Innern der Sterne zeigen, daß alle neuen Theorien von der Annahme ausgehen, daß eine Umwandlung von Materie in Energie im Sterninnern stattfindet, wodurch die Strahlungsverluste gedeckt werden. Eine derartige Überführung von Masse in Energie bedingt aber einen Massenverlust; die Masse eines Sternes wird daher im Laufe seiner Entwicklung abnehmen.

Während bezüglich dieser allgemeinen Grundlagen die neueren Theorien übereinstimmen, gehen die Ansichten hinsichtlich der Gesetze, welche die Verwandlung der Masse in Energie regeln, weit auseinander. RUSSELL nimmt die Existenz einer kritischen Temperatur im Sterninnern an, oberhalb welcher die Überführung von Materie in Energie sehr stark mit der Temperatur wächst. JEANS dagegen geht in seinen Arbeiten von der Annahme aus, daß die physikalischen Zustände im Sterninnern in keiner Weise die Energieerzeugung beeinflussen, der Vorgang also mit den radioaktiven Prozessen zu vergleichen ist. Nicht die gesamte Masse ist in Strahlungsenergie transformierbar, es wird die Existenz mehrerer Arten von Materie postuliert. Je nach dem Mischungsverhältnis der verschiedenen Materiearten in den einzelnen Sternen, werden dieselben verschieden stark strahlen. Die im Innern erzeugte Energie wird dabei auf dem Wege durch den Stern in die von uns beobachtete Strahlung verwandelt. JEANS weist noch darauf hin, daß bei den roten Riesen, die nur eine sehr geringe Dichte besitzen, vielleicht ein Teil der nicht modifizierten Strahlung die Oberfläche erreicht und in den Weltraum ausgestrahlt wird. Hierdurch würde sich die im letzten Jahrzehnt entdeckte Höhenstrahlung möglicherweise erklären lassen.

Ausgehend von der Forderung, daß der Stern sich während der Entwicklung im stabilen Gleichgewicht befinden muß, führt die mathematische Behandlung des ganzen Problems zu einer Beziehung zwischen der Masse M , der Oberflächentemperatur T und der Strahlung E , die sich genähert durch die Gleichung $2^{1/2} \lg E = \varphi(M) + c \lg T + \text{constans}$ ausdrücken läßt. $\varphi(M)$ ist eine nur von der Masse M abhängige Funktion, die mit wachsenden Werten von M langsam zunimmt: c hängt von der Temperatur ab, bei vollständiger Ionisation der Materie, also hoher Temperatur, ist $c = 2$, für Sterne vom Typus unserer Sonne ist $c = 1$ und für tiefere Temperaturen kann c negativ werden. Die obige Gleichung stellt die Bedingung stabilen Gleichgewichtes dar, wenn also Strahlungsemission und Energieerzeugung sich decken. Ein Stern mit gegebener Masse und Strahlung wird seine Oberflächentemperatur so justieren, daß die obige Beziehung erfüllt ist, er besitzt in der Temperatur also eine Kompensationsmöglichkeit, die ihm die Aufrechterhaltung des stabilen Gleichgewichtes gestattet. Die dynamische Stabilität ist noch an die Bedingung gebunden, daß c positiv sein muß; mit abnehmender Temperatur im Laufe der Entwicklung wird daher ein Instabilwerden eintreten. In dem Diagramm der Leuchtkräfte (s. Fig.) entspricht jedem Punkte eine bestimmte Masse, die mit der betreffenden Temperatur und Leuchtkraft durch die obige Gleichung verbunden ist. Im Diagramm sind die horizontalen schwach geneigten Linien, die Kurven gleicher Masse. Auf der rechten Seite der Figur ist die Stabilitätsgrenze (Übergang von positiven zu negativen Werten der Größe c) durch die stark ausgezogene Kurve markiert. Das dadurch ab-

gegrenzte Gebiet instabiler Figuren fällt, was von besonderem Interesse ist, mit der Lücke zwischen den roten Zwergen zusammen. Im Rahmen der JEANSschen Untersuchung können in diesem Gebiete keine Sterne erwartet werden, da sie instabil sind.

Aber nicht nur nach der Seite der niedrigen Temperaturen findet eine Begrenzung statt, auch in Richtung der hohen Temperaturen liegt eine Stabilitätsgrenze. Ist die Energieerzeugung ein mit dem Zerfall der Atome zusammenhängender Prozeß, wie es JEANS annimmt, so wird die bei wachsender Ionisation eintretende Entblößung der Atomkerne von Elektronen notwendigerweise eine Verringerung der die Strahlungsenergie erzeugenden Kraft bedeuten. Ist bei steigender Temperatur vollständige Ionisation eingetreten, so hört die Energieerzeugung auf, bis eine Neubildung von Atomen erfolgt ist. Die Ionisationsgrenze 100% kann ein Stern dann nicht überschreiten, er wird wahrscheinlich noch etwas unter derselben bleiben. Berechnet man für die angenommene Atomnummer 20 die Kurven gleichen Ionisationsgrades, so erhält man die im Diagramm von links oben nach rechts unten verlaufenden Linien, welche den Ionisationsgraden 50, 90 und 99% entsprechen. Man sieht, daß die Sterne 6 bis 18 längs dieser Ionisationsgrenze verteilt sind.

Die eigentlichen Lebenslinien der Sterne liegen in dem Gebiet zwischen den beiden eben beschriebenen Stabilitätsgrenzen. Die mathematische Analyse von JEANS zeigt, daß diese Linien eigentlich parabolische Kurven in der Art wie PQR in dem Diagramm sind. Die Kurven der Ionisationsgrade von 90 und 99% begrenzen aber die Entwicklungsmöglichkeiten nach der Seite der hohen Temperaturen, infolgedessen wird der Stern eine Kurve PQR beschreiben.

Die Entwicklung eines Sternes weist also auch in dem neuen Schema einen Zweig aufsteigender Temperatur PQ' und einen mit fallender Temperatur $Q'R$ wie im RUSSELL-HERTZSPRUNGSchen Schema auf. Als roter Riesengasball niedriger Temperatur tritt ein Stern in Erscheinung und durchläuft auf dem Wege PQ die Riesenstadien der Spektraltypen $MKGF$ und A , bis die wachsende Ionisation die weitere Temperatursteigerung verhindert, der Stern ist an der linken Stabilitätsgrenze angelangt. Mit abnehmender Masse und Strahlung wird der Stern jetzt den Zweig $Q'R$ seiner Entwicklung durchlaufen, bis er bei R instabil wird, weil die Energieerzeugung jetzt die Strahlungsverluste nicht mehr decken kann. Der Stern zieht sich zusammen, um wieder ein stabiles Gleichgewicht zu erlangen, was aber nur möglich ist, wenn die Dichte so weit gestiegen ist, daß die Gasgesetze nicht mehr gelten. Hierbei ist nun zu beachten, daß man es nicht mit gewöhnlichen Gas molekülen, sondern mit Elektronen zu tun hat, die viel geringere Dimensionen als die Moleküle besitzen. Die Gasgesetze werden daher ihre Gültigkeit erst bei viel größeren Dichten verlieren wie bei den gewöhnlichen Gasen. Der Stern schrumpft deshalb sehr stark zusammen und weist wie die weißen Zwerge sehr große Dichte auf. In dieses Stadium werden besonders leicht Objekte geraten, die einen großen Prozentsatz der nicht in Energie umwandelbaren Materie enthalten.

Aber noch eine andere Bedingung muß erfüllt sein, damit ein Stern in einen weißen Zwerg übergehen kann. Ist eine merkliche Rotation vorhanden, so wird infolge der bei der Kontraktion eintretenden Dichtevermehrung die Rotationsgeschwindigkeit stark vergrößert und die Gleichgewichtsfigur instabil werden. Es tritt dann, worauf nachher noch näher eingegangen wird, eine Aufspaltung der Masse in mehrere Teile ein. An-

wesenheit von Rotation und die damit verbundene Neigung zum Zerfall bewahren den Stern vor dem Schicksal eines weißen Zwerges.

JEANS zeigt, daß rotierende Sterne, die sich aufspalten, bei der Trennung eine beträchtliche Temperaturerhöhung erfahren. Die Komponenten eines Doppelsystems, welches sich eben gebildet hat, werden Spektren hoher Temperatur aufweisen. Sie werden im Diagramm an der linken Stabilitätsgrenze anzu treffen sein, was auch mit den Beobachtungsergebnissen in gutem Einklang steht. Die spektroskopischen Doppelsterne bevorzugen die Spektralklassen *B* und *A*, unter den *B*-Sternen ist z. B. jeder vierte ein spektroskopischer Doppelstern; außerdem sind die Bahnen dieser Spektralklassen zum größten Teil sehr eng. Besitzt ein Stern eine merkliche Rotation, so wird die Aufspaltung schon früher in seiner Entwicklung einsetzen, bevor er an die rechte Instabilitätsgrenze gelangt.

Über den Zerfall von Einzelmassen in Doppelsterne liegen ausgedehnte Untersuchungen von SCHWARZSCHILD, POINCARÉ u. a. vor. Wie bei den meisten kosmogonischen Untersuchungen spielen Stabilitätsbetrachtungen dabei eine Hauptrolle. Die Ergebnisse beziehen sich zunächst nur auf inkompressible Flüssigkeiten, gelten aber unter gewissen Vorbehalten auch für Gasmassen. Ein Stern wird sich infolge der Rotation abplatteln und während der Entwicklung infolge der Änderungen der Parameter, von denen die Form der Gleichgewichtsfigur abhängt, eine Reihe von Rotationsellipsoiden mit zunehmender Abplattung durchlaufen, bis das Rotationsellipsoid instabil wird, und die Masse jetzt eine sich anschließende Reihe von stabilen dreiachsigen Ellipsoiden passiert. Sind am Ende der großen Halbachse Zentrifugalkraft und Schwere einander gleich, so verliert bei weiterer Verlängerung der großen Halbachse auch das dreiachsige Ellipsoid seine Stabilität. Bisher sind keine an dieses Grenzellipsoid anschließende stabile Gleichgewichtsfiguren gefunden worden.

Wird in diesen Untersuchungen die Entwicklung einer Einzelmasse bis zum Instabilwerden ihrer Gleichgewichtsfigur verfolgt, so untersucht DARWIN in seinen Arbeiten die Entwicklung eines Doppelsternes. Unter dem Einfluß von Energiedissipationsvorgängen wie Gezeitenreibung wird die Bahn eines Doppelsystems, wenn seine Entwicklung rückwärts verfolgt wird, sich immer mehr verengen, bis die beiden Komponenten sich berühren. Auch hier sind für diese ganze Entwicklungszeit stabile Gleichgewichtsfiguren vorhanden.

Eine Lücke bleibt nur für den eigentlichen Aufspaltungsvorgang bestehen. Entweder sind hier noch unbekannte stabile Gleichgewichtsfiguren möglich oder es existieren überhaupt keine, weil statische Stabilität nicht möglich ist und das Problem hier in ein dynamisches übergeht. JEANS hat unter Beschränkung auf 2 Dimensionen gezeigt, daß nach Durchlaufen einer Reihe von instabilen Figuren eine Trennung der Masse in 2 Teile stattfindet, indem sich Einschnürungen an dem beim Instabilwerden in eine birnenförmige Figur deformierten Ellipsoid bilden.

Außer diesen theoretischen Untersuchungen, über die Entstehung der Doppelsterne durch Spaltung einer Einzelmasse in 2 Komponenten, hat RUSSELL durch Diskussion der Beobachtungsergebnisse an Doppelsystemen gezeigt, daß dieselben sich in guter Übereinstimmung mit dieser Aufspaltungshypothese stehen. Die allgemeine Einordnung der Doppelsterne in das JEANSsche Entwicklungsschema bereitet hiernach keine Schwierigkeiten.

Wo sind nun die noch im Trennungsprozeß befindlichen Objekte zu suchen? JEANS weist darauf hin, daß die den Aufspaltungsprozeß einleitende Deformation des dreiachsigen Ellipsoids wahrscheinlich oszillatorischen Charakter besitzt und die Sternmasse Pulsationen und damit auch Helligkeitsschwankungen aufweisen wird. Bekanntlich sind aber Pulsationen schon seit längerer Zeit zur Erklärung des Lichtwechsels der Veränderlichen vom δ -Cephei-Typus herangezogen worden. Diese Sterne mit regelmäßigem Lichtwechsel, dessen Periode 0,5–40 Tage beträgt, gehören hauptsächlich den Spektralklassen *F* bis *K* des Riesenastes an. Mit den Helligkeitsschwankungen synchron gehende Änderungen des Spektraltypus und der Linienverschiebung im Spektrum deuten auf engeren Zusammenhang der photometrischen und spektralen Erscheinungen hin. Die Interpretation der Linienverschiebungen als KEPLERSche Bewegung der hellen Komponente eines Doppelsternes in der Bahn stößt auf Schwierigkeiten, man ist gezwungen, entweder eine Verfälschung der Radialgeschwindigkeiten durch zur Zeit noch unbekannte Einflüsse anzunehmen, oder die Deutung der beobachteten Linienverschiebungen als Bahnbewegung überhaupt aufzugeben. Beide Möglichkeiten sind als Grundlagen zur Erklärung des Lichtwechsels verwendet worden. Die von einem Doppelstern ausgehenden neueren Arbeiten von GUTHNICK und HELLERICH führen zudem Ergebnis, daß die δ -Cephei-Veränderlichen sehr enge Bahnen besitzen müssen, in denen die Komponenten sich berühren und als Doppelsterne im Status nascendi anzusehen sind. Die vom Einzelstern ausgehende Pulsationstheorie nimmt an, daß die Sterne im Laufe ihrer Entwicklung in einen instabilen Zustand geraten, und infolgedessen Schwingungen in der Gasmasse auftreten, die periodische Volumen- und vielleicht auch Formänderungen bewirken. Die Pulsationstheorie ist von EDDINGTON einer eingehenden mathematischen Behandlung unterworfen worden, wobei adiabatische Schwingungen einer nach der Theorie des Strahlungsgleichgewichtes aufgebauten Gaskugel angenommen werden. Wenn JEANS jetzt in seiner Entwicklungstheorie die δ -Cephei-Variablen und ihnen verwandte Objekte mit den instabilen Zerfallstadien einer Einzelmasse, welche zur Bildung eines Doppelsternes führen, identifiziert, so stellt diese Hypothese einen Kompromiß zwischen den beiden Gruppen der bisherigen Lösungsversuche dar, und überbrückt die großen Gegensätze, die bisher in unseren Ansichten über diese Sterne bestanden. Abgesehen davon, daß die Auffassung von JEANS die Frage nach der Entstehung der Pulsationen löst, beseitigt sie auch einige Bedenken, die gegen die bisherige Pulsationstheorie geltend gemacht werden könnten. EDDINGTON geht bei seinen Untersuchungen von einem nicht rotierenden Stern aus, es werden daher die dissipativen Kräfte sehr bald eine Verminderung der Pulsationsenergie und damit der Amplitude derselben herbeiführen. Man sollte daher das Vorkommen aller möglichen Amplituden erwarten, die Beobachtungen zeigen aber, daß im Gegenteil eine bemerkenswerte Gleichförmigkeit derselben herrscht. Ferner bleibt in der Pulsationstheorie das Auftreten einer einzigen Schwingung unerklärt, man ist daher gezwungen, besondere Ursachen anzunehmen, die eine Vernichtung der übrigen Schwingungen mit anderen Perioden bedingen. Werden dagegen Pulsationen einer rotierenden Masse, die sich im Aufspaltungsstadium befindet, betrachtet, so werden die Energieverluste durch die Rotationsenergie gedeckt. Die Pulsationen können während des Trennungsprozesses ohne Verringerung der Amplitude bestehen. Ferner

wird nur eine einzige Schwingungsperiode auftreten, deren Länge durch die Deformation des dreiaxigen Ellipsoids beim Instabilwerden bedingt ist. Da im Anfangsstadium der Aufspaltung Pulsations- und Rotationsperiode verschieden und inkommensurabel sind, werden sich die beiden Perioden im Lichtwechsel überlagern, und der Stern zunächst einen unregelmäßigen Lichtwechsel aufweisen. Sind aber in den Endstadien des Trennungsprozesses die beiden Perioden gleich, so wird der Stern einen regelmäßigen periodischen Lichtwechsel besitzen. Die JEANSSche Theorie betrachtet die δ -Cephei-Veränderlichen deshalb als die letzten Stadien der Aufspaltung, die den engen Doppelsternen mit getrennten Komponenten vorausgehen. Das Hauptstehungsgebiet der Doppelsterne befindet sich, da die δ -Cephei-Veränderlichen den Typen

der Riesensterne *F*, *G* und *K* angehören, im oberen rechten Teile des Diagramms. Dieses Gebiet enthält noch verschiedene andere Klassen von Veränderlichen, die mit den δ -Cephei-Variablen Verwandtschaft im photometrischen oder spektralen Verhalten zeigen. Auf diese Veränderlichen wird sich vielleicht dieselbe Erklärung wie bei den δ -Cephei-Sternen anwenden lassen.

Die hier nur in den wesentlichen Zügen wiedergegebene JEANSSche Theorie weist noch eine Anzahl von Hypothesen ad hoc auf, vor allem bedürfen die Annahmen über die Energieerzeugung weiterer theoretischer Untersuchung. Der Hauptvorzug der JEANSSchen Theorie ist aber in dem Versuch, alle mit der Entwicklung der Sterne in Zusammenhang stehenden Probleme in einer einheitlichen Theorie zu vereinigen, zu erblicken.
J. HELLERICH.

Besprechungen.

HEMPELMANN, F., **Tierpsychologie vom Standpunkte des Biologen**. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft 1926. 676 S., 134 Abb. und 1 Taf. im Text. Preis geh. RM 32.—, geb. RM 36.—.

Das Buch ist in der Absicht geschrieben, alles das zusammenzufassen, was als gesicherter Bestand der Tierpsychologie heute gelten kann. Nach meinem Urteil hat HEMPELMANN seine Aufgabe auch gelöst. Auf Grund eines sehr eingehenden Literaturstudiums sind zunächst die wesentlichen Tatsachen zusammengestellt und kritisch beleuchtet worden. H. konnte bei der Sichtung noch etwas kritischer vorgehen, damit eine Reihe von Fabeln, endlich einmal aus der tierpsychologischen Literatur verschwinden.

Der *spezielle Teil* umfaßt rund 450 Seiten. Es werden nach den großen systematischen Gruppen geordnet eine Fülle von Einzelheiten (der Mediziner würde „gesicherte Fälle“ sagen) aufgezählt, welche uns dazu berechtigen, die Tierpsychologie als eine selbständige Wissenschaft zu betrachten. In wechselndem Umfange werden behandelt: Protozoa, Porifera, Coelenterata, Echinodermata, Vermes, Mollusca, Arthropoda, Vertebrata. Vielleicht hätte H. das Kapitel über Insekten noch etwas ausführlicher gestalten können, schon mit Rücksicht darauf, daß wohl kaum mit einer Tiergruppe so viel tierpsychologische Versuche gemacht worden sind, als eben mit den Insekten. Im speziellen Teil, der sich mit den Wirbeltieren befaßt, wird auch auf die denkenden und sprechenden Pferde und Hunde hingewiesen. H. hat sich selbst früher mit dieser Frage kritisch befaßt, und er kommt erneut zu den Ergebnissen (S. 434) „denkende Tiere“ im Sinne KRALLS und ZIEGLERS sind nicht denkbar.

Im *allgemeinen Teil*, etwa 200 Seiten, ist das Tatsachenmaterial, welches im speziellen Teile vorge tragen wurde, von höheren Gesichtspunkten aus zusammengefaßt. Es werden in einzelnen Kapiteln behandelt: Das Sehen und Orientieren der Tiere, die Zeitbeachtung, Kindheit und Spiele der Tiere, sowie die Frage, ob Tiere zählen können. Ferner das Thema: die Form als Reiz und das Gefühlsleben der Tiere. In diesem Abschnitt werden besonders die neueren Ergebnisse der Forschung betreffend die Tiersprache, wie sie vor allen Dingen von v. FRISCH erarbeitet worden sind, dargestellt. Ein weiterer Abschnitt behandelt die Analogieerscheinungen der Tierpsychologie zu den besonderen seelischen Zuständen des Menschen (z. B. Schlaferscheinung, träumende Tiere, tierische Hypnose und Geisteskrankheiten der Tiere). Ferner wird noch ein besonderer Abschnitt dem Gehirn als Organ der

Psyche gewidmet. Das 14. Kapitel des allgemeinen Teiles behandelt die „Psyche“ (der Tiere) als solche. H. kommt zu dem Schluß (S. 617), daß in der Tierpsychologie „*Psyche gleichbedeutend, identisch mit Bewußtsein ist*“. Ein Abschnitt über die Geschichte und Methoden der Tierpsychologie ist noch angefügt. Vielleicht hätte H. dieses Kapitel besser an den Anfang des Buches gestellt, gewissermaßen als Auftakt zu dem Ganzen.

Erfreulich ist es, wie vorsichtig H. seine Schlüsse zieht. Man merkt überall, daß Verf. bemüht war, nur den gesicherten Bestand der Wissenschaft zu seinen Schlußfolgerungen zu verwerten.

Auf einige Kleinigkeiten sei hingewiesen. Bei einer Neuauflage dürften sie leicht abzuändern sein. Z. B. S. 66 wird gesagt, daß „ganz abnorme, in der Natur nicht vorkommende Reize die elektrischen sind“. Das ist m. E. zu viel gesagt, wir kennen die in der Natur vorkommenden elektrischen Reize noch nicht. — Ferner: die Schwämme sind etwas sehr kurz in der Behandlung weggekommen, man widmete ihnen etwa eine Seite. Weiter: von den Trematoden, Cestoden, Nematoden und Acanthocephalen wird gesagt, es seien wenig regsame Tiere (S. 152). Das stimmt auch nicht ganz. Zum Teil sind es außerordentlich lebhafte Tiere. Der Zoologe bekommt sie gewöhnlich bloß in konserviertem Zustande zu sehen. Über die Lebenstätigkeit einiger Distomumarten z. B. liegen aus letzter Zeit sehr gute Veröffentlichungen vor. Was S. 154 über die „fremddienliche Zweckmäßigkeit“ der Pflanzengallen gesagt ist, dürfte zum Widerspruch reizen. Die Behauptung, die Muscheln führen „eine überaus einfache Lebensweise“ geht meines Erachtens ebenfalls zu weit (S. 184). Die Zahl der bekannten Insektenspezies wird mit 384 000 angegeben. Ich glaube das ist viel zu wenig. So hoch dürfte allein die Zahl der bekannten Käfer sein. — H. hat sich auch bemüht, den bisweilen recht schwierigen Stoff sprachlich klar darzustellen. Hin und wieder sind noch kleine Versehen stehengeblieben; S. 182 spricht H. von „Manegebewegungen“. Ich weiß, das Wort wird viel gebraucht, es ist aber völlig nichtssagend. S. 337 spricht Verf. von den „planlos das Meer durchpulsenden Medusen“. Das Bild ist etwas zu kühn. Die Bildbeigaben sind einwandfrei. Zu bedauern ist nur, daß Verf. so wenig Bilder gebracht hat. Gerade dem speziellen Teil würde es nichts geschadet haben, wenn mehr Abbildungen beigelegt wären. Ganz hervorragend ist eine Reihe von neuen Lichtbildern im allgemeinen Teil.

Im ganzen wäre zu sagen: das H.sche Buch ist eine

wesentliche Bereicherung der zoologischen Literatur. Eine Zusammenfassung dieser Art bei der Fülle des vorliegenden Stoffes war direkt notwendig. Da in der Jetztzeit tierpsychologisch außerordentlich viel gearbeitet wird, so wird das Buch von Vertretern dieser Arbeitsrichtung besonders freudig begrüßt werden; um so mehr als das über 1000 Nummern zählende Literaturverzeichnis die wichtigsten Quellen angibt. An der äußeren Ausstattung ist nichts auszusetzen.

ALBRECHT HASE, Berlin-Dahlem.

DEMOLL, R., und H. N. MAIER, *Handbuch der Binnenfischerei Mitteleuropas*. Stuttgart: E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung 1924 und 1925. 19 × 27 cm. Bd. I, Lief. 1. 144 S., 53 Abb. und 9 Taf. Preis RM 10.—. Bd. V, Lief. 1. 238 S. und 154 Abb. Preis RM 18.—. Bd. V, Lief. 2, S. 239 bis 422 und 59 Abb. Preis RM 15.50.

Bereits seit dem Jahre 1924 sind verschiedene Lieferungen dieses umfassenden Handbuchs erschienen. Mit seiner Herausgabe wird ein Werk geschaffen, dessen Bedeutung auf verschiedenen Gebieten liegt. Das Handbuch, das auf 6 Bände bemessen ist, soll die gesamte Binnenfischerei mit allen ihren Nebengebieten zusammenfassend behandeln. Die Namen der Mitarbeiter, die sich aus den bekanntesten Fachleuten zusammensetzen, bürgen für eine sorgfältige und wissenschaftlich zuverlässige Darstellung. Eine gute und reiche Illustration erhöht noch den Wert dieses Werkes, und es sollte in keiner Fach- und Institutsbücherei fehlen. Es ist nicht nur für die praktischen Fischer, Fischereibeamten, Fischereibiologen und Behörden bestimmt, sondern auch mancher andere Wissenschaftler findet darin viel Interessantes und Anregendes, behandelt es doch nicht allein die Fischerei selbst, sondern auch die biologischen Verhältnisse der verschiedenen Gewässer und Fangobjekte. So beginnt gleich die 1. Lieferung des I. Bandes mit einer von A. THIENEMANN verfaßten Abhandlung, *Die Gewässer Mitteleuropas*, einer gründlichen, zusammenfassenden Darstellung, die weit über die Kreise der praktischen Fischerei hinaus Interesse finden wird. Vom Grundwasser und der Quelle mit der geringen ihrer Eigenart angepaßten Tierwelt werden wir zu den fließenden Gewässern mit ihren verschiedenen Formen, Bach, Fluß, Strom, geführt. Von den stehenden Gewässern finden die Seen nach ihren geographisch-hydrographischen Eigenschaften, ihren verschiedenen Regionen und deren Besiedlung, sowie die Seen als Lebensinheit und ihr Altern eine Darstellung, und anschließend werden Weiher, Sumpf, Moor, periodische und andere Kleingewässer behandelt. Schließlich bleiben auch Gewässer mit abnormen Temperatur- und chemischen Verhältnissen nicht unerwähnt, wie Thermalgewässer, Schnee, Brackwasser, binnenländische Salzwasser und organische Abwässer.

Gewissermaßen eine spezialisierte Ergänzung hierzu bildet der 2. Abschnitt dieser Lieferung von W. NIENBURG, *Die Mikroflora des Süßwassers und ihre Bedeutung für den Haushalt der Gewässer*. Die chlorophyllosen Pflanzen, Pilze und Bakterien, spielen in der Selbstreinigung der Gewässer eine große Rolle und nehmen auch in anderen Punkten eine wichtige Stelle im Stoffumsatz ein. Außerdem bilden sie aber auch einen Teil der Nahrung für kleine Wassertiere und umfassen andererseits auch als Krankheitserreger eine ganze Reihe von Schädlingen. Die Algen sind besonders in ihrer Bedeutung für den Aufbau organischer aus anorganischen Bestandteilen gewürdigt. *Die höheren Wasser-, Sumpf- und Uferpflanzen* von A. WALTER, werden in dem folgenden Abschnitt in ihrer den be-

sonderen Lebensverhältnissen angepaßten Organisation sowie in ihrer Systematik behandelt.

Der in 2 Lieferungen erschienene Band V befaßt sich mit der *Fischerei in den Flüssen, Seen und Strandgewässern Mitteleuropas* und ist von A. SELIGO bearbeitet. Diese umfangreiche Darstellung gibt uns einen umfassenden Überblick über die gesamte Binnenfischerei und ermöglicht es jedem, in speziellen Fragen über einzelne Methoden oder Gebiete Antwort zu erhalten. Beginnend mit den Gewässern und ihrer Eigenart als Lebenselement der Fische, geht der Verf. auf die wesentlichen Eigenschaften der einzelnen Fischarten in wirtschaftlicher Beziehung über. Dann werden die mannigfachen Fanggeräte in ihren Typen, ihrer Herstellung und Pflege behandelt. Daran schließen sich ausführliche Darlegungen über die Fischwirtschaft an. Die Beschreibung der verschiedenen Fischereimethoden sind nach dem Charakter der einzelnen Gewässer (Flüsse, Seen, Strandgewässer) gegliedert und innerhalb dieser Abschnitte wieder nach geographischen Gesichtspunkten. Den Schluß bildet ein Abschnitt über die Beurteilung der Produktivität und des Wertes eines Fischgewässers.

Es muß noch hervorgehoben werden, daß das gesamte Werk, abgesehen von seinem vorzüglichen textlichen Wert, auch in einer guten Aufmachung erscheint und durch viele und klare Abbildungen, teilweise auf besonderen Tafeln, reich illustriert ist.

W. SCHNAKENBECK, Hamburg.

HANSSON, NILS, *Fütterung der Haustiere, ihre theoretischen Grundlagen und ihre praktische Durchführung*. Übersetzt von F. v. MEISSNER. Dresden und Leipzig: Theodor Steinkopff 1926. XI, 230 S. 7 Abbildungen und zahlreiche Tabellen. 15 × 23 cm. Preis geh. RM 8.—, geb. RM 10.—.

Die moderne Lehre von der Fütterung unserer landwirtschaftlichen Haustiere ruht auf dem Lebenswerk zweier Männer. Die Fütterung nach Stärkewerten, die in Deutschland heute am bekanntesten ist, wurde von O. KELLNER mit eingehenden analytischen Untersuchungen begründet. KELLNER führte seine Berechnungen an erwachsenen Mastochsen aus, bei denen er die Ausnutzung der einzelnen Futtermittel bzw. ihrer Bestandteile ermittelte und mit der Stärke als Basis einen Index für ihr Fettbildungsvermögen berechnete. HANSSON dagegen bildete nach eingehenden Fütterungsversuchen, die er in Schweden an Milchkühen durchführte, Indices für den Milchproduktionswert der einzelnen Futtermittel und ihrer Bestandteile. HANSSON kam dabei unter anderem zu dem wichtigen Ergebnis, daß die von KELLNER bei seinen Mastexperimenten gefundenen Werte vor der Übertragung auf die Milchleistung einer bestimmten Korrektur bedürfen. HANSSON dehnte seine Untersuchungen auch auf andere Haustiere aus, und er legt nun in dem vorliegenden Buche in überaus klarer Form seine Fütterungslehre dar. Für den Tierzüchter werden die vielen Tabellen von besonderem Werte sein, die in übersichtlicher Form die Ergebnisse HANSSONS vereinigen. Auch der Physiologe wird aus der Lektüre des Buches viele Anregungen gewinnen können. Der Übersetzer hat sich sicher ein großes Verdienst damit erworben, das Material HANSSONS zum ersten Male dem deutschen Leserkreise zugänglich zu machen, und es ist kaum zu bezweifeln, daß von dieser Ausgabe ein unmittelbarer Einfluß auf die Praxis der Fütterung ausgehen wird. Früher oder später dürfte wohl in der praktischen Fütterung eine Synthese der Ergebnisse von KELLNER und HANSSON zustande kommen (vgl. RICHARDSEN, Zeitschr. f. Tierzücht. u. Züchtungsbiol. 5.

1926). Bis dahin wird alle weitere Arbeit auf KELLNERS wie auf HANSSONS Resultaten aufzubauen haben.

WALTER LANDAUER, Storrs, Conn.

WILLISTON †, S. W., *The Osteologie of the Reptiles*. Arranged and edited by W. K. GREGORY. Cambridge [Mass.]: Harvard University Press 1925. XIII, 300 S., 191 Fig. 16 × 23 cm. Preis geb. 4 \$.

Hier wird den Palaeontologen endlich das osteologische Rüstzeug für ihre Reptilienforschung geboten, das sie sich bisher aus veralteten Folianten zusammensuchen mußten. Palaeontologisches nimmt in diesem Buch den größten Raum ein, einfach weil der größte Formenreichtum der Reptilien in der Vorzeit liegt. Lebende Vertreter haben nur 4 von den 19 Ordnungen der Reptilien, deren Osteologie in Part II, „The Classification and Range of Reptiles“, dem letzten Drittel des Werkes, zusammenfassend und familienweise dargelegt wird.

Part I, „The Skeleton of Reptiles“, behandelt einleitend das Urskelett der Reptilien, wobei ihre Abstammung von unbekannten, temnospondylen Amphibien historisch und osteologisch erwiesen wird. Dem Schädel der Reptilien ist das erste Kapitel gewidmet; der übersichtlich klaren Allgemeinbeschreibung folgen Abschnitte über die Schädel der einzelnen Ordnungen. Die weiteren Kapitel schildern die Osteologie der Wirbel, Rippen und Sternum, Brust- und Beckengürtel und Gliedmaßen, unter beständigem Hinweis auf die Biologie.

Jede Figur stellt in vorzüglichen Strichzeichnungen Abbildungen mehrerer verwandter Formen zusammen, in Part I einzelne Teile, in Part II Skelette und Rekonstruktionen — fast alles Originalzeichnungen des Autors. Damit wird eine Fülle von Anschauungsmaterial geboten. Kein Tiername ist in den Unterschriften ohne die zugehörige Ordnung genannt, wodurch man rasch orientiert ist.

WILLISTON starb 1918, bevor er mit der Vervollendung dieses Buches seine 50jährige Forscherarbeit krönen konnte. Der Herausgeber GREGORY hat die wenigen Abschnitte, von denen im Manuskript nur Überschrift und Abbildungen vorhanden waren, nicht ergänzt. Er hat nur in Fußnoten neuere Anschauungen und einige Literaturhinweise dazugegeben, im übrigen dafür gesorgt, daß das letzte Werk eines der hervorragendsten Palaeontologen in würdiger, handlicher und billiger Form herausgebracht wurde. Obwohl man das Fehlen von Literaturverzeichnissen und Index störend empfindet, wird das Buch jedem Reptilienforscher eine vorzügliche, unentbehrliche Hilfsquelle sein.

T. EDINGER, Frankfurt a. M.

WESENBERG-LUND, C., *Contributions to the biology of Rotifera. I. The males of the Rotifera*. Mém. Acad. Sci. Lett. Danemark. Sect. Sci. Serie 8., t. IV, Nr. 3. Kopenhagen 1923. 15 Tafeln und 17 Textfig.

Dieser erste Teil einer groß angelegten Monographie der Rädertiere befaßt sich mit Fragen der allgemeinen Systematik der Rotatorien, sowie der Anatomie ihrer Männchen, außerdem mit dem Problem der Reduktion der Männchen, die sie zu einfachen „beweglichen Spermatozoensäckchen“ macht. Da die früher von ROUSSELET veröffentlichten Listen schon 20 Jahre zurückliegen, und die seitdem erschienenen wichtigen Untersuchungen in den Zeitschriften verstreut sind, ist schon aus diesem Grund das Erscheinen eines Sammelwerkes aus diesem Gebiet zu begrüßen, besonders wenn es — wie in diesem Fall — eine Fülle neuer Beobachtungen und Tatsachen bringt.

Der Veröffentlichung des Werkes ging eine sich über

2 Jahrzehnte (1898—1920) erstreckende Beobachtungsperiode voraus. Diese eingehende Untersuchung ermöglichte es, nicht nur verschiedene wichtige Tatsachen zutage zu fördern, sondern auch bei vielen Arten bisher unbekannte Männchen zu finden; ja, es wurden sogar Männchen von Arten gefunden, die zu Familien gehörten, bei denen bisher überhaupt keine Männchen bekannt waren (Rattuliden, Gastropodiden, Ploesomatiden). Von großer Bedeutung für die Rotatorienforschung ist die Feststellung, daß viele Arten ihre Männcheneier zwischen Algen ausschlüpfen lassen, und diese Männchen dann auch weiter zwischen den Algen leben, wodurch ihr Auffinden erschwert wird. Des weiteren fand WESENBERG-LUND, daß die Bisexualitätsperioden gewöhnlich durch eine Periode starker Vermehrung eingeleitet werden; diese Maxima treten bei verschiedenen Arten zu verschiedenen Zeiten auf, bei einigen auch im Winter. (WESENBERG-LUND hat sogar nach monatelangem Einfrieren in verschiedenen Teichen noch dieselbe Rädertierfauna gefunden, wie im Sommer.) Bemerkenswert ist, daß ein und dieselbe Art in einem Wasserbecken sowohl Maximum- wie auch Bisexualitätsperioden aufweist, in einem anderen dagegen weder das eine noch das andere — auch bei jahrelanger Beobachtung — erkennen läßt. Die Bisexualitätsperiode selbst dauert nur kurze Zeit; die Zahl der auftretenden Männchen kann dabei außerordentlich groß sein.

Im II. Kapitel legt WESENBERG-LUND seine Ansichten über die Systematik der Rotatorien dar. S. E. sind die Notommatiden als ursprünglichste Familie zu betrachten, aus der die anderen Formen abgeleitet werden müssen. Die Rädertiere sollen von den Turbellarien stammen und von Anfang an spezifische Süßwasserbewohner gewesen sein. Die marinen Saisoniden zieht WESENBERG-LUND als „stark aberrante Formen“ überhaupt nicht in Betracht. Dem ist entgegenzuhalten, daß die Männchen von Saison einen ursprünglicheren Bau (paariger Hoden!) aufweisen, als die Männchen aller übrigen Rädertiere. Als wichtigste Punkte dieses Systems sei noch erwähnt, daß WESENBERG-LUND die Melicertiden vollkommen von den Flosculariiden trennt, und erstere in eine Gruppe („Division“) mit Pedalion vereinigen zu können glaubt, ferner, daß er die Teilung der Poima in Loricata und Illoricata vollständig ablehnt.

Das III. Kapitel ist der eingehenden Beschreibung der einzelnen Männchen gewidmet. Es werden die Männchen von ca. 100 Arten beschrieben, von denen über 20 von WESENBERG-LUND entdeckt worden sind. Den meisten Beschreibungen sind Abbildungen beigegeben. Bei den einzelnen Arten werden die Angaben früherer Autoren mit denen WESENBERG-LUNDS verglichen.

Das IV. Kapitel enthält eine vergleichend-anatomische Beschreibung der Rädertiere — Weibchen, sowohl wie Männchen. Die große Mannigfaltigkeit der Formen wird hier beleuchtet, und die verschieden-gradige Reduktion der Männchen eingehend dargelegt. Diese Reduktion ist nicht nur bei verschiedenen Familien verschieden, sondern sie kann auch bei eng verwandten Formen (z. B. bei den Asplanchniden), verschiedene Stufen erreichen. In Zusammenhang damit bespricht WESENBERG-LUND auch das Problem der verschiedenen Spermienarten, die vom Männchen gebildet werden. Bekanntlich werden bei den Rädertieren bewegliche und unbewegliche Spermatozoen erzeugt, von denen nur die ersten funktionsfähig sind und die Befruchtung vollziehen. WHITNEY hat gefunden, daß die beweglichen Spermatozoen zu den unbeweglichen

im Verhältnis 2 : 1 gebildet werden. WESENBERG-LUND stimmt nun der Hypothese WHITNEYS zu, nach der die ersten weibchenbestimmend, die zweiten männchenbestimmend sein sollen. Dadurch wird die Tatsache erklärt, daß aus befruchteten Eiern stets nur Weibchen ausschlüpfen. Gegen diese Theorie ist folgendes einzuwenden: Die Bezeichnung „männchen- und weibchenbestimmend“ wird auf solche Spermatozoen angewandt, die sich in ihrem Chromatinbestand irgendwie voneinander unterscheiden. Da nun die Männchen aus haploiden Eiern hervorgehen, ist die Entstehung einer solchen Differenz kaum zu verstehen, ganz abgesehen davon, daß die Vorstellung eines Mechanismus, der die männchen- und weibchenbestimmenden Anlagen im Verhältnis 1 : 2 spaltet, auch auf große Schwierigkeiten stößt. Viel eher wäre hier eine Hypothese berechtigt, die die Entstehung der beiden Spermienarten auf abortive Teilungen (wie bei Hornissen) oder auf apyrene und enpyrene Spermien (wie bei Mollusken) zurückführt.

Im V. Kapitel schließlich versucht WESENBERG-LUND eine Erklärung für die Reduktion der Männchen zu finden. Was die Größe der Männchen betrifft, so sucht er die Erklärung für ihre Reduktion in der kleineren Dottermenge, die die Männcheneier im Vergleich zu den Weibcheiern enthalten. Für die Reduktion der inneren Organe macht er dagegen die allgemeinen Lebensbedingungen verantwortlich, die eine Befruchtung nur während einer kurzen Zeitspanne ermöglichen, so daß eine länger dauernde Entwicklung der Männchen für die Erhaltung der Art schädlich sein müßte.

Die Fülle des verarbeiteten Materials, die Klarheit und Logik der Darstellung und nicht zuletzt die ausgezeichneten Abbildungen, die dem Buch beigegeben sind, machen dieses Werk WESENBERG-LUNDS zu einem unentbehrlichen Hilfsmittel für jede weitere Rotatorienforschung.

LUNTZ, Berlin-Dahlem.
CARPENTER, G. D. HALE, *A Naturalist in East Africa. Being notes made in Uganda, ex-German and Portuguese East Africa.* Oxford: Clarendon Press 1925. 185 S. 14 × 22 cm. Preis 15 sh.

CARPENTER bezeichnet sein Buch als ein „Nebenprodukt“ des Krieges. Es enthält Schilderungen und Beobachtungen aus dem Tierleben verschiedener Teile Ostafrikas, in die ihn Dienst und Urlaubsreisen als Militärarzt bei englischen und belgischen Truppen führten. 1915 steht er in verschiedenen Garnisonen am Kagerafluß, der in seinem Unterlauf westlich vom Viktoriasee die Grenze zwischen Deutschostafrika und dem britischen Schutzgebiet Uganda bildet. Hauptsächlich gilt seine Aufmerksamkeit hier, wie fast in dem ganzen Buch, den großen Schwärmen von Schmetterlingen, die sich auf künstlichen Lichtungen im Urwald und an Quellsümpfen im offenen Grasland zusammenziehen. Die Erscheinungen des Polymorphismus, des Saisondimorphismus, der Schutzfärbung, Warnfärbung und Mimikry werden an zahlreichen, zum Teil neuen Beispielen beschrieben und durch Photographien auf einer Reihe vorzüglicher Tafeln illustriert. Daneben finden sich Schilderungen der Lebensgemeinschaften in einzelnen charakteristischen Geländeausschnitten, Bemerkungen über Paarung, Brutpflege und Nahrungserwerb bei Vertretern der verschiedensten Tiergruppen und zahllose andere Gelegenheitsbeobachtungen, die das Tierleben der Tropen dem Naturbeobachter auf Schritt und Tritt darbietet. Ende 1915 tritt er zu einem Feldlazarett im Kigezbezirk, dem vulkanischen Abschnitt zwischen Kivu- und Edwardsee, dessen geographische Eigentümlichkeiten besonders als wichtiges Quellgebiet des weißen Nil dargestellt und durch

schöne Landschaftsaufnahmen veranschaulicht werden. Von hier aus macht er im April 1916 den Vormarsch der Belgier in südöstlicher Richtung mit, der eine Teilaktion des großen konzentrischen Angriffs SMUTS' auf die Tanganjikabahn bildete. Im folgenden Jahr findet er Gelegenheit, während seiner Tätigkeit an einem Eingeborenenhospital in Itigi an der Tanganjikabahn, von der sich die deutsche Schutztruppe damals in die Südostecke der Kolonie zurückgezogen hatte, umfangreiche Fütterungsversuche mit zwei jungen Meerkatzen vorzunehmen, um neues Material zur Prüfung der bekannten Theorie der tierischen Warnfärbung zu sammeln. Dabei zeigte sich, daß von 143 verschiedenen, mit auffälliger Färbung und Zeichnung versehenen Insektenarten, die er einem Affen vorlegte, nur 23 als genießbar, 120 dagegen stets oder doch meist als ungenießbar behandelt wurden. Von 101 unauffällig gefärbten Formen dagegen wurden nur 18 verweigert und 83 gefressen. Bei den Versuchen wurde Wert darauf gelegt, möglichst viele verschiedene Insektenarten — wenn auch auf Kosten der Individuenzahl — zu prüfen, und gerade dadurch war die sichere Feststellung möglich, daß die durch unauffällige Färbung geschützten Tiere, wenn der Affe sie erreichen kann, eher gefressen werden als die durch Farben und Muster auffallenden Formen. Ein Besuch des Tanganjika gibt Veranlassung, die tiergeographischen Probleme zu erörtern, die dieser See aufgibt, und auf einer anderen Urlaubsreise werden die berühmten Viktoriafälle des Zambesi in Britisch-Rhodesia studiert, von denen eine Reihe prachtvoller Aufnahmen wiedergegeben sind. In Portugiesisch-Ostafrika, wo er sich bei Port Amelia mit dem Tierleben des Meeresstrandes beschäftigt, endet schließlich CARPENTERS Militärdienst, und kurz vor Kriegsschluß kann er zu seinen bei Beginn des Krieges unterbrochenen Untersuchungen über die Tsetsefliege an den Viktoriasee zurückkehren.

Das Buch liest sich flüssig, es bietet eine Fülle von Eindrücken und Anregungen. Die *Problematik* der Tierzeichnung wird mancher Leser in selektionistischen Erwägungen und Versuchen nicht erschöpft finden — an der treuen und warmherzigen Schilderung der *Erscheinungen* wird jeder Freude haben.

K. HENKE, Göttingen.
GRIMPE, G., und E. WAGLER, *Die Tierwelt der Nord- und Ostsee.* Lieferung 1. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft 1925. 79 S. und 32 Abbild. 15 × 22 cm. Preis RM 4.80.

Einen modernen, streng wissenschaftlichen und einigermaßen vollständigen „Handweiser“ zur schnellen Orientierung über Systematik und Biologie der Fauna der Nord- und Ostsee zu schaffen haben die Herausgeber des Werkes, von dem jetzt die 1. Lieferung vorliegt, zu schaffen unternommen. Daß sie damit einem Bedürfnis weiter Kreise entgegenkommen, wird jeder zugeben.

Die 1. Lieferung umfaßt die Echiuriden, Sipunculiden und Priapuliden (= Gephyrea der Autoren), von W. FISCHER (55 S., 20 Abb.), die Enteropneusten von C. J. VAN DER HORST (12 S., 7 Abb.), und die Pantopoden von J. MEISENHEIMER (12 S., 5 Abb.). Für jede Gruppe werden in kurzen Kapiteln Systematik, Anatomie, Embryologie, Ökologie und geographische Verbreitung abgehandelt und dabei in knappster Form alles für die Charakteristik der Gruppe Wesentliche gebracht. Die Literatur ist ausgiebig berücksichtigt; ja es ist erstaunlich, wieviel ältere und neuere Angaben in dem dünnen Bändchen sich finden. Die Ausstattung mit Abbildungen ist ausreichend und vernünftigerweise auf das für die Kennzeichnung der einzelnen Tiergrup-

pen Notwendige beschränkt. Sehr nützlich sind die kurzen Angaben über die Präparationstechnik, sowie die den artenreicheren Gruppen beigegebenen Bestimmungsschlüssel. Auch die Verbreitungskärtchen erhöhen den Wert des Werkes. Nach Möglichkeit soll versucht werden, den ganzen Artenreichtum der Nord- und Ostsee zu erfassen. Wenn das gelingt, ohne daß das Werk unhandlich wird, so ist das allein schon eine anerkennungswerte, nur durch straffste Organisation des Mitarbeiterstabes zu erreichende Leistung der Herausgeber.

Mancher Leser wird es vielleicht tadeln, daß in einem in erster Linie praktischen Zwecken dienenden Buche auch zur Zeit noch hypothetische Dinge behandelt werden, wie BALTZERS Anschauungen über die sexuellen Verhältnisse bei *Bonellia* oder FISCHERS Vermutung von Verwandtschaftsbeziehungen der Priapuliden zu Echinodermen. Mir scheint das vielmehr ein Vorzug zu sein; so wird das Werk nicht nur nützlich, sondern auch anregend.

Alles in allem kann man nur wünschen, daß es den Herausgebern und ihren Mitarbeitern gelingt, ihren Plan einzuhalten und das Werk in 3 Jahren zum Abschluß zu bringen.

J. GROSS, Neapel.

GRIMPE, G., und E. WAGLER, **Die Tierwelt der Nord- und Ostsee.** Lieferung II. Teil II. d₁: *Noctiluca* von A. PRATJE (12 S., 6 Fig.) Teil XII. h₁: *Teleostei Physoclisti*; 10. *Heterosomata* von W. SCHNAKENBECK (60 S., 35 Fig.). Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft 1925. 15 × 22 cm. Preis RM 4.50.

Die 2. Lieferung des in anerkennenswert schneller Folge erscheinenden Werkes enthält die Darstellung zweier kleiner, im System weit voneinander entfernter Tiergruppen. PRATJE behandelt, sich zum großen Teil auf eigene Untersuchungen stützend, das seines Leuchtvermögens wegen von alters berühmte, mit zwei anderen, in Nord- und Ostsee nicht vertretenen, zusammen eine eigene Klasse (Cystoflagellata) bildende Flagellatengenus *Noctiluca*. Aus dem Inhalt wären folgende Punkte als besonders bemerkenswert hervorzuheben: Die aktiven Bewegungen sind außerordentlich gering. Fadengeißel und Tentakel spielen dabei keine erhebliche Rolle, ebensowenig die Kontraktionen von Körper und Peristom. Das Schweben erfolgt passiv durch das geringe spezifische Gewicht der Tiere. Von der sehr eigentümlichen, während des von früheren Autoren fälschlich sogenannten „Ruhestadiums“ erfolgenden Mitose gibt Verf. zum erstenmal eine genaue, durch eine Abbildung belegte Beschreibung. Die geschlechtliche Fortpflanzung erfolgt wahrscheinlich durch Kopulation von Schwärmern. Das Leuchten beruht wohl nicht auf Enzymwirkung, auch nicht auf Symbiose mit Leuchtbakterien, sondern höchstwahrscheinlich auf Oxydation von im Plasma verstreuten Fettsubstanzen, echten Neutralfetten, Cholesterinen und Lipoiden.

Unter dem Namen *Heterosomata* faßt SCHNAKENBECK als rein biologische Gruppe alle „Plattfische“, mit Ausnahme der Zeidae, zusammen. Dem ausführlichen systematischen Teil, in dem neben den wissenschaftlichen auch die deutschen, englischen, schwedischen, norwegischen und dänischen Vulgarnamen angeführt werden, geht eine Bestimmungstabelle der in Nord- und Ostsee einheimischen 9 Gattungen und 17 Arten voraus. Die Anatomie wird nur soweit berücksichtigt, als sie für die Erklärung der Asymmetrie in Betracht kommt. Sehr ausführlich wird dagegen die Oekologie behandelt, wobei auch besonders auf die wirtschaftliche Bedeutung eingegangen wird. In der interessanten Frage nach der Entstehung der Asymmetrie

schließt Verf. sich dem englischen Forscher KYLE an, der die Ursache dieses auffallendsten Merkmales der Gruppe im Gegensatz zu älteren Anschauungen in den unvollkommenen Gleichgewichtsverhältnissen der jungen Plattfische sieht. Je nachdem, wie die *Heterosomata* diesen Gleichgewichtsmangel beseitigen, sind sie in zwei Gruppen einzuteilen. „Bei der einen gibt den Anstoß zur Metamorphose ein asymmetrisches Wachstum des Rumpfes, während bei der anderen die asymmetrische Entwicklung ihre Ursache in unregelmäßigen Bewegungen des Rumpfes hat.“ Phylogenetisch stellen die *Heterosomata* nach Ansicht des Verf. keine einheitliche Gruppe dar, sondern es haben sich aus verschiedenen Wurzeln verschiedene Linien entwickelt.

J. GROSS, Neapel.

GRIMPE, G., und E. WAGLER, **Die Tierwelt der Nord- und Ostsee.** Lieferung III. Teil IX, c₁: I. *Opistobranchia*; II. *Pteropoda* von H. HOFFMANN (66 S., 42 Fig.) Teil IX, c₂: *Scaphopoda* von TERA VAN BENTHEM JUTTING (14 S., 12 Fig.). Teil XII. i₁: I. *Amphibia*; II. *Reptilia* von R. MERTENS (20 S., 3 Fig.). Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft 1926. 15 × 22 cm. Preis RM 7.80.

Die in Nord- und Ostsee reich vertretene Molluskengruppe der *Opistobranchia* wird von H. HOFFMANN in sehr ansprechender Weise behandelt. Um Raum zu gewinnen, hat der Verf. Systematik und Bestimmungstabellen der artenreichen Gruppe (106 Arten) zusammengezogen, was sich als recht praktisch erweist. Die Brauchbarkeit der Synopsis wird noch erhöht durch regelmäßige Hinweise auf die Verbreitung der Arten in anderen Meeresteilen. Im anatomischen Teil werden alle Organsysteme in Anlehnung an die besten Autoren knapp, aber ausreichend besprochen. Die Ausstattung mit Illustrationen ist reichlich, und die Figuren sind gut ausgewählt. Der vorgeschrittene Student der Zoologie wird in diesem Abschnitt ein zuverlässiges Hilfsmittel zur Orientierung über eine interessante Tiergruppe finden. Chorologie und Ökologie finden ebenfalls eingehende Berücksichtigung.

Die *Pteropoda*, von denen sich in Nord- und Ostsee nur 3 Arten finden, werden wesentlich kürzer behandelt. Da sie morphologisch den Opistobranchiern sehr nahestehen, ja eigentlich nur eine Untergruppe von ihnen bilden, konnte HOFFMANN bei der Darstellung der anatomischen Verhältnisse immer auf jene verweisen und sich auf die Hervorhebung der Unterschiede beschränken.

Die kleine, isoliert stehende Ordnung der *Scaphopoda* wird von VAN BENTHEM JUTTING besprochen. Ihre recht einfache Anatomie wird kurz behandelt, ausführlicher Entwicklung und Physiologie. Die alte KOWALEWSKYSCHE Figur der Larve hätte vielleicht durch eine neuere ersetzt werden können.

In der Darstellung der *Amphibia* und *Reptilia* übergeht MERTENS die Anatomie fast mit Stillschweigen und begnügt sich in der Embryologie mit Andeutungen über den Furchungstypus. Dagegen ist die Behandlung der Systematik, Chorologie und Ökologie ganz auf der Höhe, wie das bei einem so hervorragenden Fachmann ja selbstverständlich ist. Nur in der strengen Beobachtung der Nomenklaturregeln scheint der Verf. mir zu weit zu gehen. In einem Werke, das für Studenten, Lehrer, Fischereibeamte usw. bestimmt ist, war es doch wirklich nicht notwendig, durchweg die allerneuesten, auch den meisten Zoologen unbekannten, vielleicht nach einigen Jahren wieder verschwindenden Namen zu gebrauchen, und z. B. den Kammolch *Triturus cornifex cristatus*, die Erdkröte *Bufo bufo bufo*, die Ringelnatter *Natrix natrix natrix* zu nennen. Das

scheint der Verf. auch selbst empfunden zu haben, da er in sehr vielen Fällen in Fußnoten die älteren Namen, als allein verständlich, hinzufügt. J. GROSS, Neapel. PAX, FERDINAND, **Wirbeltierfauna von Schlesien**. Berlin: Gebr. Bornträger 1925. IV, 558 S., 105 Fig. und 1 Taf. 18 × 26 cm. Preis RM 36.—.

„Das vorliegende Buch verfolgt den Zweck, eine möglichst wahrheitsgetreue Schilderung des Aufbaues und der Gliederung der schlesischen Wirbeltierfauna zu geben.“ Intensive Faunistik, sorgfältigste Lokalforschung ist die notwendige Grundlage für weitere Fortschritte auf dem Wege der ökologischen Tiergeographie. Im engbegrenzten Bereich eines beschränkten Gebietes läßt sich der Zusammenhang zwischen den Vorkommen eines Tieres und den vorhandenen Umweltbedingungen am ehesten erkennen; dort lassen sich die Einzeltatsachen in hinreichender Vollständigkeit sammeln und aus ihrer Verknüpfung Folgerungen ziehen. Wer mit dem Stande dieses Forschungszweiges nicht vertraut ist, wird sich beim Durchlesen dieses Buches wundern, wie viel hier noch zu tun ist, selbst für die Vögel, die doch unter den Wirbeltieren die auffälligsten und die am meisten beobachteten sind. Mit Recht sagt Verf., daß der Wert solcher Darstellungen, wie der vorliegenden, „nicht zum geringsten Teil in der Hervorhebung der Lücken“ unserer Kenntnisse besteht, weil dadurch neue Forschungen angeregt werden. Das Buch von PAX ist ein Muster einer solchen tief eindringenden monographischen Darstellung. Unter erschöpfender und kritischer Benutzung aller zugänglichen Quellen in der Literatur und in Privatsammlungen, durch langjährige eigene Untersuchungen und durch Gedankenaustausch mit schlesischen Sammlern und Beobachtern hat er ein sehr vollständiges Material zusammengebracht. Die Darstellung der Verbreitung vieler Einzelarten auf Karten ist besonders verdienstlich und wirkt unmittelbar anschaulich. Dabei steht die ganze Ausarbeitung auf der Höhe moderner faunistischer Forschung. Auch die Wandlung der Tierwelt in der Zeit, zum Teil unter dem Einfluß der durch die Kultur bedingten Veränderungen der Umwelt, ist nach Möglichkeit verfolgt. Den größten Raum, nahezu $\frac{2}{3}$ des Buches, nimmt die Behandlung der Vögel ein, entsprechend ihrer Artenzahl und ihrer besten Durcharbeitung; die Säuger sind auf 51, die Reptilien und Amphibien auf zusammen 21, die Fische auf 22 Seiten behandelt. Wie viele allgemein interessante Angaben darin stecken, die von mehr als lokaler Bedeutung sind, wird der aufmerksame Leser bald merken. Wir können nur wünschen, daß das ausgezeichnete Buch bald Nachfolger findet, die andere Gebiete unseres Vaterlandes gleich eindringend und liebevoll durcharbeiten.

R. HESSE, Berlin.

BROHMER, PAUL, **Fauna von Deutschland. Ein Bestimmungsbuch unserer heimischen Tierwelt**. 3. Auflage. Leipzig: Quelle & Meyer 1925. IX, 535 S., 1058 Abb. im Text und 15 Tafeln. 12 × 19 cm. Preis RM 10.—.

Der „Brohmer“ ist in 3. Auflage erschienen. Das wird in dem großen Kreise seiner Verehrer, zu denen nicht nur Lehrer, Schüler und Studenten gehören, sondern auch Fachzoologen, gewiß freudig begrüßt werden. Auch die neue Auflage bedeutet wieder einen Fortschritt, der Zeugnis ablegt von dem rüstigen Vorwärtstreben des Herausgebers und seiner Mitarbeiter. Nicht nur sind Text und Abbildungen vermehrt, sondern manche Abschnitte, so die Protozoen, die Acariden, die Tardigraden, die Amphibien und Reptilien sind stark umgearbeitet, und kleinere Verbesserungen sind allenthalben angebracht worden. Auch von den Abbildungen

sind manche ausgeschieden und durch bessere neue ersetzt. Eine eingehende Besprechung eines so gut eingeführten Buches erübrigt sich.

Da aber der Herausgeber selbst dazu auffordert, auf etwaige Mängel aufmerksam zu machen, so möchte ich hiermit kurz auf den einzigen hinweisen, der mir aufgefallen ist. Unter den parasitischen Protozoen sind die Hämosporidien sehr zu kurz gekommen. Sie werden nur in der Bestimmungstabelle für die Ordnungen der Sporozoen erwähnt und auf 5 Zeilen, ohne Abbildung, abgehandelt. Da aber zu ihnen der wichtige Malaria-parasit des Menschen gehört, der ja leider noch immer in Deutschland einheimisch ist, so hätten sie schon eine etwas eingehendere Behandlung verdient, etwa gleich der, die der Bearbeiter den Coccidien oder Myxosporidien zuteil werden läßt.

J. GROSS, Neapel.
SCHULZE, P., **Biologie der Tiere Deutschlands**. Unter Mitwirkung zahlreicher Fachleute. Berlin: Gebr. Bornträger 1925. Lieferung 13–16. 13 × 21 cm. Preis RM 2.55–3.60.

Im Jahre 1925 sind 4 neue Lieferungen der Biologie der Tiere Deutschlands erschienen:

Die 13. Lieferung enthält die Trichoptera, von G. ULMER bearbeitet (Preis 3,60 Goldmark). In sehr ausführlicher Weise werden zunächst die morphologischen Merkmale dieser Insektengruppe behandelt und damit die Grundlage für die Betrachtung der Biologie und Physiologie geliefert. Die verschiedenen Larvenformen werden dabei besonders genau berücksichtigt, was bei den kunstvollen Gebäuden der Köcherfliegen, die in diesem Zustand bekannter sind als die freilebenden Imagines, selbstverständlich erscheint.

Die Bryozoen oder Moostierchen nehmen fast ganz die 14. Lieferung ein. E. MARCUS gibt in seiner Beschreibung dieser Organismen eine sehr gute Zusammenfassung alles Wissenswerten dieser interessanten Tiergruppe, der man neuestens wieder erneute Aufmerksamkeit zuwendet.

Die Euphyllopoden, die in dieser 14. Lieferung ebenfalls enthalten sind, wurden von H. SPANDL bearbeitet. Er beschreibt den Bau und die Biologie von Apus, Branchipus und der anderen, infolge ihres Auftretens in austrocknenden Pfützen scheinbar „vom Himmel fallenden Krebse“ genauer und gibt gute Abbildungen dazu. Preis dieser Lieferung 2,55 Goldmark. Die 15. Lieferung wird von der Hauptgruppe der Phyllopoden ausgefüllt (Cladozera, von O. STORCH. Preis 3 Goldmark). Der Verf. entfaltet dort in knapper Form seine umfassende Kenntnis der speziellen Biologie dieser allbekannten niederen Krebse, deren eigentümliche Nahrungsaufnahme, Verbreitung, Variabilität usw. bis in neueste Zeit dauernd Gegenstand größerer Untersuchungen ist.

Der III. Abschnitt der Coleoptera, in welchem H. VON Lengerken die Übersicht über die Käfer beendet, macht den Beschluß der 16. Lieferung, die sich noch außerdem mit der kleinen Gruppe der Linguuliden beschäftigt (bearbeitet von K. VON Haffner. Preis der 16. Lieferung 3 Goldmark). Die Übersicht über diese eigenartige parasitische Arthropodengruppe mußte kurz ausfallen, entsprechend unserer nicht sehr ausgedehnten Kenntnis der Zungenwürmer, die seit längerer Zeit zum ersten Male wieder durch den Verf. Gegenstand von Untersuchungen wurden.

Das Jahr 1925 hat, wie aus dem oben angeführten hervorgeht, leider nur 4 neue Lieferungen gebracht; es ist dies recht bedauerlich, weil damit der Abschluß dieses für Zoologen weitester Kreise dankenswerten Werkes wohl noch längere Zeit auf sich warten lassen dürfte.

W. GOETSCH, München.

Handbuch der Zoologie. Eine Naturgeschichte der Stämme des Tierreiches. Gegründet von WILLY KÜKENTHAL. Unter Mitarbeit zahlreicher Fachgelehrter herausgegeben von THILO KRUMBACH. Liefg. 4–7. (Schluß des 1. Bandes.) Berlin und Leipzig: W. de Gruyter & Co. 1925. 22×28 cm. Preis: Liefg. 4: RM 5.40; Liefg. 5: RM 7.20; Liefg. 6: RM 9.—; Liefg. 7: RM 12.40.

Mit erfreulicher Schnelligkeit sind die letzten Lieferungen (4–7) des ersten Bandes erschienen, so daß dieser abgeschlossen mit 1060 Seiten und 845 Figuren vorliegt. Ein ausführliches Schlagwortregister bildet den Beschluß. In der 4. Liefg. führt FANNY MOSER ihre Urmedusentheorie zu Ende, nach der die Ursiphonophore als Urmeduse erscheint, aus der alle Cnidarier abgeleitet werden können. Daß diese Anschauung an Boden gewinnen wird, ist wohl zu bezweifeln. HADŽI hat sie neuerdings ja schon kritisch beleuchtet. Den Hauptteil der Liefg. nimmt die Bearbeitung der Skyphozoen von TH. KRUMBACH ein, die auch noch den größten Teil der folgenden Lieferungen füllt. Sie erscheint uns voll geglückt und wirklich handbuchmäßigen Charakter zu haben. Mit großem didaktischen Geschick, das sich auch in den zahlreichen Originalabbildungen zeigt, wird die Naturgeschichte dieser Gruppe in allen ihren Teilen ausführlich geschildert, wobei auch die abweichenden Formen, wie Tetraplatia, nicht zu kurz kommen. KÜKENTHALS Behandlung der Oktokorallen in Liefg. 5 und 6 wird jedem Zoologen willkommen sein, wenn auch infolge der vielfachen Lücken in der Kenntnis dieser Tiere das dargestellte Bild nicht ein so abgerundetes sein kann wie bei der vorigen. PAX' Schilderung der Hexakorallen in Liefg. 6 und 7 wird ebenfalls großes Interesse erregen. Haben wir doch nun in diesen beiden Bearbeitungen eine neuzeitliche, großzügige Darstellung der Anthozoen, die unter den Cnidariern immer etwas die Stiefkinder gewesen sind. Vorzüglich ist auch wieder KRUMBACHS Behandlung der Ctenophoren, für die er den Namen Collaria (wegen der Haftzellen) als Analogon zu Cnidaria einführt. Der neuerdings wieder aufgelebten Diskussion über die genetischen Beziehungen der Rippenquallen zu anderen Tierstämmen wird KRUMBACH in einem besonderen Abschnitt gerecht. Den Beschluß der 7. Liefg. und damit des Bandes bilden die Mesozoen von M. HARTMANN, der mit vollem Recht hierher als einzige Klasse Moruloidea nur noch die Rhombozoa und Orthonectida stellt, während von den noch nicht gedeuteten „Mesozoen“ Neresheimia und Salinella zum Schluß kurz erwähnt werden. So klingt in erfreulicher Weise der erste Band eines Werkes aus, das besonders in seinen letzten Lieferungen unseren Erwartungen voll entsprochen hat.

P. SCHULZE, Rostock.
HIRSCH-SCHWEIGGER, ERWIN, Zoologisches Wörterbuch. Berlin und Leipzig: Walter de Gruyter & Co. 1925. VIII, 628 S. und 477 Abbildungen. 13 × 20 cm. Preis RM 26.—.

Die wesentlichste Absicht des Buches ist die, den Zoologen im Beruf und den Studierenden, sowie den Lehrern und Freunden der Naturwissenschaften eine Hilfe zu sein, die eine kurze erste Orientierung gibt und dann den Weg in die betreffenden Kapitel der einschlägigen wissenschaftlichen Werke weist. Eine Grenze war der Auswahl der Stichwörter zunächst durch die Absicht des Verlages gezogen, neben diesem zoologischen Wörterbuch auch ein paläontologisches, ein physiologisches, ein anthropologisches Wörterbuch zu anderen aus den Nachbargebieten herauszubringen. Deswegen findet der Leser hier auf solche Fragen nur bei den allergrößten Grundbegriffen Antwort. Etwas

schwieriger war die Auswahl der unmittelbar zur Zoologie zu rechnenden Stichworte, z. B. aus dem biologischen, morphologischen, histologischen, anatomischen, cytologischen Arbeitsgebieten; sie sind im allgemeinen bis an die Grenze der feineren Strukturen, die nur die spezialisierten Fachinteressen berühren, verfolgt. Für die systematischen Stichworte war eine Vollständigkeit bis zu den Ordnungen von selbst geboten. Soweit hier ein Sprung von der Ordnung zur Gattung gemacht worden ist, erklärt er sich aus der Rücksicht auf möglichst Kürze unter Vermeidung unbekannter Unterordnungen, Familien usw. Für die Familie sind nur die typischen Vertreter, die „Lehrbuch-Tiere“ angegeben. Selbstverständlich wurde möglichst Vollständigkeit der deutschen Fauna (besonders bei Insekten, Spinnen und Wirbeltieren) auch mit ihren geläufigsten deutschen Namen angestrebt. Diagnosen sind für Ordnungen und Unterordnungen, von den Insekten an auch im allgemeinen für die Familien gegeben.

Im allgemeinen ist die Systematik, nach der BREHMS Tierleben (IV. Auflage 1912–1918) aufgebaut ist, zugrunde gelegt worden. Vielfach ist der Systematik des Handwörterbuches der Naturwissenschaften gefolgt worden, bei den Protozoen im wesentlichen der Systematik in DOFLEIN, Lehrbuch der Protozoenkunde, Jena 1911.

Aus dem Vorwort.
BLEULER, E., **Die Psychoide als Prinzip der organischen Entwicklung.** Berlin: Julius Springer 1925. VI, 152 S. 17 × 26 cm. Preis RM 6.60.

Der bekannte Psychiater, der schon in seiner „Naturgeschichte der Seele“ (1921) mit philosophischen Grundfragen gerungen hatte, entwickelt hier seine naturphilosophischen Auffassungen im Zusammenhang. Im Bereich des Lebendigen sei der Zufall als alleiniges Entwicklungsprinzip durchaus unzureichend, wie vor allem am Beispiel des Auges — Verf. teilt den Organismus in gleich große Würfel und berechnet so für die zufällige Entstehung eines an der Körperoberfläche gelegenen und zentrierten Auges die Wahrscheinlichkeit 10^{-45} (S. 13) — dargelegt wird. Die Grundeigenschaft alles Lebens sei vielmehr „Zielstrebigkeit“. Nicht an bewußte Absicht aber habe man bei der organischen Zielstrebigkeit zu denken, ein Standpunkt, der mit großer Konsequenz festgehalten wird, sondern sie sei gekennzeichnet erstens durch die Fähigkeit, *verschiedene* Wege, ja Umwege zu dem „erstrebten“ Endziel einzuschlagen. Die Akkomodation des Auges z. B., die Lokomotion usw. werde in den verschiedenen Tierklassen auf die verschiedenste Weise erzielt. Zweitens sei alles Zielstrebige aktiv: werde doch bei allen Organismen durch äußere Reize die aufgespeicherte potentielle Energie nur ausgelöst. Sowohl die Fähigkeit zum Umweg als die Aktivität aber beruhe auf Gedächtnis, auf „Mneme“ (Semon), d. h. auf der Fähigkeit sich zu üben und (unbewußt) Erfahrungen zu sammeln. Hätte z. B. eine Kugel im Schwerfeld Mneme, die einmal auf einer horizontalen Tischplatte zum Rande gerollt wurde und sodann herabfiel, so würde sie, wiederum auf die Platte gesetzt, spontan zum Rande rollen und sich herabstürzen: das Gedächtnis hätte aus ihr ein aktives, zielstrebiges Quasilebewesen gemacht. Ziel des Organischen sei indes nicht sich hinabzustürzen oder dgl., sondern stets „Schutz des Lebens“ (21), und zwar des eigenen und der Gattung, ja bisweilen auch fremder Gattungen (Pflanzengallen, fremddienliche Zweckmäßigkeit Bechers, 48). Gewisse Spuren der Mneme bestünden jedoch schon im Anorganischen, so daß Urzeugung durchaus denkbar wäre (25). Auch hinsichtlich der Aktivität seien der fallende Stein, das

zu Boden flatternde Papier und der Vogel nur graduell verschieden, prinzipiell seien die drei Bewegungen gleich vorausrechenbar (29 f.).

Das Lebewesen reagiere auf *Ganzes* zielstrebig auf Störungen jedes seiner Teile. Es bestehe also offenbar zwischen den Teilen ein „Nachrichtendienst“, dem bald chemischer Transport (Hormone), bald Reizleitung von Zelle zu Zelle (Herz), bald Nervenleitung zugrunde liege und der bisweilen auch in einem Hirn zentralisiert sei. Der Niederschlag, das „Engramm“ all dieser Nachrichten, psychologisch ausgedrückt: die Erinnerung an alle im Verlauf der Stammesgeschichte eingelaufenen Empfindungen, sei die „Lebformel“, d. h. der Bau- und Funktionsplan des Lebewesens. Als Engrammsumme wird die Lebformel vom Verf. jedoch räumlich aufgefaßt. Sie sei diffus im ganzen Leib lokalisiert, so daß z. B. aus einem halben Echinodermenei ein ganzer Pluteus sich entwickeln könne; es gebe indes Stellen, denen die Lebformel besonders konzentriert eingedrückt sei, so wie in der Hirnrinde neben der diffusen Lokalisation noch „Foci“ besonders intensiver Lokalisation (MONAKOW) bestünden. Solche Foci und nicht mehr seien die Chromosomen. Die Gesamtheit der Gene nämlich sei nichts als die Lebformel, d. h. „eine Summe physisch erworbener Engramme“ (63). Eine abschließliche Lokalisation der Gene in den Chromosomen oder gar an bestimmten Chromosomenstellen (Drosophila-Untersuchungen MORGANS) liege nicht vor, auf Übertreibung beruhe überhaupt die scharfe Scheidung von Soma und Keim: gegen die Vererbung erworbener Eigenschaften sei „kein Schatten eines Beweises erbracht“ (83). Im ganzen also bestünde — abgesehen vom Bewußtsein — starke Analogie von lebendig und psychisch. Man könne deshalb jedem Lebewesen ein psycheähnliches Gebilde, eine „Psychoide“ zuschreiben, unter der zu verstehen sei „die Gruppe der jeweils aktiven (ekphorierten) Engramme“, d. h. der sich in Bau, Funktion, Regeneration usw. jeweils äußernde Niederschlag der Vergangenheit. Eingebettet in, bzw. herausdifferenziert aus der Urpsychoide seien die Psychoiden der Arten und Individuen und in diese wieder seien bisweilen eingebettet die besonders stark zentralisierten Hirnrindenseelen. Die Bewußtseinsqualität hingegen sei nichts als die Innenansicht der Rindenpsyche (28): das Bewußtseinsproblem also wird durchaus parallelistisch aufgefaßt. Von außen gesehen sei die Rindenseele der Ur- und Phylopsychoide durchaus gleichartig, nur sei sie beweglicher: für das bewußte Gedächtnis nämlich genüge ein einziges Erlebnis, auf die Lebformel dagegen seien nur millionenfach stammesgeschichtlich wiederholte Engramme von Einfluß (145). Und so schließt das Buch mit einer Stellungnahme zum Vitalismusproblem. Es bestehe bisher ebensowenig Anlaß, eine eigene Lebenskraft anzunehmen, wie sie auszuschließen, denn wir wüßten über sie ebensoviel wie über die Frage „ob die Marsbewohner Filzhüte tragen“ (151). Entschlossen sei nur eine Erklärung des Lebens aus „nichtmnemischen, physikalisch-chemischen Kräften allein“. Da aber Mnemespuren schon im Unorganischen sich finden, führe vom Unbelebten über die Phylopsychoiden bis zu den Rindenpsychen, die sogar eine bewußte Innenseite besitzen, eine kontinuierliche Entwicklung.

Die biologische Fachliteratur ist reichlichst benützt, über die herangezogenen biologischen Tatsachen, die vorgebrachten biologischen Theorien jedoch steht dem Ref. ein Urteil nicht zu. Philosophisch am bedeutungsvollsten scheint jedenfalls die originelle Mittelstellung des Verf.s zwischen Mechanismus und Vitalismus. Mechanistisch ist seine Auffassung der Psychoide als

eines *räumlichen* Engramms, mechanistisch mutet an die kontinuierliche Linie vom Unbelebten zum Organischen, die parallelistische Auffassung des Bewußtseins; vitalistisch dagegen erscheint die scharfe Ablehnung einer physikalisch-chemischen Theorie des Lebens, die ein wenig geringschätzig die Behandlung des Physikalischen als eines „bloß Zufälligen“. Vom mechanistischen Standpunkt freilich ließe sich zweierlei einwenden: „mechanische“ Faktoren könnten sowohl *neben* der Mneme als *in* ihr selbst eine weit größere Rolle spielen, als Verf. annimmt. 1. Der geistvolle Versuch nämlich, Zielstrebigkeit auf Mneme zurückzuführen, scheint kaum in allen Fällen durchführbar. Mit Hilfe der Mneme läßt sich zwar verständlich machen, daß Wege und Umwege, die sich einmal als lebensfördernd erwiesen haben, in Zukunft wieder eingeschlagen werden, es ließe sich mit Hilfe eines physischen Gedächtnisses allenfalls noch einsehen, wieso landbewohnende Raubtiere sich wieder zu wasserbewohnenden Walen zielstrebig umbilden (wiewohl hier das DOLLOSche Gesetz schon große Schwierigkeiten bereitet), wie aber sollen mit Hilfe der Mneme allein z. B. aus Wasserbewohnern die allerersten Landtiere zielstrebig hervorgegangen sein? Spielen hier als „zufällig“ vom Verf. ein wenig mißachtete Faktoren nicht doch eine größere Rolle, läßt sich überhaupt aus Wiederholung der Vergangenheit die Entwicklung zu *neuen* Formen ableiten, ohne nichtmnemische Faktoren sehr ausgiebig heranzuziehen? Jedenfalls scheint der „Zufalls“-Begriff des Verf.s kaum korrekt. Wenn etwa Verf. für das „mechanistische“ Zustandekommen eines Auges eine minimale Wahrscheinlichkeit berechnet, so ließe sich für das regelmäßig-raumgitterartige Alternieren von Na- und Cl-Atomen, d. h. für das Zustandekommen eines NaCl-Krystalls auf genau die gleiche Weise sogar eine *beliebig* kleine Wahrscheinlichkeit errechnen, wenn nämlich der Krystall entsprechend groß gewählt wird. Es sind jedoch nicht alle Atompermutationen „gleich möglich“, sondern durch die elektrischen Valenzkräfte ist eine Gleichgewichtsfigur, eben das Raumgitter, ausgezeichnet. Könnte es sich nicht auch beim Leben um freilich weit kompliziertere und bewegliche Gleichgewichtsfiguren handeln, darf man die Physik als zufällig, darf man „Zufälle“ als gleich möglich hinstellen, solange man von den gestaltenden Kräften noch nichts weiß? 2. Die mnemeähnlichen Erscheinungen im Unbelebten, z. B. die WIENER-LIPPMANNsche Farbenphotographie — auf die Verf. S. 25 anzuspüren scheint —, die elastische und magnetische Hysterisis, das Ausschleifen von Bahnen im Schnee u. dgl. lassen sich rein mechanistisch deuten, und zwar stets durch Strukturänderungen, Änderungen der Anfangskonstellation, die durch einen ersten Vorgang hervorgerufen, seine Wiederholung erleichtern oder herbeiführen. Wird sich nicht auch im Belebten die Mneme vielleicht einmal auf Strukturänderungen, Gestaltsänderungen rein mechanistisch zurückführen lassen? Wiederum wären wir hier bei der Struktur angelangt wie schon bei den Gleichgewichtsfiguren. Gerade hier könnte sogar der eigentlich fruchtbare Kern der neuerdings wieder auflebenden Entelechien und Formen des Aristoteles stecken: scheint doch das Wesen des Lebens in höchstkompliziert, sich kontinuierlich verschiebenden Gleichgewichtsfiguren zu bestehen, in denen durch äußere Reize mnemeartig Spuren zurückbleiben. Vielleicht könnte ein Mechanist die Formulierung wagen: Lebendiges und Unbelebtes stimmt überein in den „Kräften“, d. h. den Mikrogesetzen und unterscheidet sich nur in der *Konstellation* der Atomgruppen, d. h. das Leben ist nichts als ein Problem der Gestalt. Verf. behandelt

Gestaltprobleme zwar auch, sie scheinen aber mit seiner Grundauffassung doch nicht recht verschmolzen.

Wie dem immer auch sei, wie es im einzelnen auch mit der Haltbarkeit der biologischen Auffassungen des Verf.s stehen mag: sein Buch, das auf einem so dunklen Gebiet einen originellen Standpunkt mit einer Fülle von geistreichen Auffassungen vertritt, verdient naturphilosophisch größtes Interesse. E. ZILSEL, Wien.

JACOBY, GÜNTHER, **Allgemeine Ontologie der Wirklichkeit**. Erster Band. Halle: Max Niemeyer 1925. 576 S. 16 × 24 cm. Preis geh. RM 11.—, geb. RM 13.50.

Das Buch will sich nicht an den engen Kreis der Fachphilosophen wenden, sondern an den weiteren der einzelwissenschaftlichen Forscher. Es unterscheidet verschiedene Schichten der Wirklichkeit, deren „ontologische Struktur“ untersucht werden soll. Die „immanente Außenwirklichkeit“ zunächst — d. h. die Außenwirklichkeit, soweit sie in unser Bewußtsein eingeht — wird dargestellt als ein räumlich, zeitlich und kausal zusammenhängendes Gebilde, hervorgegangen aus der Sicht-, Tast-, Schallwirklichkeit usw. Jede dieser Sinneswirklichkeiten ist kausal „offen“, d. h. die Ursachen und Wirkungen z. B. des Riechbaren führen aus der Geruchswirklichkeit hinaus. Erst durch die wechselseitige Zuordnung der Sinneswirklichkeiten aufeinander entstehe für den Naiven der Anschein einer kausal „geschlossenen“ Außenwirklichkeit. Das Bewußtsein dagegen bilde ein zeitlich und durch psychische Kausalität zusammenhängendes System, besonders gekennzeichnet durch die eigenartige, unbeschreibbare Verbindung der gleichzeitigen Erlebnisse: die „Erlebnis-einheit“. Zwischen Außenwirklichkeit und Bewußtsein bestehe „Überschneidung“, d. h. es gäbe Bestände, die nur der Außenwirklichkeit, solche die nur dem Bewußtsein und solche die beiden Systemen zugleich angehörten. Auf der Überschneidung beruhten die Schwierigkeiten des psychophysischen Problems, die schließlich zum Zusammenbruch der Immanenzontologie, zur Forderung nach einer bewußtseins*transzendenten* Wirklichkeit führten. Den logischen Grundlagen der Transzendenzontologie, sehr ausführlichen Untersuchungen verschiedener Urteilsarten, der Begriffe apriori und aposteriori, analytisch und synthetisch usw. ist der Schlußabschnitt gewidmet. Die transzendente Wirklichkeit selbst soll ein nächster Band behandeln.

In der Abgrenzung der Ontologie, der Logik und der Erkenntnistheorie gegeneinander sieht das Buch eine seiner Hauptaufgaben und widmet ihr dementsprechenden Raum. Die Art, besonders auch die Breite der Problembehandlung liegt dem naturwissenschaftlichen Forscher, aber wohl auch jenen Philosophen ein wenig ferner, die die Fruchtbarkeit und Präzision der Naturwissenschaften mit einem gewissen Neid sich zum Vorbild genommen haben. Wissenschaftsgeschichtlich scheint der vorliegende Versuch, die Ontologie als ein neues Gebiet der Philosophie abzustecken, recht verwandt mit analogen Tendenzen in der Philosophie der Gegenwart, verwandt etwa mit der Neuentstehung der Phänomenologie, der Gegenstandstheorie usw. Es ist jedoch z. B. am Ende des 17. Jahrhunderts der neu-erstehende Infinitesimalkalkül *nicht* hervorgewachsen aus der Diskussion seiner Abgrenzung gegen die Algebra und seiner methodischen Eigenart und um so mehr gilt dies von heute neu erstehenden *empirischen* Wissenschaften, etwa der Metallographie oder der Stellarstatistik. Immer haben zuerst die neuen Ergebnisse die neue Wissenschaft gerechtfertigt, und erst später und allmählich hat sich die Abgrenzung der

neuen Arbeitsgebiete, die Reinigung und Präzisierung der neuen Methoden vollzogen. Wenn die heute auf dem Gebiet der Philosophie neu entstandenen Wissenschaften den anderen Weg gewählt haben, wird vom Standpunkt der Wissenschaftsgeschichte der Wunsch auftauchen, daß den Erörterungen der Eigenart des Forschungsgebietes und der Forschungsmethoden recht bald die fruchtbaren Resultate folgen mögen.

E. ZILSEL, Wien.

HÖLDER, OTTO, **Die mathematische Methode**. Logisch-erkenntnistheoretische Untersuchungen im Gebiete der Mathematik, Mechanik und Physik. Berlin: Julius Springer 1924. X, 563 S. und 235 Abbildungen. 17 × 25 cm. Preis geh. RM 26.40, geb. RM 28.20.

Schon vor einem Vierteljahrhundert hatte der Verf. mit seiner Antrittsrede: Anschauung und Denken in der Geometrie in die philosophische Diskussion über die Grundlagen der Mathematik eingegriffen und das Niveau dieser Diskussion beträchtlich gehoben. In dem vorliegenden Werk behandelt er ausführlich die geometrischen und mechanischen Beweise, den Maß- und Stetigkeitsbegriff, die prinzipiellen Grundlagen der analytischen Geometrie, die Widerspruchslosigkeit und Unabhängigkeit der geometrischen Axiome, den Limiten-, Funktions- und Differentialbegriff, die reellen und imaginären Zahlen und die prinzipiellen Grundlagen der Zahlentheorie. Ein zweiter Teil versucht allgemein die mathematischen Methoden zu analysieren, ein dritter den Zusammenhang der Geometrie, der Mechanik und der Physik mit der Erfahrung klarzustellen. Ein Anhang schließlich erörtert mathematische Paradoxien und Antinomien.

Die Grundauffassung ist eine gemäßigt empirische. Die empirische Grundlage der Geometrie wird betont, der Bestand einer apriorischen Raumanschauung abgelehnt und insbesondere der unanschauliche Charakter des geometrischen Beweisverfahrens hervorgehoben. Das lineare Kontinuum und der Begriff der Reihenfolge dagegen werden als gegebene, nicht weiter ableitbare „Urformen“ aufgefaßt (§ 122ff.). Den neuen Grundlegungen der Mathematik steht Verf. ein wenig konservativ gegenüber; verhält er sich doch etwas skeptisch nicht nur zu den Formalismen FREGES, PEANOS (S. 349) und B. RUSSELS (277ff.), sondern auch zu dem axiomatischen Verfahren HILBERTS (319ff.), zu der Mengenlehre ZERMELOS und G. CANTORS (554). Im ganzen scheint der Wert des Werkes nicht so sehr in der Herausarbeitung einer einheitlichen und scharf formulierten Grundauffassung zu liegen als in der Fülle trefflicher Analysen von Einzelproblemen und Einzelbegriffen aus den verschiedensten Gebieten. Mathematiker und Naturforscher, die über die Grundlagen ihrer Wissenschaft, vor allem aber Philosophen, die über das Prinzipielle der einzelnen mathematischen Verfahrungsweisen Belehrung erwarten, werden wohl stets mit Gewinn nach dem Werke HÖLDERs greifen.

E. ZILSEL, Wien.

KNESER, ADOLF, **Lehrbuch der Variationsrechnung**. 2. Auflage. Braunschweig: Fr. Vieweg & Sohn A.-G. 1925 VII, 397 S. und 13 Abb. 14 × 22 cm. Preis geh. RM 22.—, geb. RM 24.—.

Die Variationsrechnung als mathematische Disziplin ist nicht viel jünger als die moderne Analysis überhaupt. Sie ist in gewisser Hinsicht als die natürliche Fortsetzung und Verallgemeinerung der Differentialrechnung zu betrachten, und ihre Begriffe und Methoden sind so eng und so grundlegend mit fast allen Disziplinen der Analysis und der theoretischen Physik verknüpft, daß eigentlich ein gründliches Studium der Variationsrechnung

für jeden Mathematiker und theoretischen Physiker längst eine Selbstverständlichkeit geworden sein sollte. Seltenerweise ist dies jedoch ganz und gar nicht der Fall; immer noch halten viele Mathematiker und Physiker die Variationsrechnung für eine ziemlich eng begrenzte schwer zugängliche Domäne mathematischer Spezialisten, der man ungestraft aus dem Wege gehen darf. Sehr langsam und gegen große Hemmungen bricht sich die Erkenntnis Bahn, daß es sich hier um ein Zentrum der mathematischen Analysis handelt.

An diesem Mißverhältnis trägt zum großen Teil die historische Entwicklung mit ihren Zufälligkeiten Schuld. Nach glänzenden und vielversprechenden Anfängen im 17. und 18. Jahrhundert hat der Strom der Entwicklung, angelockt durch die magnetische Kraft einiger schwieriger Fragestellungen, einen Weg genommen, der eine breitere Entfaltung hemmte. Der Kampf mit diesen Schwierigkeiten, welche durch das Wort „hinreichende Bedingungen“ gekennzeichnet sind, ist erst in den letzten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts durch das Eingreifen von WEIERSTRASS zu einem gewissen Abschluß gekommen. Da WEIERSTRASS seine Untersuchungen nicht publizierte, sondern nur in seinen Vorlesungen vortrug, dauerte es lange, bis sie einem größeren Kreise zugänglich wurden.

ADOLF KNESER, einer derjenigen, die mit dem größten Erfolge den WEIERSTRASSschen Gedanken aufnehmen und ausbauen, war der erste, der seinen Fachgenossen eine Übersicht über die Variationsrechnung von dem neugewonnenen Standpunkte aus in Form eines Lehrbuches vorlegte. Die erste Auflage des Buches erschien im Jahre 1900. Sie war eine wissenschaftliche Tat, nicht nur, weil sie eine große Lücke ausfüllte, sondern auch weil sie eine Fülle eigener Leistungen enthielt. Leider aber hat das Buch nicht den Erfolg und den Einfluß gehabt, den die Sache verdiente. Es war allzu sehr nach dem Prinzip geschrieben, daß es in der Mathematik keinen Königsweg gäbe; es stellte so hohe Anforderungen an die Geduld, den zähen Willen und die wissenschaftliche Reife des Lesers, daß wohl nur wenig Studenten und auch nicht viele ältere Fachgenossen es ganz durchstudiert haben mögen. Daher ist es wohl zu erklären, daß die erste Auflage dieses Werkes fast 25 Jahre vorgehalten hat, trotzdem erst allmählich einige wenige andere Lehrbücher auf diesem Gebiet entstanden.

Nun liegt die 2. Auflage vor uns, in sachlicher Hinsicht mannigfach ergänzt und verbessert. Niemand, der das Buch in die Hand nimmt, wird sich dem Gefühl der Bewunderung vor der großen Kraftleistung des Autors und Forschers entziehen. Damit, daß auch die neue Auflage die Sache dem Leser nicht leicht macht, wird man sich abfinden müssen. Dafür aber findet man auf engem Raum eine recht vollständige Übersicht über die klassische Variationsrechnung, wie sie sich unter dem Einfluß der WEIERSTRASSschen Schule als mathematisches Spezialfach herauskristallisiert hat. Als solche Zusammenfassung einer in ihren Grundzügen wohl abgeschlossenen Entwicklung wird das Buch lange Zeit für Lehrer und Lernende seinen unschätzbaren Wert behalten. Es ist zu hoffen, daß die neue Entwicklungsphase, in welche die Variationsrechnung und die Funktionalrechnung in den letzten Jahrzehnten eingetreten ist, und in welcher die Bedeutung dieser Dinge für die ganze Analysis und Physik erst richtig zur Geltung kommt, auch einmal eine so gründliche und kraftvolle Darstellung findet.

R. COURANT, Göttingen.

CHWOLSON, O. D., *Die Evolution des Geistes der Physik, 1873–1923*. Aus dem Russischen übersetzt

von V. R. BURSIAN. Braunschweig: Fr. Vieweg & Sohn A.-G. 1925. VI, 197 S. Preis geh. RM 10.—, geb. RM 12.—.

CHWOLSON, O. D., *Das Problem Wissenschaft und Religion*. Braunschweig: Kommissionsverlag Fr. Vieweg & Sohn A.-G. 1925. V, 37 S. Preis RM 1.80.

Zwischen den beiden vorstehend genannten Schriften des hochbetagten Seniors der russischen Physik besteht insofern ein gewisser innerer Zusammenhang, als sie beide aufzufassen sind als der Versuch einer Rechenschaftsablegung eines Mannes, der nach langem, arbeitsreichem Leben auf dieses zurückblickt und aus seinem Erleben das Fazit zu ziehen sucht. Die erste Schrift enthält eine vergleichende Kritik der Physik zu Beginn der wissenschaftlichen Laufbahn des Verf., um 1873, mit der Physik unserer Tage, also über einen Zeitraum von rund 50 Jahren. Der Grundgedanke der Untersuchung ergibt sich am besten aus den Kapitelüberschriften. Nach einer allgemeinen Einleitung wird der Stand der Physik vor 50 Jahren dargestellt und untersucht, was sich an den damals herrschenden Anschauungen im Laufe der Folgezeit nicht ändern konnte. Es folgt eine Darstellung des heutigen Standes der Physik. Anschließend werden die heute geltenden Theorien eingeteilt in solche, welche dem alten Geiste, und solche, welche dem neuen Geiste entsprechen. Die beiden Schlußkapitel zeigen, was nach Meinung des Verf.s als Fortschritt, was als Rückschritt anzusehen ist.

Vorweg sei gesagt, daß der Wert und der hohe Reiz der Schrift nicht in dem bei dieser Schlußkritik erzielten Ergebnis liegt, sondern in der ungemein lehrreichen, kurzgefaßten Darstellung der beiden Phasen der Physik, wie sie in dieser Form wohl noch nie gegeben worden ist. Jeder Physiker wird diesen kurzen Extrakt mit lebhaftem Genuß lesen. Die Beantwortung der Frage, was man als einen Fortschritt, was als einen Rückschritt ansehen will, wird notwendig subjektiv ausfallen, und der Autor muß gewärtig sein, den Beifall zahlreicher Fachgenossen nicht zu finden. Mir scheint — wahrscheinlich keineswegs im Sinne des Verf. — dieser Punkt aber keineswegs wesentlich, sondern mehr eine Privatangelegenheit des Verf. So sei nur kurz gesagt, daß CHWOLSON bereits das Eindringen der MAXWELLschen Theorie in die Physik für einen verderblichen Rückschritt hält und noch viel mehr den Formalismus der Quanten- und Atomtheorie. Er vermißt bei vielen heutigen Hypothesen die Verständlichkeit. Sollte es nicht so sein, daß in Wirklichkeit die älteren Theorien im Grunde genommen ebensowenig oder ebensosehr „verständlich“ waren wie die angefeindeten neuen Theorien, und daß es immer nur die Gewöhnung und die fortgesetzte Bewährung und fortschreitende Einprägung ist, die eine Theorie allmählich zu einer „verständlichen“ macht? Mir will es so scheinen. Die tatsächlichen Fortschritte der Physik werden vom Verf. keineswegs bestritten und fast überschwänglich gelobt. Mir scheint, daß er übersehen hat, daß man auch den Wert wissenschaftlicher Theorien in erster Linie an ihren Früchten erkennen soll. In der Forderung nach einer „Verständlichkeit“ der Theorien dürfte doch letzten Endes die Forderung nach einer mechanischen Naturauffassung stecken. Daß wir diese Forderung nicht erfüllen können, steht aber fest. Doch, wie gesagt, dies scheint mir nicht wesentlich. Die Vorzüge des Büchleins sind so große, daß ich jedem Physiker wünsche, er möge es in einer ruhigen Stunde lesen und sich daran erfreuen. Kritik in Einzelheiten möge er dabei getrost beiseite lassen.

Wer die zweite der oben genannten Schriften gelesen

hat, wird sie wohl vielfach mit einigem Kopfschütteln, aber gewiß nicht ohne Ergriffenheit wieder aus der Hand legen. Der Verf. setzt sich hier mit der Frage des Zwiespaltes zwischen Wissenschaft und Religion auseinander, der die Menschen von jeher so tief bewegte, und er versucht diesen Zwiespalt mit den Mitteln der Logik, wie sie die exakten Wissenschaften gebrauchen, der Lösung näherzubringen. Es ist hier nicht der

Ort, auf die Einzelheiten der Lösung, wie CHWOLSON sie sieht, einzugehen. Aber ebenso wie oben halte ich auch hier das Endergebnis des Verf. nicht für das Wesentliche, sondern den Einblick in die Seele eines verehrungswürdigen Menschen, der uns hier teilnehmen läßt an seinem Ringen um eines der höchsten Probleme der Menschheit.

W. WESTPHAL, Berlin, z. Z. Salem, Baden.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Der Herausgeber hält sich für die Zuschriften und die vorläufigen Mitteilungen nicht für verantwortlich.

Die Resonanzlinien der Edelgase.

Vor einiger Zeit hat der eine von uns hier über die Messung der Wellenlänge der Resonanzlinien des Neons berichtet. Gleichzeitig ist unabhängig davon das Spektrum des Neons im kurzwelligen Ultraviolett von LYMAN und SAUNDERS untersucht worden. Dieselben Autoren haben kürzlich die Wellenlängen der Resonanzlinien des Argons mitgeteilt. Wir haben inzwischen die Messungen an Neon mit etwas veränderter Apparatur wiederholt und auf Argon, Krypton und Xenon ausgedehnt. Der Vakuumspektrograph war der bei den ersten Messungen an Neon benutzte, an dem inzwischen einige Verbesserungen angebracht waren. Ferner wurde jetzt als Lichtquelle eine positive Säule benutzt, welche in einem Glasrohr von etwa 3 mm innerer Weite erzeugt wurde, das unmittelbar vor dem Spalte endigte. Der Apparat wurde mit Neon von 1–2 mm Druck gefüllt, dem einige Zehntel eines der anderen Edelgase zugesetzt waren. Da bei Argon, Krypton und Xenon die Reinigung des Gases durch Kohle in flüssiger Luft nicht mehr möglich war, trat stets auch das Wasserstoffspektrum auf. Dies hatte den Vorteil, daß die Linie 1215,68 Å, die Resonanzlinie des Wasserstoffatoms als Bezugslinie für die Wellenlängenmessung benutzt werden konnte. Es wurde mit einer Stellung von Gitter und Platte gearbeitet, bei welcher gleichzeitig die Resonanzlinien des Neons in zweiter Ordnung und diejenigen von Argon, Krypton, Xenon und Wasserstoff in erster Ordnung aufgenommen werden konnten. In der beistehenden Tabelle sind die Wellenlängen der stärksten Linien an-

regungsspannungen mit den bei ihrer Messung nach der Elektronenstoßmethode erhaltenen Kurven, so erkennt man, daß die beiden Resonanzlinien beim Neon und Argon so nahe beieinanderliegen, daß die zugehörigen Anregungsspannungen nach der Elektronenstoßmethode noch nicht getrennt werden können. Beim Krypton dagegen ist die kurzwelligere Linie bereits so weit von der anderen entfernt, daß die zugehörige Anregungsspannung sich durch ein besonderes Maximum in der Kurve bemerkbar macht. Beim Xenon ist der zu der kurzwelligeren Resonanzlinie gehörige Term bereits so nahe an die nächsthöhere Termgruppe herangerückt (welche man unter der Annahme gleichen Baues der Spektren als Gruppe der $2p$ -Terme anzu-
sehen hat), daß sie sich in der Elektronenstoßkurve nur als Verbreiterung des zu dieser Gruppe gehörigen Maximums zeigt. Die bei 9,9 Volt gemessene Anregungsspannung ist als Schwerpunkt der Anregungsspannungen der kurzwelligeren Resonanzlinie und der ($2p$)-Terme zu deuten. Unter der beim Helium zutreffenden Annahme, daß sich die den metastabilen Zuständen entsprechenden Terme bei den Elektronenstoßmessungen ebenso stark bemerkbar machen wie die anderen, würde man schließen können, daß die metastabilen Terme beim Fortschreiten zu den schwereren Edelgasen in der Nähe des zu der langwelligeren Resonanzlinie gehörigen Terms bleiben, während die kurzwelligere Resonanzlinie sich immer mehr von der anderen entfernt. Das wäre von Interesse im Zusammenhang mit der Auffassung der 4 s -Terme des Neons als einem Singulett- und 3 Triplett- p -Termen, indessen ist dieser Schluß noch recht unsicher.

Die Messungen, über die hier berichtet worden ist, sind im Physikalischen Laboratorium der Philips Glühlampenfabriken in Eindhoven (Holland) ausgeführt worden.

Halle (Saale) und Eindhoven, Mai 1926.

G. HERTZ, J. H. ABBINK.

Über die anomale Dispersion im Gebiet der Röntgenstrahlen.

In neuerer Zeit sind eine Reihe von Messungen über den Brechungsindex μ der Röntgenstrahlen erschienen¹⁾, von denen sich einige besonders mit dem anomalen Verhalten von $\delta = 1 - \mu$ in der Nähe der Absorptionskanten befassen. Meist werden in diesen Arbeiten die experimentell gefundenen δ -Werte mit Werten verglichen, die aus Gleichungen berechnet werden, welche

¹⁾ B. DAVIS und R. V. NARDROFF, Proc. of the Nat. Acad. 10, 60, 384. 1924; Phys. review 24, 143. 1924; M. SIEGBAHN, Nature 115, Januar 1923; Journ. de phys. et radium 6, 6. 1925; E. HJALMAR, Ann. d. Phys. 79, 550. 1926; A. LARSSON, Ark. Mat. Astr. 19 A, 14. 1925.

	Wellenlänge der Resonanzlinien Å—E	Anregungs- spannungen der Resonanzlinien Volt	Gemessene Anregungs- spannungen Volt
Neon . . . {	743,6 735,8	16,60 16,78	} 16,6
Argon . . . {	1066,8 1048,3	11,57 11,78	} 11,5
Krypton . . {	1235,8 1164,9	9,99 10,60	9,9 10,5
Xenon . . . {	1469,5 1295,7	8,40 9,53	8,3 9,9

gegeben, welche, wie in der ausführlicheren Veröffentlichung gezeigt werden soll, der Art ihres Auftretens nach auch bei Argon, Krypton und Xenon sehr wahrscheinlich als Resonanzlinien anzusprechen sind. Hinzugefügt sind die aus den Wellenlängen berechneten Anregungsspannungen der Resonanzlinien und die von HERTZ und KLOPPERS nach der Elektronenstoßmethode gemessenen ersten Anregungsspannungen der Edelgase. Die Übereinstimmung sowohl mit den LYMANschen Messungen für Neon und Argon als die der berechneten Anregungsspannungen mit den gemessenen ist befriedigend. Vergleicht man die Werte der An-

gemäß der EWALDSchen Theorie der Röntgeninterferenzen einer LORENTZ-PLANCKSchen Dispersionsgleichung analog gebaut sind:

$$\delta = 1 - \mu = -\frac{1}{\Omega} = -\frac{e^2}{2\pi m} \sum_i \frac{N_i}{\nu^2 - \nu_{oi}^2}, \quad (1)$$

wobei ν_{oi} die Kantenfrequenzen aller im Krystall vorkommender Atome bedeuten.

Bei diesen Vergleichen hat sich ergeben, daß zwar in größerer Entfernung von den Kanten die δ -Werte ganz gut aus solchen Gleichungen berechnet werden können, daß aber in unmittelbarer Umgebung der Kanten Abweichungen vorliegen, die auf die Gültigkeit eines anderen Dispersionsgesetzes hindeuten.

Um zu einem theoretischen Verständnis für den Verlauf des Brechungsindex im Gebiet der Röntgenfrequenzen zu gelangen, muß man nämlich bedenken, daß man das Verhalten eines Atoms in der Nähe einer Absorptionskante nicht durch einen einzigen klassischen Ersatzoszillator mit einer der Kantenfrequenz entsprechenden Eigenfrequenz charakterisieren kann, wie das im Falle einer Absorptionslinie gelingt; sondern man muß nach den bekannten Quantenvorstellungen das Verhalten des Atoms durch eine Reihe in bezug auf ihre Eigenfrequenzen kontinuierlich verteilter klassischer Oszillatoren zu beschreiben versuchen¹⁾; es gehört also zum i -ten Oszillator nicht wie in Gl. (1) eine Eigenfrequenz ν_{oi} , sondern eine kontinuierliche Folge solcher Eigenfrequenzen. E. HJALMAR hat in einer kürzlich erschienenen Arbeit²⁾ auf dieses nicht optische Verhalten des Brechungsexponenten besonders hingewiesen und auch mitgeteilt, daß H. A. KRAMERS zur Erklärung desselben eine analoge Betrachtungsweise vorgeschlagen hat.

Wir wollen daher nunmehr eine schon seit längerem vorliegende Überlegung ganz kurz mitteilen und zeigen, wie durch die Tatsache kontinuierlich verteilter Ersatzoszillatoren die δ -Kurve gegenüber der gewöhnlichen Dispersionskurve in der Nähe der Kante verändert wird und wollen zunächst die Verhältnisse qualitativ unter der Voraussetzung erläutern, daß ein Atom vorliegt, das nur an der Stelle ν_k eine Absorptionskante besitzt. Nähert man sich von der weichen (langwelligeren) Seite der Absorptionskante, so ist der Brechungsexponent positiv und nimmt mit steigender Annäherung an die Kante allmählich in ähnlicher Weise zu wie bei einer gewöhnlichen (optischen) Dispersionskurve. Nur ist hier das Anwachsen von μ nicht so stark, weil in der Absorptionskante nicht ein Oszillator mit dem Gewicht Eins vorhanden ist, sondern weil sich von ihr an eine kontinuierliche Schar von Oszillatoren nach der harten Seite erstreckt, wobei das Gewicht jedes einzelnen von ihnen erheblich kleiner als Eins ist. Man hat daher ein erheblich schwächeres Ansteigen des Brechungsindex zu positiven Werten zu erwarten als im Falle der gewöhnlichen Theorie bei linienhafter Eigenfrequenz. Geht man nun direkt in die Absorptionskante, so wird dort μ stark positiv sein und ist im wesentlichen bestimmt durch das Gewicht und durch die Dämpfung des an dieser Stelle befindlichen Oszillators, wozu noch die Wirkung aller anderen „härteren“ Oszillatoren hinzukommt. Überschreitet man die Absorptionskante ein wenig, so ist μ an der Stelle ν bestimmt durch zwei gegeneinander wirkende Gruppen von Ersatz-

oszillatoren: Die an der langwelligeren Seite der einfallenden Frequenz ν liegenden Oszillatoren liefern nunmehr *negative Beiträge* zum Brechungsindex, während die auf der kurzwelligen Seite befindlichen *positive Beiträge* liefern. Da unmittelbar hinter der Kante erst relativ wenige langwellige (weiche, zwischen ν_k und ν liegende) Oszillatoren vorhanden sind, wird die Wirkung der harten — auf der kurzwelligen Seite von ν liegenden — Oszillatoren noch überwiegen, *der Brechungsindex bleibt auch noch nach Überschreiten der Kante positiv* und ändert nicht wie in der gewöhnlichen Dispersionstheorie gleich nach Passieren der Absorptionslinie sein Vorzeichen. Er fällt vielmehr langsam ab, erreicht den Wert Null an der Stelle, wo sich die Einflüsse der „weichen“ und „harten“ Oszillatoren gerade kompensieren, wird dann erst negativ und nimmt schließlich im großen Abstand von der Absorptionskante den klassischen Wert

$$1 - \mu = \delta = -\frac{e^2 N}{2\pi m} \cdot \frac{1}{\nu^2} = -\frac{e^2 N \lambda^2}{2\pi m c^2} \quad (2)$$

an, weil den Oszillatoren, deren Eigenfrequenz sehr weit von der Kante entfernt ist, ein so geringes Gewicht zukommt, daß sie gegenüber den weicheren keine Rolle mehr spielen.

Die quantitative Durchführung dieser Überlegung ergibt für Atome mit nur einer Absorptionskante folgende Formel:

$$\delta = \frac{e^2 N}{2\pi m} \left(\frac{1}{\nu^2} + \frac{2\nu_k^2}{\nu^4} + \frac{\nu_k^4}{\nu^6} \ln \left\{ \frac{(\nu^2 - \nu_k^2)^2 + \sigma^2 \nu^6}{\nu_k^2} \right\} \right). \quad (3)$$

(σ mißt die Dämpfung.)

Man erhält diese Formel, wenn man jedes Glied der Summe in Gleichung (1) durch ein Integral ersetzt, das über alle Eigenfrequenzen ν_{oi} von

$$\nu_{oi} = \nu_k \text{ bis } \nu_{oi} = \infty$$

erstreckt wird, und eine Dämpfung hinzunimmt. Hierbei ist für die Gewichtsverteilung der einzelnen Ersatzoszillatoren als Funktion der Frequenz in Anlehnung an die Absorption ein λ^3 -Gesetz gewählt worden¹⁾. Die Dämpfung, die, wie man aus der Formel (3) sieht, sich in erster Näherung nur in der Nähe der Absorptionskante bemerkbar macht, wurde unabhängig von der Eigenfrequenz gleich der klassischen Dämpfung genommen, ein Ansatz, der vielleicht auch durch neuere Messungen von R. MINKOWSKI²⁾ gestützt wird, der fand, daß für beide D-Linien die Halbwertsbreite dem klassischen Wert entspricht.

Beim Vergleich dieser Formel mit der Erfahrung muß man berücksichtigen, daß sie nur einen ersten Ansatz darstellt, um über das Verhalten in der Nähe der Absorptionskante etwas zu erfahren, und man wird erst beim Vorliegen eines reicheren Zahlenmaterials sehen können, wie weit diese formale Weiterführung bekannter Überlegungen³⁾ mit den Tatsachen übereinstimmt. Eines aber geht wohl aus dem bisher vorliegenden Beobachtungsmaterial schon hervor: nämlich daß die Gleichung (3) der bisher stets verwendeten Formel (1) vorzuziehen ist.

1. Es wurde nämlich gefunden, daß der Brechungsindex bei starker Annäherung an die Kante nicht die

¹⁾ H. A. KRAMERS und HEISENBERG, Zeitschr. f. Physik **31**, 681. 1925. Vgl. für die quantentheoretische Behandlung des Dispersionsproblems R. LADENBURG, Zeitschr. f. Physik, **4**, 451. 1921.

²⁾ E. HJALMAR, l. c. S. 551.

¹⁾ Bezüglich der Normierung vgl. auch W. KUHN, Zeitschr. f. Physik, **33**, 408. 1925 sowie F. REICHE und THOMAS, Zeitschr. f. Physik, **34**, 510. 1925.

²⁾ R. MINKOWSKI, Zeitschr. f. Physik, **36**, 839. 1926.

³⁾ KRAMERS und HEISENBERG, Zeitschr. f. Physik, **31**, 681. 1925.

von der Gleichung (1) geforderten außerordentlich hohen Werte annimmt¹⁾.

2. Es geht aus den HJALMARSCHEN Messungen hervor, daß das Vorzeichen von δ beim Überschreiten der Kante sich *nicht* ändert, denn sein $\frac{\delta}{\lambda^2}$ -Wert nimmt beiderseits der Kante im selben Sinne ab²⁾.

3. Gewisse Beobachtungen¹⁾ scheinen allerdings darauf hinzudeuten, daß in großer Nähe der Kante ein stärkeres Abweichen des Brechungsindex vom normalen

¹⁾ W. EHRENBURG und W. MARK, Zeitschr. f. Phys. im Druck.

²⁾ HJALMAR weist auch ausdrücklich darauf hin, daß seine Messungen durch eine gewöhnliche optische Dispersionskurve nicht wiedergegeben werden können.

Wert vorliegt, als es die obige Formel (3) verlangt; doch sind diese Angaben wohl noch nicht hinreichend, um quantitative Überlegungen daran knüpfen zu können. Wir möchten nur auf einen Punkt hinweisen, in dem die obige Formel unter Umständen verbessert werden könnte: die Gewichtsverteilung der Ersatzoszillatoren ist gemäß dem Absorptionsgesetz proportional λ^3 angenommen worden; gerade in nächster Nähe der Kante ist aber die Gültigkeit dieses Gesetzes noch nicht ganz sicher erwiesen, so daß man dort auch vielleicht einen anderen Ansatz für die Gewichtsverteilung zu machen hätte.

Berlin-Dahlem, aus den Kaiser Wilhelm-Instituten für physikalische Chemie und Elektrochemie und für Silicatchemie, den 1. Juni 1926.

H. KALLMANN und H. MARK.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Neuartige Kleinkälteanlage. Auf dem Gebiete der künstlichen Kühlung hat man schon lange nach Einrichtungen gesucht, die namentlich den Haushaltungen ermöglichen sollen, von dem hergebrachten Eisschrank mit seiner umständlichen Bedienung und seiner Abhängigkeit von der Eislieferung loszukommen. Die Einführung der mannigfachen Vorschläge, die bisher für solche kleine Kälteanlagen gemacht wurden, scheiterte aber immer noch daran, daß diese Anlagen Maschinen enthalten, die regelmäßige Wartung verlangen und mit der Zeit der Abnutzung unterworfen sind, kurz im großen und ganzen nicht weniger umständlich, aber kostspieliger als die hergebrachten Eisschränke werden.

Alle Vorschläge dieser Art machen von dem sog. Absorptionskühlverfahren Gebrauch. Während nämlich bei dem für große Kälteanlagen gebräuchlichen Kompressionskühlverfahren die Kühlung dadurch hervorgebracht wird, daß man das arbeitende Gas, zumeist Kohlensäure, in einem Kompressor so hoch verdichtet, daß es bei darauffolgender geringer Ankühlung flüssig wird, worauf man das Gas wieder expandieren und die hierzu notwendige Wärme der Umgebung entnehmen läßt, wird beim Absorptionsverfahren ohne besonderen Kompressor und zumeist mit Ammoniak gearbeitet. Man treibt dieses Gas durch Zufuhr von Wärme aus einer Lösung in Wasser aus und kondensiert den entstehenden Dampf in einem mit gewöhnlichem Wasser bespülten Kühler bei einem Druck von etwa 12 Atm. abs. Läßt man dann diese Flüssigkeit in einen Raum mit niedrigerem Druck übertreten, so verdampft sie wegen der Erniedrigung ihres Siedepunktes und entzieht der Umgebung die notwendige Wärme. Die entspannten Dämpfe werden sodann von Wasser wieder aufgesaugt, worauf die angereicherte Lösung wieder in den Verdampfraum gelangt.

Bei diesem bereits von CARRÉ angegebenen Arbeitsverfahren braucht man jedoch immer noch eine Pumpe, die die angereicherte Lösung aus dem Absorptions- in den Verdampfraum überführt. Zwar hat auch bereits ALTENKIRCH angegeben, wie man diese Pumpe durch geschickte Anordnung der betreffenden Räume übereinander unter Ausnützung des verfügbaren Gefälles vermeiden könnte, doch haben seine Vorschläge keine praktische Bedeutung erlangt. Dagegen ist es zwei jungen schwedischen Ingenieuren v. PLATEN und MÜNTERS gelungen, eine Einrichtung dieser Art zu entwickeln, die bereits in großen Mengen in praktischen Gebrauch genommen wurde. Die Einrichtung wird

von der bekannten Firma *Elektrolux* in Stockholm fabrikmäßig hergestellt und hat sich namentlich in den Vereinigten Staaten so gut eingeführt, daß, wie berichtet wird, eine einzige Elektrizitäts-Gesellschaft in wenigen Monaten etwa 80 000 derartige Anlagen an ihre Abnehmer abgesetzt haben soll.

Die Kleinkälteanlage der *Elektrolux*-Gesellschaft löst aber in der Tat das Problem der Kälteerzeugung im Haushalt auf besonders günstige Weise. Um die Anlage in Betrieb zu setzen hat man nichts anderes zu tun, als einen elektrischen Schalter zu betätigen oder eine Gasflamme anzuzünden, die etwa 0,1 cbm Leuchtgas in der Stunde verbraucht, sowie einen Wasserhahn zu öffnen, der in der Stunde 18–20 l Wasser durch den Kühler laufen läßt. Alle für die Kälteerzeugung wirksamen Stoffe dagegen sind in geschweißten Behältern eingeschlossen, so daß sie sich niemals verbrauchen können. Vorläufig wird die Anlage nur in der Größe hergestellt, die zu den üblichen Eisschränken paßt und an diese angebaut wird. Größere Typen sind aber in Vorbereitung.

Der Weg, auf dem bei dieser Anlage die Pumpvorrichtung zum Rückfördern der angereicherten Ammoniaklösung in den Verdampfvermieden wird, ist ebenso eigenartig, wie das Mittel, das zur Erzielung der Druckänderung des Ammoniaks verwendet wurde. Es handelt sich um eine ganz originelle Anwendung längst bekannter physikalischer Gesetze, die in diesem Zusammenhang einen hervorragenden technischen Erfolg herbeigeführt hat.

Die Wirkungsweise der Anlage ist aus den beigefügten Abbildungen deutlich zu erkennen¹⁾. Im wesentlichen besteht die Anlage aus drei durch geschweißte Leitungen miteinander verbundenen, also stets dicht bleibenden Behältern, die alle unter dem gleichen Druck von etwa 12 Atm. abs. stehen. Im Austreiber *b* wird das Ammoniak aus der stark angereicherten Lösung in Wasser durch Zufuhr von Wärme mittels einer Gasflamme oder einer elektrischen Heizwicklung ausgetrieben und nach Abscheidung des mitgerissenen Wasserdampfes in dem nur durch Luft gekühlten Rektifikator *d* in dem Kondensator *e* verflüssigt, der durch fließendes Wasser gekühlt wird. Das verflüssigte Gas fließt darauf selbsttätig, d. h. ohne daß es eines Überdruckes bedürfte, in den Verdampfer *f*, der, wie die Fig. 2 erkennen läßt im eigentlichen Kühlraum angeordnet wird und sich im Gebrauch mit Eis

¹⁾ Zeitschr. d. Ver. dtsch. Ing. 70, 598. 1926.

beschlägt. Damit hier der zum Verdampfen notwendige niedrigere Druck des Ammoniakgases herrscht, wird dieser Raum teilweise mit Wasserstoff gefüllt, dessen Teildruck bei der gleichen Temperatur höher ist, so daß auf das Ammoniak nur etwa 3 Atm. abs. und auf

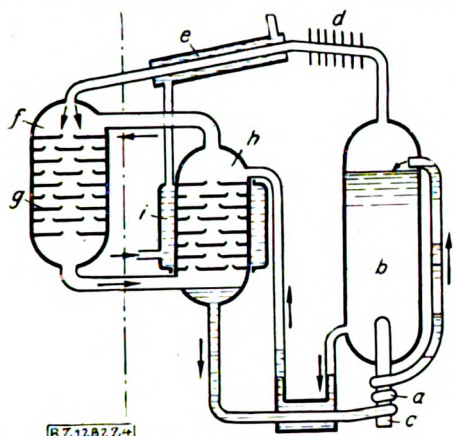


Fig. 1. Schema der Absorptionskältemaschine von V. PLATEN und MUNTERS.
a Blasenbildner, b Austreiber, c elektrischer Heizkörper, d Verflüssiger (Rektifikator), e Verflüssiger, f Verdampfer, g Verteilbleche, h Absorber, i Kühlwassermantel.

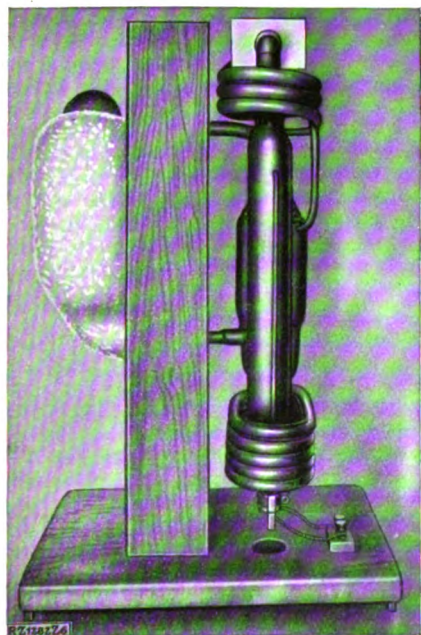


Fig. 2. Absorptionskältemaschine von V. PLATEN und MUNTERS zum Einbau in einen Kühlschrank.

den Wasserstoff etwa 9 Atm. abs. entfallen. Beim Eintritt in den Verdampfer, der, wie ersichtlich, oben erfolgt, entspannt sich somit das verflüssigte Ammoniak, wird wieder gasförmig und in dem Maß als es sich mit dem Wasserstoff vermischt senkt sich das Gasgemisch, das schwerer als reiner Wasserstoff ist, auf den Boden

des Verdampfers, wobei die Vermischung der beiden Gase durch die im Verdampfer angeordneten Verteilbleche *g* unterstützt wird. Das Gasgemisch tritt nun selbsttätig in den Absorber *h* über, wo ihm unter der Wirkung eines geringen Höhenunterschiedes Wasser aus dem Austreiber über Verteilblechen entgegentropft. Dieses Wasser saugt aus dem Gasgemisch das Ammoniak begierig auf, so daß das erleichterte Wasserstoffgas sich oben im Absorber sammelt und wieder selbsttätig in den Verdampfer übertreten kann.

Das mit Ammoniak angereicherte Wasser sammelt sich dagegen unten im Absorber. Um es wieder in den Austreiber zurückzubefördern, führt man ihm in der Heizschlange *a* Wärme zu. Das hierbei in Blasen ausgeschiedene Ammoniakgas reißt in ähnlicher Weise wie bei den sog. Mammutpumpen die Luft einen Teil des Wassers mit, so daß dieses von oben in den Austreiber gelangt.

Die praktische Erfahrung hat bewiesen, daß diese etwas verwickelt erscheinende Wirkungsweise mit den 3 Kreisläufen von Wasser, Ammoniak und Wasserstoff bei den ausgeführten Anlagen tatsächlich eintritt und Apparate von der im Bild erkennbaren Größe eine für den Hausgebrauch durchaus genügende Kühlwirkung ergeben.

Wieviele Dattelpalmen gibt es heute auf der Erde?

(PAUL POPENOE, The Distribution of the Date Palm. Geographical Review, published by the American Geographical Society of New York, January 1926, S. 117 bis 121.) Es ist auffällig, daß so wenig Schriftsteller, die sich mit den Reichtümern der mohammedanischen Welt befassen, zuverlässige Nachrichten über die Dattelpalme geben, die doch eines der hervorstechendsten und wertvollsten Besitztümer dieser Welt sind. Und doch ist es bei einiger Sorgfalt möglich, eine ganze Menge Daten darüber beizubringen. In den gut bebauten Ländern, wo jeder Stamm ein Wertstück ist, wird sie periodisch gezählt. Aus anderen Gegenden haben Reisende einigermaßen sichere Zahlen beigebracht. Auf diese Weise hat sich ergeben, daß es zur Zeit etwa 90 Millionen Dattelpalmen gibt, von denen mehr als die Hälfte in den Ländern um den Persischen Golf herum wachsen. Irak steht an der Spitze mit 30 Millionen, von denen die Hälfte im Schat-el-Arab, 5 Millionen an den Ufern des Hillahkanals, 1 Million um Bagdad und die übrigen am Euphrat und in Oasen leben. Die wichtigsten persischen Pflanzungen liegen dicht am Persischen Golfe. Indien zählt etwa 2 1/2 Millionen weiblicher Palmen und wohl ebenso viele männliche; das Hauptanbaugebiet in Belutschistan hat 1/2 Million und das ganze Land wohl kaum weniger als 1 oder 2 Millionen. Der Hasa-Distrikt in Arabien wird auf 3 1/4 Millionen geschätzt. Die Bahrein-Inseln sollen 1/2 Million aufweisen, was zu hoch gegriffen sein mag. Für Oman werden 4 Millionen angegeben. Hadhramaut mag 1/5 Million zählen. Um Aden wachsen einige wenige Palmen an der Küste; auch in Somaliland, Eritrea und den benachbarten Gebieten gibt es einige Dattelpalmen. Jemen wird kaum 1/10 Million haben. Hedschas, nach der arabischen Tradition die wahre Heimat der Dattelpalme, ist ein sorgsam bebautes Gebiet: doch hat Mekka keine Palmen, besitzt Medina 1/3 Million, das ganze heilige Gebiet aber kaum mehr als 1/2 Million. Dschebel Shammar wird 1/4 Million zählen. Die Pflanzungen von Buraida, Anaiza und Qusaiba zusammen, die sorgfältig gepflegt sind, haben kaum mehr als 1/10 Million. In Nedj wird 1/4 Million wachsen, so daß das ganze Arabien, der Tradition entgegen, kaum mehr als 9 Millionen Dattelpalmen aufweisen dürfte. Das untere Jordantal, Gaza, das Philisterland,

Beirut und Tripoli haben zusammen nicht so viel Palmen, daß sie im Handel eine Rolle spielen könnten. Ägypten hat nach der Zählung von 1907 mehr als 10 Millionen Dattelpalmen, die Halbinsel Sinai 46 426, Suez 3947, und die westlichen Oasen haben $\frac{1}{2}$ Million, das ganze Ägypten also etwa 11 Millionen. Im englisch-ägyptischen Sudan sind 1 261 629 gezählt worden. Die italienische Kolonie in Libyen hat an 9 Millionen haben oder so viel wie Tunis und Algier zusammen, doch entziehen sich die meisten der Bäume durch ihre entlegene Lage in der Sahara der italienischen Kontrolle. Aus Tripolitaniern melden die Italiener $7\frac{8}{10}$ Millionen. In der Cyrenaica sollen $1\frac{1}{5}$ Millionen wachsen, davon 20 000 an der Küste und 8000 in der herrlichen Oase Derna. Tunesien besitzt nach amtlichen französischen Quellen 2 138 075 und Algier 7 211 000. Marokko hat etwas mehr als 1 Million. Die als Afrique Occidentale Française bezeichneten Kolonien mögen $\frac{1}{2}$ Million zählen. Was das äquatoriale französische Afrika angepflanzt hat, zählt nicht mit.

Viele Säumlinge sind an den nördlichen Küsten des Mittelmeeres nur zur Zierde gesetzt worden, doch werden in Elche in Spanien noch 115 000 Stämme der Früchte wegen gezogen. In Australien, in Südafrika und in Brasilien, Argentinien und Peru hat man auch hier und da Dattelpalmen angepflanzt, und die Aussichten, sie zu verwerten, sind gut. In Mexiko wachsen etwa 100 000 Stämme, und im südlichen Kalifornien und in Arizona wohl an die 150 000.

Diese Zahlen sind vertrauenswürdig für die Gegenden mit starkem Anbau, und so wird wohl die ganze Summe auf 5% genau sein.

KRUMBACH.

Die neue Bearbeitung der *Archaeopteryx* ist auch „eines der vielen erfreulichen Symptome gegenseitiger Durchdringung von Philosophie und Naturforschung“, die BAUCH neulich an dieser Stelle begrüßte. Ein Belgrader Philosoph PETRONIEVICS, der sich aus Interesse für den Transformismus den vermittelnden Gliedern in der Tierwelt zuwandte, hat jetzt die Freilegung der beiden Exemplare des Urvogels in Berlin und London so weit wie möglich durchgeführt und für Paläontologie und Ornithologie wichtige Feststellungen gemacht. (Über das Becken, den Schultergürtel und einige andere Teile der Londoner *Archaeopteryx*. Genf: Buchhandlung Georg & Co. 1921. 31 S., 2 Taf.; Über die Berliner *Archaeornis*. Ebenda 1925. 52 S., 7 Taf.)

Die neue Präparation hat Unterschiede zwischen den beiden Stücken aufgedeckt, die man unmöglich mehr — wie die Größendifferenz — als individuelle Variationen zweier Exemplare einer Gattung ansehen kann; zwei Gattungen liegen vor. Dem Londoner Exemplar als dem früher entdeckten wird der ursprüngliche Name *Archaeopteryx* belassen, mit der Artbezeichnung Oweni. Das Berliner Genus heißt nun *Archaeornis* (Siemens).

Bei der *Archaeopteryx* fanden sich die bislang fehlenden Schambeine, und sie stoßen median zusammen wie bei Reptilien; bei der *Archaeornis* sind sie getrennt wie bei Vögeln. Im Bau des Fußes verkörpert dagegen die *Archaeopteryx* den Vogelzustand, indem die proximale Tarsusreihe mit der Tibia verschmolzen ist; bei der *Archaeornis* ist sie frei. Die Handwurzel, die beim Londoner Stück nur einzeilig ist, scheint in Berlin aus 2 Reihen zu bestehen. Der Schwanz hat hier 20, dort 21 Wirbel. Ein tiefgründiger Unterschied liegt im Schultergürtel, der bisher nur ganz ungenügend bekannt war. Er ist bei der *Archaeopteryx* überwiegend *ratiten*ähnlich — denn wie bei den lebenden Laufvögeln ist das Coracoid an beiden Enden gleich

dick und mit der Scapula verwachsen —, das Coracoid der *Archaeornis* dagegen hat einen verlängerten, einerseits schmalen und andererseits verdickten Schaft und ist vom Schulterblatt frei, wie bei den rezenten *Carinaten*, den fliegenden Vögeln. *Archaeopteryx* ist die Urratite, *Archaeornis* die Urcarinate. Damit widerlegt PETRONIEVICS die allgemeine Ansicht, nach der die Ratiten kein einheitlich entstandener Typ sind, sondern an verschiedenen Stellen des Vogelstammes abgezweigt durch Verlust des Flugvermögens und Anpassung ans Laufen. *Archaeopteryx* als flugfähige Ratite, ebenso befiedert und wohl ebenso geschickter Flieger wie die carinate *Archaeornis*, soll das Auseinandergehen des Vogelstammes in zwei natürliche Abteilungen Ratiten und Carinaten schon am Ende der Jurazeit beweisen. T. EDINGER.

EXNERS Forschungen über Wasserbewegung in Flüssen. Im Anschluß an seine früheren Arbeiten, welche in der Notiz „Gleitflächengesetz und Flußmäander“ (Naturwissenschaften 14, H. 18, S. 391—392. 30. April 1920) erwähnt wurden, hat FELIX M. EXNER eine neue Abhandlung „Über die Wechselwirkung zwischen Wasser und Geschiebe in Flüssen“ (Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss., Wien, Mathem.-naturw. Kl. IIa, 134. 165—203. 1925; 17 Textfiguren, 13 photogr. Abbild.), veröffentlicht, deren wichtigste Ergebnisse in dem Anzeiger der Wiener Akademie (62, 142—143. 1925) zusammengefaßt werden. Die Arbeit behandelt die Wechselwirkung, welche sich zwischen zwei beweglichen Materialien einstellt, wenn dieselben ungleiche Geschwindigkeiten haben, an der Hand des Beispiels der Bewegung von Wasser in erodierbarem Boden.

Der Aufsatz zerfällt in 3 Teile, einen theoretischen, einen zweiten, der Laboratoriumsversuche wiedergibt, und einen kurzen dritten, der die Lagerung und Verschiebung von Sandbänken in der Mur behandelt.

Die Erosion der Flußsohle und der Ufer durch fließendes Wasser erfolgt dort, wo dessen Geschwindigkeit flußabwärts zunimmt, die Akkumulation des Sandes, wo sie abnimmt. Stellt man unter diesem Gesichtspunkte eine Differentialgleichung für die zeitliche Änderung der Flußsohle, beziehungsweise der Flußbreite auf und zieht die Kontinuität der Wasserbewegung hinzu, so ergibt sich eine Gleichung von der Form $\frac{\partial y}{\partial t} + \frac{a \partial y}{\partial x} = 0$. Das Integral ist $y = f\left(x - \frac{at}{y^2}\right)$, die Geschwindigkeit der Sandbewegung flußabwärts wird eine Funktion der Sohlentiefe, beziehungsweise Flußbreite. Dadurch ergeben sich die bekannten Formen der Sandbänke und Dünen, der sich überstürzenden Wasserwellen und die Vorstöße von Geschieben an den Stellen, wo der Fluß sich verbreitert. Der Abfall des Sandes auf der Leeseite der Düne, dem Reibungswinkel entsprechend, wird durch die Gleichung allerdings nicht ausgedrückt. Auch der Einfluß der Flußbreite auf die Flußsohle und einige andere Beziehungen konnten hieran angeschlossen werden.

Auf Grund von Laboratoriumsversuchen im kleinen wurde die Bildung von Sandzungen in geraden und gekrümmten Flußläufen studiert. Die Mäanderbildung stellte sich dabei hauptsächlich als Folge der Sandverschiebung bei schwankender Durchflußmenge heraus. Von besonderem Interesse ist der Einfluß von Wasserwirbeln auf die Sandformen. Hinter gekrümmten Flußstellen konnten eigentümliche Instabilitäten des Flußlaufes nachgewiesen werden.

Aufnahmen der Sandbänke in der Mur südlich von Graz, welche die hydrographische Landesabteilung in der Steiermark vorgenommen hat, ergaben recht regelmäßige Bewegungen der Sandbänke. O. B.

Einiges über optische Bilder¹⁾.

Von ALLVAR GULLSTRAND, Upsala.

Die allgemeine Vorstellung von optischen Bildern ist wohl immer noch, daß die von einem Objektpunkte ausgehenden Lichtstrahlen nach der Brechung in einem zentrierten optischen Instrumente sich in einem Bildpunkte schneiden, und daß auf diese Weise eine objektähnliche Abbildung stattfindet. Tatsächlich trifft dies aber nur bei der optischen Abbildung durch eine spiegelnde Ebene zu. Die gewaltigen Fortschritte der technischen Optik haben allerdings die Herstellung von Instrumenten ermöglicht, deren Bilder dem durch die allgemeine Vorstellung angegebenen Ideale sehr nahekommen, so daß man in vielen Fällen mit einer für praktische Zwecke hinreichenden Genauigkeit derartige optische Bilder erhält, wie sie nach dieser Vorstellung sein sollten. Aber sobald es sich um die exakten tatsächlichen Verhältnisse handelt, ist diese Approximation unzulässig. In der wissenschaftlichen geometrischen Optik kann davon keine Rede sein, und wenn andere Wissenschaften die Resultate der Messungen an optischen Bildern benutzen — wie beispielsweise die Astronomie an Photographien von Fixsternen — so ist es notwendig zu wissen, was tatsächlich gemessen wird, damit sich nicht Fehler einschleichen, welche dieselbe Größenordnung haben wie die Meßresultate.

Die Bedeutung materieller Bedürfnisse für die Entstehung und Entwicklung einer Wissenschaft ist in der Geschichte der menschlichen Kultur unverkennbar. So haben auch die Ziele der technischen Optik einen großen Einfluß auf die Lehre von den optischen Bildern gehabt: man hat vor allem die Konstruktion verbesserter optischer Instrumente ins Auge gefaßt und dabei von einer wissenschaftlichen Untersuchung der tatsächlichen Verhältnisse abgesehen. So ist man von dem erstrebten Ideale ausgegangen und hat die ermittelten Tatsachen als Abweichungen, Aberrationen oder sogar Fehler beschrieben. Leider hat man dabei vergessen zu erwähnen, daß mit dieser Nomenklatur kein anderes Instrument als die spiegelnde Ebene fehlerfrei ist. Was lediglich geometrische, die Strahlenbündel charakterisierende Größen darstellt, hat man nur unter der Fiktion unendlichkleiner Blenden zu genaueren Approximationen verwendet. Diese Fiktion des Unendlichkleinen ist ein treffendes Beispiel der Macht der Sprache über den Gedanken und hat unter anderem zu der Vorstellung geführt, daß es in zentrierten optischen Systemen einen die Achse umgebenden fadenförmigen Raum gäbe, in welchem die ideale Abbildung stattfände, eine Fabel,

welche immer noch in den deutschen Handbüchern erzählt wird.

Eine wissenschaftliche Darstellung der Theorie der optischen Bilder erfordert in erster Linie, daß dieselben so beschrieben werden, wie sie sind und nicht wie sie sein sollten. Man darf deshalb nicht, wie es allgemein geschieht, von dem speziellen Falle eines auf der Achse eines zentrierten optischen Systems gelegenen Objektpunktes ausgehen, sondern es muß im Gegenteil eine exakte Untersuchung des allgemeinen Falles eines exzentrisch gelegenen Objektpunktes zugrunde gelegt werden.

Die am Rande der Blendenöffnung auftretenden Beugungserscheinungen spielen eine um so unbedeutendere Rolle, je größer die Blende ist. Deshalb muß in einer wissenschaftlichen Theorie mit einer endlich großer Blendenöffnung gerechnet werden, wobei die Beugungserscheinungen zunächst beiseitegelassen werden können, um in den Fällen, wo sie von praktischer Bedeutung sind, berücksichtigt zu werden.

Die Grundlagen der Theorie bilden zwei Erfahrungstatsachen, nämlich die geradlinige Fortbewegung des Lichtes in homogenen Medien und das Gesetz der Brechung des Lichtes beim Übergang zwischen zwei Medien. Da hierbei Licht verschiedener Farbe verschieden stark gebrochen wird, so können die Gesetze zunächst nur für einfarbiges Licht ermittelt werden. Im konkreten Falle hat man bei der Anwendung derselben auf gewöhnliches zusammengesetztes Licht den besonders zu ermittelnden chromatischen Differenzen der geometrischen Größen Rechnung zu tragen.

Die Entwicklung der Theorie erfordert einen gewissen mathematischen Apparat, und es kann sich deshalb hier nicht darum handeln, die Beweise anzuführen. Ich werde aber versuchen, einige Resultate ohne Anwendung der Mathematik verständlich zu machen. Dabei ist es aber, weil von einer unendlich kleinen Blende nicht die Rede sein kann, unumgänglich, den Begriff eines Differentialquotienten einzuführen. Dies wird nun glücklicherweise durch die jetzt allgemein verbreitete Bekanntschaft mit dem Automobil und seinem Geschwindigkeitsmesser erleichtert. Letzterer gibt in der Tat einen Differentialquotienten an. Eine Geschwindigkeit ist allgemein der Quotient der zurückgelegten Wegstrecke in der angewendeten Zeit, und eine konstante Geschwindigkeit kann deshalb durch die Messung von Strecke und Zeit bestimmt werden. Wenn aber die Geschwindigkeit nicht konstant ist, und wenn dieselbe in einem bestimmten Punkte der Strecke ermittelt werden soll, so ist es einleuchtend, daß man der Wahrheit um so näher kommt, eine je

¹⁾ Akademievortrag, gehalten in Berlin am 13. März 1926.

kleinere Strecke nebst der angewendeten Zeit gemessen wird. Der Grenzwert, dem man sich auf diese Weise nähert, ist im gegebenen Punkte der Differentialquotient der Wegstrecke in bezug auf die Zeit und wird direkt durch den Geschwindigkeitsmesser angegeben. Wird die Geschwindigkeit des Automobils erhöht, so bewegt sich der Zeiger des Geschwindigkeitsmessers, und die Geschwindigkeit dieser Bewegung gibt die Beschleunigung an, welche somit einen Differentialquotienten der Geschwindigkeit in bezug auf die Zeit darstellt. Da aber die Geschwindigkeit selbst ein Differentialquotient der Wegstrecke in bezug auf die Zeit ist, so wird die Beschleunigung auch als der Differentialquotient zweiter Ordnung der Wegstrecke in bezug auf die Zeit bezeichnet. Diese einfachen Begriffe werden genügen, um das Folgende zu verstehen.

Hält man einen geraden Draht in dem von einer

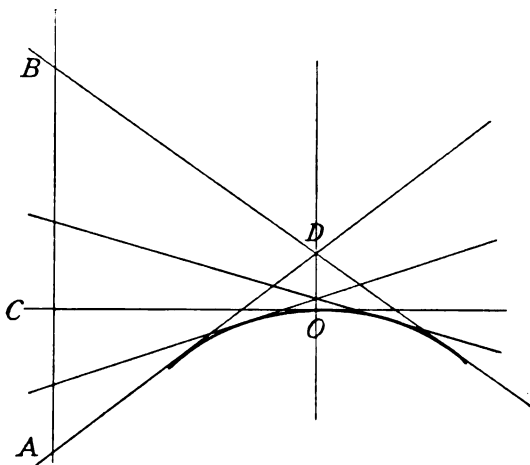


Fig. 1.

punktförmigen Lichtquelle ausgehenden Lichte, so findet man auf einer beliebig gehaltenen Schirmebene einen geradlinigen Schatten. Dieser gewöhnlichen Projektion entspricht in optischen Instrumenten die *optische Projektion*, bei welcher sich Lichtquelle, Draht und Schirmebene in verschiedenen Medien befinden können, und welche die zunächst hervortretende Grunderscheinung bei der optischen Abbildung darstellt.

Nun lehren sowohl die analytischen Untersuchungen wie die Versuche mit punktförmiger Lichtquelle und Draht in einem Medium, Schirmebene in einem anderen, daß das durch die optische Projektion erhaltene Bild im allgemeinen nicht dem Objekte geometrisch ähnlich ist, daß also ein gerader Draht einen krummen Schatten wirft. Ausnahmen hiervon bieten nur gewisse durch Symmetrieverhältnisse gekennzeichnete Fälle dar.

Die neben der optischen Projektion für die optische Abbildung grundlegende Erscheinung ist die *Strahlenvereinigung*. Es ist zwar längst bekannt, daß man durch die Anwendung nicht-

sphärischer Flächen bewirken kann, daß alle von einem Achsenpunkte in einem zentrierten optischen Systeme ausgehenden Strahlen sich in einem Bildpunkte schneiden, aber dies gilt dann nur von einem bestimmten Achsenpunkte. Im allgemeinen Falle handelt es sich nur um eine relative Lichtkonzentration im Bildpunkte, deren Wesen darin besteht, daß sich nächstliegende Strahlen schneiden. Die Untersuchung muß sich demnach auf den Verlauf der Lichtstrahlen in der nächsten Umgebung eines ausgewählten Strahles richten.

Die Verhältnisse lassen sich am einfachsten veranschaulichen, wenn man sich zunächst auf Strahlen beschränkt, die in einer Ebene verlaufen (Fig. 1). Die von einem exzentrisch gelegenen Objektpunkte ausgehenden Strahlen, welche die Achse eines zentrierten optischen Systems schneiden, bleiben nach der Brechung in derselben Ebene und haben allgemein den hier dargestellten Verlauf. Wenn Unebenheiten im optischen Systeme ausgeschlossen sind, so berühren sämtliche Strahlen eine Kurve, deren Punkte die Schnittpunkte nächstliegender Strahlen darstellen. Der Berührungspunkt eines Strahles mit der Kurve repräsentiert also eine Lichtkonzentration und heißt deshalb ein *Fokalkpunkt* auf diesem Strahle.

Der Charakter der Strahlenvereinigung im Fokalkpunkte *O* auf dem Strahle *CO* wird auf folgende Weise leicht verständlich. Wenn *OD* eine Schirmebene repräsentiert, und auf der Linie *AB* ein undurchsichtiger Punkt mit konstanter Geschwindigkeit von unten nach oben verschoben wird, so muß sich dementsprechend ein Schatten auf der Linie *OD* bewegen, und es geht aus der Figur hervor, daß dieser Schatten sich zunächst von *D* nach *O* bewegt, um dort umzukehren und wieder nach *D* zu wandern. Im Augenblicke des Umkehrens hat der Schatten die Geschwindigkeit Null, während die Geschwindigkeit des undurchsichtigen Punktes auf der Linie *AB* konstant bleibt. Da nun beide Geschwindigkeiten Differentialquotienten von Weglängen in bezug auf eine gemeinsame Zeit sind, und da der Quotient von zwei solchen Differentialquotienten wiederum einen Differentialquotienten darstellt, so ist das Resultat, daß der Differentialquotient der vom Schatten zurückgelegten Strecke in bezug auf die vom undurchsichtigen Punkte zurückgelegten Strecke im Fokalkpunkte *O* den Wert Null hat.

Dies ist die exakte Wahrheit betreffs der allgemeinen Strahlenvereinigung in optischen Systemen. Man hat sie so ausgedrückt, daß bei unendlichkleiner Blende alle in der Ebene verlaufenden Strahlen sich im Fokalkpunkte schneiden, aber wenn auch eine solche Aussage für den geschulten strengen Mathematiker keine Unwahrheit enthält, so stellt sie für andere eine gefährliche Falle dar, welche tatsächlich zu allgemein verbreiteten Wahnvorstellungen geführt hat. Im allgemeinen Falle, wo die Strahlen nicht in einer Ebene verlaufen, ist die von den Strahlen berührte

Kurve doppelt gekrümmt, und die Strahlen bilden zusammen eine Fläche, welche auf eine Ebene ohne Dehnung ausgebreitet werden kann, wobei dieselbe Figur entsteht.

Daß der Differentialquotient zweiter Ordnung einen endlichen Wert hat, ist leicht einzusehen. Die Geschwindigkeit des Schattens auf OD verhält sich ja zur Geschwindigkeit des undurchsichtigen Punktes auf AB wie die Abstände beider Punkte vom Berührungspunkte des Strahles mit der Kurve. Die Bewegung des Schattens wird deshalb in der Richtung von D nach O immer langsamer, in der Richtung von O nach D aber immer schneller. Dies bedeutet in beiden Fällen eine in der Richtung nach oben positive Beschleunigung, welche auch im Fokalfunkte O durch die Verschiebung des Berührungspunktes angegeben wird. Die Beschleunigung des Schattens ist also bei konstanter Geschwindigkeit des undurchsichtigen Punktes nirgends Null, und der Differentialquotient zweiter Ordnung hat einen endlichen Wert.

Die allgemeine Strahlenvereinigung wird deshalb eine *Strahlenvereinigung erster Ordnung* genannt, weil der Differentialquotient erster Ordnung, nicht aber derjenige zweiter Ordnung verschwindet.

Die *Konstitution des allgemeinen, in optischen Systemen vorkommenden Strahlenbündels* ist dadurch charakterisiert, daß der Leitstrahl — und als solcher kann ein beliebiger Strahl gewählt werden — zwei solche Fokalfunkte hat, in welchen er von nächstliegenden Strahlen geschnitten wird, wobei die Ebenen, welche den Leitstrahl und die ihn schneidenden Strahlen enthalten, senkrecht aufeinanderstehen.

Das allgemeine Strahlenbündel mit zwei getrennten Fokalfunkten auf dem Leitstrahl wird astigmatisch genannt, und die Konstitution desselben wird auf der ersten Stufe der mathematischen Untersuchung exakt durch das Verschwinden der den beiden Fokalfunkten entsprechenden Differentialquotienten erster Ordnung definiert. Seit STURM hat man aber dieselbe so dargestellt, daß bei unendlichkleiner Blende sämtliche Strahlen durch zwei in den Fokalfunkten den Leitstrahl senkrecht schneidende und zugleich aufeinander senkrecht stehende Fokallinien gehen. Die Gerade, welche im Punkte O die Figurebene senkrecht schneidet, ist eine dem Leitstrahl CO zugehörige *Fokallinie*. Die Gesamtheit der vermeintlich durch die beiden Fokallinien gehenden Strahlen heißt das STURMSche Konoid, und die in demselben enthaltene Fabel wird immer noch in den Handbüchern erzählt. Ich werde im Laufe dieses Vortrages photographische Querschnitte von Strahlenbündeln zeigen, an welchen ein jeder die tatsächlichen Verhältnisse mit der Vorstellung vom STURMSchen Konoide vergleichen kann.

Das in optischen Systemen vorkommende, ursprünglich von einem Objektpunkte ausgehende Strahlenbündel hat also auf jedem Strahl zwei Fokalfunkte. Es ist ferner dadurch charak-

terisiert, daß durch jeden beliebigen Punkt eines Strahles eine Fläche gelegt werden kann, welche von sämtlichen Strahlen senkrecht geschnitten wird. Alle Fokalfunkte liegen auf zwei sog. *kaustischen Flächen*, welche von sämtlichen Strahlen berührt werden. Nur wenn diese Flächen einen gemeinsamen Punkt haben, verschwindet der Astigmatismus auf demjenigen Strahl, welcher die beiden kaustischen Flächen im gemeinsamen Punkte berührt. Die beiden Fokalfunkte fallen dann auf diesem Strahl zusammen, und die Brechung desselben wird anastigmatisch genannt. Da eine Lichtkonzentration nur auf den kaustischen Flächen vorkommt, so leuchtet es ein, daß die Schnitte einer Schirmebene mit diesen Flächen für die Beschaffenheit des auf derselben aufgefangenen Bildes ausschlaggebend sind. Eine exakte Untersuchung der optischen Bilder setzt deshalb eine Untersuchung der kaustischen Flächen voraus.

Da das Konoid von STURM nicht als Modell eines Strahlenbündels dienen kann, so scheint es wünschenswert, die tatsächlichen Verhältnisse, welche durch das Verschwinden der erwähnten Differentialquotienten erster Ordnung in den beiden Fokalfunkten angegeben werden, auf irgendeine anleider eher chftfaßliche, aber exakte Weise zu illustrieren. Wenn wir den Punkt O als den ersten Fokalfpunkt auf dem Leitstrahl CO bezeichnen, so repräsentiert die Linie OD den entsprechenden ersten dünnsten Querschnitt des Strahlenbündels, und wenn hier eine photographische Platte senkrecht zu der Figurebene gehalten wird, so entsteht ein negatives Bild dieses Querschnittes (Bild 1, Tafel I). Der Fokalfpunkt O der Fig. 1 ist der Mittelpunkt der linken scharfen Begrenzungslinie, welche die Schnittlinie mit der ersten kaustischen Fläche darstellt, und die Tangente dieser Linie im Mittelpunkt ist die erste Fokallinie. Da die Tangente vollständig außerhalb der geschwärzten Figur gelegen ist, so wird die erste Fokallinie überhaupt nur im Fokalfunkte von Licht getroffen. Es ist demnach auf den ersten Blick klar, daß die Aussage, daß bei unendlichkleiner Blende sämtliche Strahlen durch die erste Fokallinie gehen, keine Vorstellung von den tatsächlichen Verhältnissen bei endlich großer Blendenöffnung zu geben imstande ist. Im Gegenteil: es braucht eine besondere Erklärung, wie eine solche Aussage dennoch in der Sprache des Unendlichkleinen entstehen kann. Bei sukzessiver Einengung der Blende bleibt in dem Augenblicke, wo das Loch vollständig verschwindet — von der Beugung abgesehen — nur der Berührungspunkt der linken Begrenzungslinie mit ihrer Tangente, d. h. mit der Fokallinie, zurück. Da nun aber in der mathematischen Sprache eine Kurve zwei Punkte mit ihrer Tangente gemeinsam hat, so bilden diese zwei Punkte zusammen eine unendlich kurze erste Fokallinie.

Leider aber braucht es drei Punkte, um eine Gerade von einer krummen Linie zu unterscheiden,

und das Konoid ist also auch in der Sprache des Unendlichkleinen mathematisch falsch. Man hätte ebensowohl behaupten können, daß sämtliche Strahlen durch zwei Kreise gehen. Kein Wunder, daß das Konoid als Modell für die tatsächlichen Verhältnisse unbrauchbar ist und mißverstanden wird!

Wir sehen in der Figur zwei helle gekrümmte Linien, welche die linke Begrenzungslinie im Fokalkpunkte und folglich auch die erste Fokallinie berühren. Diese Linien sind Schatten von Drähten, welche zwischen dem leuchtenden Punkte und dem optischen Systeme in diagonalen Richtung so gespannt worden sind, daß sie den Leitstrahl schneiden. Da das Bild ein Negativ ist, müssen ja die Schatten hell sein. Die krummen Linien sind somit optische Projektionen von geraden Linien mit dem leuchtenden Punkte als Projektionszentrum und geben zunächst ein treffendes Beispiel dafür ab, daß die optische Projektion eines Gegenstandes demselben nicht geometrisch ähnlich ist. Die beiden Schattenlinien schneiden sich im Berührungspunkte, so daß der obere schiefe Schatten sich in den unteren, mehr horizontalen fortsetzt und umgekehrt. Die Projektion der Blendenöffnung stellt die Begrenzungslinie des helleren Teiles der geschwärzten Figur dar. Man sieht, daß die Projektionen der Drähte im ersten Fokalkpunkte die erste Fokallinie berühren. Letzteres ist auch dann der Fall, wenn die Drähte eine beliebige Krümmung haben, die Bedingung ist nur, daß sie den Leitstrahl schneiden. Daß das hier vorgeführte Strahlenbündel eine Symmetrieebene besitzt, hat gar keinen Einfluß auf diese Erscheinung, welche in bezug auf die zweite Fokallinie identisch dieselbe ist. Die Gesamtheit der Strahlen, welche vom leuchtenden Punkte zu einer beliebigen, den Leitstrahl schneidenden Linie gehen, stellt eine allgemeine konische Fläche dar; nach der Brechung im optischen Systeme bildet die Gesamtheit derselben Strahlen eine windschiefe Strahlenfläche, welche den Leitstrahl enthält. Es folgt also aus den Versuchen, wie auch mathematisch bewiesen werden kann, daß *jede den Leitstrahl enthaltende Strahlenfläche die beiden demselben zugehörigen Fokallinien in den Fokalkpunkten berührt*. Diese Definition der Konstitution des allgemeinen Strahlenbündels und der in demselben vorhandenen Strahlenvereinigung erster Ordnung ist bei beliebig großer Öffnung mathematisch exakt. Sie stellt in der Tat nur eine andere Form der durch das Verschwinden der beiden Differentialquotienten gegebenen Definition dar, und hat den Vorteil, daß dieses gelehrte Wort nicht gebraucht wird.

Wenn der hier in starker Vergrößerung gezeigte Strahlenbündelquerschnitt in einem zentrierten optischen Systeme einem exzentrisch gelegenen leuchtenden Punkte entspricht, und wenn man diesem Punkte eine Rotationsbewegung um die Systemachse erteilt, so führt die ganze Figur eine entsprechende Bewegung aus und es entsteht,

wenn die Figurebene achsensenkrecht ist, ein kreisrunder Ring. Trifft die Achse die Figurebene nach links in der Fortsetzung der horizontalen Mittelinie, so ist der innere Rand des Ringes scharf begrenzt und stark leuchtend, während außerhalb desselben schwächeres, in der Richtung nach außen schnell abnehmendes Licht in einer von der Blendenöffnung abhängigen Breite vorhanden ist. Es entsteht auf diese Weise ein nach außen unscharfes Bild des vom leuchtenden Punkte beschriebenen Kreises, wobei jedoch die Unschärfe durch mäßige Verengung der Blende praktisch unschädlich gemacht werden kann. Der den verschiedenen Punkten des Objektkreises entsprechende Leitstrahl geht dabei zu demselben Punkte auf der Systemachse wie der ursprüngliche Leitstrahl.

Es folgt hieraus, daß *in einem zentrierten Systeme ein auf einer achsensenkrechten Ebene konzentrisch zur Achse gelegener Kreis unter vollständiger Strahlenvereinigung erster Ordnung auf einer achsensenkrechten Ebene abgebildet wird*. Die Strahlenvereinigung ist dadurch charakterisiert, daß jede von einem Punkte des Objektkreises ausgehende, den Leitstrahl enthaltende Strahlenfläche nach der Brechung im optischen Systeme den Bildkreis berührt. *Die Abbildung ist aber nicht punktuell*, so daß etwa einem bestimmten Punkte des Objektkreises ein bestimmter Punkt des Bildkreises entspräche. Die Abbildung eines Punktes als Punkt kommt überhaupt nur dann vor, wenn die beiden Fokalkpunkte auf dem Leitstrahle zusammenfallen, was im allgemeinen zentrierten Systeme nur auf der Achse geschieht.

Ich habe hier an dem einfachsten Falle versucht, verständlich zu machen, wie die Abbildung von Linien unter vollständiger Strahlenvereinigung erster Ordnung stattfindet, und was unter einer solchen Strahlenvereinigung verstanden wird. In der Tat ist *eine solche Abbildung von Linien charakteristisch für jedes optische System* mit Flächen beliebiger Form und beliebiger Orientierung. Auf einer beliebigen Objektfläche gehen durch jeden Punkt zwei, einen endlichen Winkel miteinander bildende, abbildbare Linien, deren Bildlinien durch die betreffenden Fokalkpunkte gehen, und die Abbildung findet unter vollständiger Strahlenvereinigung erster Ordnung statt, wie ich sie soeben definiert habe. Wenn in einem zentrierten optischen Systeme die Objektfläche eine achsensenkrechte Ebene oder eine Umdrehungsfläche um die Systemachse ist, so stellen die Meridianlinien und die Parallelkreise die abbildbaren Linien dar. Dieselben stehen also in diesem Falle überall senkrecht aufeinander. Außerdem ist die Abbildung in den sukzessiven Flächen des zentrierten Systems zusammensetzbar, so daß die durch Brechung in der ersten Fläche entstehenden Bildlinien abbildbare Linien für die nächste Fläche sind usw., was im allgemeinen Falle nicht zutrifft.

Da allgemein keine Abbildung von Punkten als Punkte vorkommt, so kann allgemein keine

Rede von konjugierten Punkten sein. Dagegen gibt es allgemein konjugierte Fokallinien auf einem beliebigen Leitstrahle. Wenn man auf beiden Seiten eines beliebigen, nicht zentrierten optischen Systems einen leuchtenden Punkt hat und den einen so lange auf dem Leitstrahl verschiebt, bis er einen Fokuspunkt im anderen leuchtenden Punkte hat, so ist auch das Umgekehrte der Fall. Da nun der Fokuspunkt eine Fokallinie definiert, so geht durch jeden der beiden leuchtenden Punkte eine dem anderen zugehörige Fokallinie, und diese beiden Fokallinien sind einander konjugiert. In der Nähe ihrer Schnittpunkte mit dem Leitstrahle im betreffenden Medium sind sie ineinander abbildbar. In zentrierten optischen Systemen ist auf einem die Achse schneidenden Leitstrahle das eine Paar konjugierter Fokallinien in der Meridianebene gelegen, während das andere Paar senkrecht auf derselben steht. Beide Paare schneiden im betreffenden Medium den Leitstrahl senkrecht.

Ohne die Kenntnis dieser nicht punktuellen Abbildung von Linien ist die exakte wissenschaftliche Behandlung der Bildentstehung in optischen Instrumenten unmöglich. Es ist sehr zu bedauern, daß immer noch mit der Fiktion sog. ebener Büschel gearbeitet wird. Dieselben verhalten sich zu den Tatsachen wie zwei einander schneidende Linien zu einer Fläche.

Wenn man bei der optischen Projektion unter Anwendung eines leuchtenden Punktes auf der einen Seite des optischen Systems und einer Schirmebene auf der anderen Seite an Stelle eines Drahtes einen undurchsichtigen Punkt verwendet, der so verschoben wird, daß er den ausgewählten Leitstrahl passiert, so wandert auf dem Schirme der Schatten durch den Schnittpunkt desselben mit dem gebrochenen Leitstrahle. Das Verhältnis der Geschwindigkeiten des Schattens und des undurchsichtigen Punktes in dem Augenblicke, wo beide den Leitstrahl passieren, stellt, wie wir schon wissen, einen Differentialquotienten dar. Wenn sowohl die Ebene, in welcher sich der undurchsichtige Punkt bewegt, wie die Schirmebene senkrecht auf dem Leitstrahl stehen, wird dieser Differentialquotient als *linearer Projektionskoeffizient* bezeichnet.

Wird derselbe Versuch in zentrierten optischen Systemen wiederholt, indem die Ebenen, in welchen der undurchsichtige Punkt verschoben bzw. der Schatten beobachtet wird, ein Paar konjugierter Fokallinien enthalten, und die Bewegung senkrecht auf diese Linien und auf den Leitstrahl vor sich geht, so stellt der lineare Projektionskoeffizient den diesen konjugierten Fokallinien zugehörigen *Vergrößerungskoeffizienten* dar. Die beiden einem Objektpunkte zugehörigen Vergrößerungskoeffizienten besagen also nichts über das Längenverhältnis abbildbarer Linien und Bildlinien, sondern beziehen sich ausschließlich auf die Abstände derselben voneinander.

Ist der leuchtende Punkt auf der Achse des

zentrierten Systemes gelegen, so hat das gebrochene Strahlenbündel den in der Fig. 2 durch einen Meridianschnitt dargestellten Typus. Die Linie *ACB* repräsentiert eine Öffnungsebene, *CFO* ist die Achse und *O* der Fokuspunkt auf derselben. Die Kurve, welche von den Strahlen berührt wird, hat in *O* eine Spitze. Der Krümmungsradius in den verschiedenen Punkten der Kurve nimmt nach *O* hin stetig ab, um dort durch Null zu gehen und das Vorzeichen zu wechseln. Wenn, wie früher, ein undurchsichtiger Punkt auf der Linie *AB* mit konstanter Geschwindigkeit von unten nach oben verschoben wird, so wandert der Schatten auf der Linie *DOE* von oben nach unten, wobei sich die Geschwindigkeiten wie die Abstände des Punktes *O* vom Berührungspunkte des betreffenden Strahles mit der Kurve verhalten. Die Geschwindigkeit des Schattens muß deshalb auf der Strecke von *D* nach *O* stetig abnehmen und in *O*, wo der achsiale Strahl die Kurve berührt, Null sein, um dann von *O* nach *E* stetig zuzunehmen. Die Beschleunigung des Schattens in der Richtung nach unten ist deshalb oberhalb von *O* negativ, unterhalb dieses Punktes aber positiv, muß also beim Durchgange des Schattens durch *O* Null sein. Die Differentialquotienten erster und zweiter Ordnung der auf *DE* gemessenen Strecke in bezug auf die auf *AB* gemessene haben also auf der Achse den Wert Null. Dies ist das Charakteristicum einer Strahlenvereinigung zweiter Ordnung, und dieselbe ist vollständig, da das ganze Strahlenbündel durch Drehung der Figur um die Achse *CO* erhalten wird. Die durch die Kurve hierbei entstehende trichterförmige Fläche ist die erste kaustische Fläche, während derjenige Teil der Achse, welcher zwischen dem Punkte *F*, wo sich die äußersten Strahlen schneiden und dem achsialen Fokuspunkte gelegen ist, die zweite kaustische Fläche darstellt. Es gibt also nur einen einzigen Strahl, auf welchem die beiden Fokuspunkte zusammenfallen, nämlich die Achse; jeder andere Strahl hat seinen ersten Fokuspunkt im Berührungspunkte mit der trichterförmigen kaustischen Fläche und seinen zweiten Fokuspunkt im Schnittpunkte mit der Achse.

Ich werde jetzt die auf der photographischen Platte aufgenommenen, in der Figur mit verschiedenen Ziffern bezeichneten Querschnitte des Strahlenbündels zeigen (Tafel I). Der erste Querschnitt geht durch den Rand der kaustischen Fläche und weist (Bild 2) in Übereinstimmung hiermit eine stärkere Schwärzung an der Begrenzungslinie auf. Auf dem in der Fig. 2 mit 2 bezeichneten Querschnitte kommen in der Peripherie Strahlen vor, welche sich schon geschnitten haben. Wir finden (Bild 3) in Übereinstimmung hiermit innerhalb der schwarzen Begrenzungslinie eine ringförmige Zone, die dunkler ist als die von ihr eingeschlossene zentrale Partie. Geht man nun in der Fig. 2 mit fortgesetzten Querschnitten von 2 bis zu 3, so breitet sich die dunklere ringförmige Zone immer mehr nach der Mitte hin

aus, und im Querschnitte 3 sieht man zum erstenmal denjenigen Teil der Achse, welcher die zweite kaustische Fläche darstellt (Bild 4) und dementsprechend als schwarzer Punkt auftritt. Im folgenden in der Fig. 2 durch 4 bezeichneten Querschnitte gibt es eine zentrale Partie, in welcher sich überall drei Strahlen schneiden, während im äußeren, der kaustischen Fläche anliegenden Ringe nur zwei Strahlen jeden Punkt kreuzen. Man sieht auf dem Bilde (5) die die Achse umgebende dunklere Stelle. Der in der Fig. 2 mit 5 bezeich-

sei. Ich habe aber schon längst einen Versuch angegeben, durch welchen sich ein jeder überzeugen kann, daß der dünnste Querschnitt der kaustischen Fläche, nicht derjenige des Strahlenbündels, maßgebend ist. Wenn man mit einer Bikonvexlinse von sehr großer Öffnung das Bild des glühenden Fadens einer elektrischen Lampe auf einer weißen Fläche entwirft, so erhält man die beste Schärfe bei einer Einstellung, welche der Spitze der kaustischen Fläche entspricht, obwohl das Bild von einem Schleier umgeben ist. Wird aber die Ein-

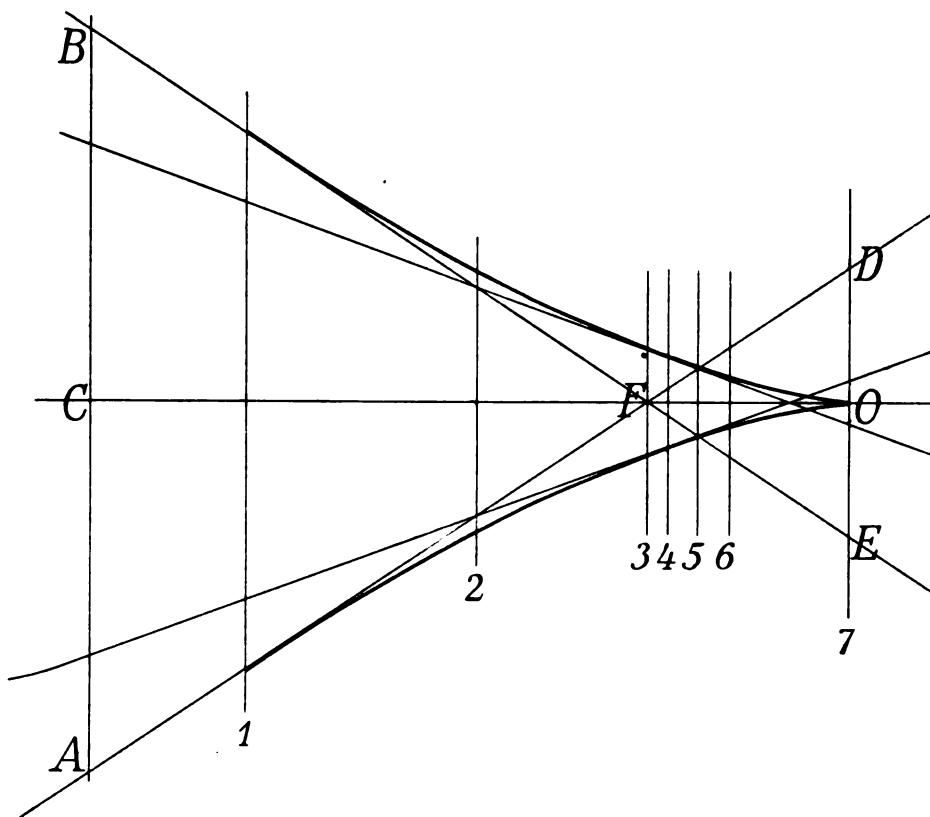


Fig. 2.

nete Querschnitt ist der dünnste, indem hier die äußersten Strahlen die kaustische Fläche schneiden. Innerhalb der schwarzen Begrenzungslinie sieht man (Bild 6) ein gleichmäßig beleuchtetes Feld, in dem sich in jedem Punkte drei Strahlen schneiden, und in der Mitte die Achse. Dies ist der letzte Querschnitt, in dem die kaustische Fläche die Begrenzungslinie erzeugt. Im Querschnitte 6 (Fig. 2) sieht man ausserhalb derselben einen Zerstreuungskreis (Bild 7), welcher sich fernerhin immer mehr erweitert, bis im letzten Querschnitte die letzte Spur der kaustischen Fläche in der Gestalt eines dem achsialen Fokalkpunktes entsprechenden schwarzen Punktes (Bild 8) sichtbar ist.

Man hat geglaubt, daß der dünnste Querschnitt des Strahlenbündels für die Abbildung maßgebend

stellung so verändert, daß der Schleier verschwindet, wobei die dünnsten Querschnitte der Strahlenbündel angewendet werden, so ist das Bild je nach der Öffnung der Linse wesentlich schlechter oder gar nicht zu erkennen. Diesen Versuch kann ich hier an Photographien zeigen. Bei der Einstellung, bei welcher die Spitze der kaustischen Fläche bei punktförmiger Lichtquelle auf der Platte erscheint — bei der also Bild 8 entstand — wurde an Stelle des leuchtenden Punktes eine Glühlampe aufgestellt, wobei Bild 9 erhalten wurde. Der Schleier tritt hier wegen kürzerer Exposition nicht sehr hervor. Dasselbe Experiment wurde bei der Einstellung, bei welcher der dünnste Querschnitt des Strahlenbündels auf der Platte erscheint — bei der also das Bild 6 eines leuchten-

den Punktes entstand — wiederholt. Auf dem dabei erhaltenen Bilde so sieht man keine Spur von der Struktur der Lampe. Interessant ist aber, daß bei so kleiner Winkelgröße des Objektes der Querschnitt der mit der Achse zusammenfallenden zweiten kaustischen Fläche imstande ist, bei Unterexposition eine Andeutung der Form des glühenden Fadens zu geben. Es wird aus diesen Photographien ersichtlich sein, daß ein Studium der optischen Bilder die Kenntnis der kaustischen Flächen voraussetzt.

Bei der Untersuchung der optischen Abbildung werden die dem Brechungsgesetze entsprechenden algebraischen Gleichungen und die Gleichungen eines Strahles differenziert, wobei eine einmalige, zweimalige usw. Differentiation die *Gesetze erster, zweiter Ordnung usw.* ergibt. Aus den Gesetzen erster Ordnung erhält man die Lage und Orientierung der Fokallinien, sowie die Differentialquotienten erster Ordnung, welche wir als Projektionskoeffizienten und Vergrößerungskoeffizienten kennen. Wenn die Gesetze so zusammengefaßt werden können, daß dieselben ohne Bezugnahme auf die einzelnen Flächen eines optischen Systems durch Systemkonstanten ausgedrückt werden können, sprechen wir von *Systemgesetzen* der betreffenden Ordnung.

GAUSS entdeckte die ersten Systemgesetze, nämlich diejenigen erster Ordnung auf der Achse eines zentrierten Systems, indem er die Formeln angab, mit welchen die Lage des einem Achsenpunktes konjugierten Punktes und der Vergrößerungskoeffizient in demselben direkt berechnet werden können. Mit diesen Formeln läßt sich das optische Bild einer kleinen zentrisch gelegenen Objektfläche in erster Annäherung ermitteln, was dadurch ermöglicht wird, daß die praktischen Ansprüche an die Abbildung sich nicht zur mathematisch exakten punktuellen Abbildung erstrecken. Die so berechnete optische Abbildung heißt mit Recht die GAUSSISCHE. Leider hat man aber entdeckt, daß die Lage der konjugierten Punkte und die Vergrößerungskoeffizienten mit den Gesetzen der kollinearen Abbildung übereinstimmen, wenn man nur Vergrößerung an Stelle des Vergrößerungskoeffizienten setzt und vergißt, daß es außerhalb der Achse allgemein keine konjugierte Punkte gibt. Die sog. kollineare Abbildung ist ein rein mathematischer Begriff, welcher nichts mit der optischen Bilderzeugung zu tun hat. Man setzt zwei Räume in solche Beziehung zueinander, daß jeder Punkt in dem einen Raume einem Punkte im anderen Raume zugeordnet wird, und fügt die Bedingung hinzu, daß auf diese Weise jede Gerade in dem einen Raume durch eine Gerade im anderen Raume repräsentiert wird. Das Wort „Abbildung“ hat hier einen rein mathematischen Inhalt.

Auch wenn man vergißt, daß es außerhalb der Achse eines zentrierten optischen Systems überhaupt keine allgemeine punktuellen Abbildung unter Strahlenvereinigung auch nur erster Ordnung gibt, so muß doch mit der Verzeichnung

gerechnet werden, welche bewirkt, daß eine die Achse nicht schneidende Gerade allgemein nicht als Gerade abgebildet wird. Um zu der Fabel von einer kollinearen Abbildung in einem fadenförmigen, die Achse umgebenden Raume zu gelangen, muß man deshalb sagen, daß Geraden als Geraden abgebildet werden, wenn man annimmt, daß eine Gerade nicht von einer krummen Linie unterschieden werden kann. Eine solche Annahme wird natürlich nicht bewußt gemacht, sondern man hat vergessen, daß drei Punkte nötig sind, um eine Gerade von einer krummen Linie zu unterscheiden. Die sog. Theorie einer kollinearen optischen Abbildung hat deshalb überhaupt keine wissenschaftliche Berechtigung, um so weniger, wenn sie an Stelle der Tangentialebenen von Strahlenflächen mit sog. ebenen Büscheln arbeitet. Will man das Wort notwendig gebrauchen, so kann man nur sagen, daß der mathematische Begriff der kollinearen Abbildung das Ideal definiert, dem man sich bei der Konstruktion optischer Instrumente praktisch zu nähern sucht, und daß die GAUSSISCHE Abbildung bei enger Blende und kleinem zentrisch gelegenen Objekte in zentrierten Systemen die erste grobe Annäherung an dieses Ideal darstellt, daß aber das Ideal, auch in einem fadenförmigen Raume, nur von der spiegeln- den Ebene erreicht wird.

Ich würde mich bei dieser Gelegenheit nicht hiermit aufgehalten haben, wenn ich nicht in einer deutschen, von den Autoren zitierten Arbeit¹⁾ das Nötige über die kollineare Abbildung schon vor zwanzig Jahren gesagt hätte — leider aber zu bescheiden — und wenn ich es nicht für eine Ehrensache der Wissenschaft hielte, die kollineare optische Abbildung und die „ebenen Büschel“ nebst dem STURMSCHEN Konoide auszu- merzen. Daß meine Bewunderung der Leistung deutscher Forscher bei der Konstruktion von optischen Instrumenten, deren Bilder dem Ideale sehr nahe kommen, trotzdem keine Einbuße erleidet, habe ich schon eingangs angedeutet.

Was die Gesetze erster Ordnung betrifft, so braucht nur noch hinzugefügt zu werden, daß die Systemgesetze auf einem Leitstrahle, welcher in einem zentrierten Systeme die Achse schneidet, auf dieselbe Weise erhalten werden wie die GAUSS- schen Systemgesetze, indem, wie schon erwähnt, die in der ersten Fläche entstehenden Bildlinien als Objektklinien für die zweite Fläche angewendet werden können usw. Dagegen sind die System- gesetze im allgemeinen Falle²⁾ viel komplizierter, was um so mehr zu bedauern ist, als dieselben das Sehen mit astigmatischen Brillen beherrschen,

¹⁾ Die reelle optische Abbildung. Berlin: Friedländer & Sohn 1906. (Aus den Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar.)

²⁾ Das allgemeine optische Abbildungssystem. Berlin: Friedländer & Sohn 1915. (Aus den Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar.)

sobald die Blicklinie nicht durch eine Symmetrieebene der Brille geht.

Unter den *Gesetzen zweiter Ordnung* soll hier nur auf diejenigen der Strahlenvereinigung eingegangen werden, sofern der Leitstrahl in einem zentrierten Systeme die Achse desselben schneidet. In der Fig. 3 ist O, FF'' , der Leitstrahl, welcher im ersten Fokalepunkte F' , die Schnittlinie der ersten kaustischen Fläche berührt. Jeder andere in dieser Ebene verlaufende Strahl des gebrochenen Strahlenbündels muß, wie wir schon wissen, dieselbe Kurve berühren. Werden nun auf allen solchen Strahlen die zweiten Fokalepunkte markiert, so ergibt sich die durch den zweiten Fokalepunkt F'' , des Leitstrahles gehende Kurve, welche die Strahlen unter endlichen Winkeln schneidet. Die Figurebene ist eine Meridianebene des zentrierten Systems und folglich auch eine Symmetrieebene der kaustischen Flächen. Da die zweite kaustische Fläche von den Strahlen berührt werden muß, so besitzt sie eine in der Symmetrieebene gelegene Kante, nämlich die durch F'' ,

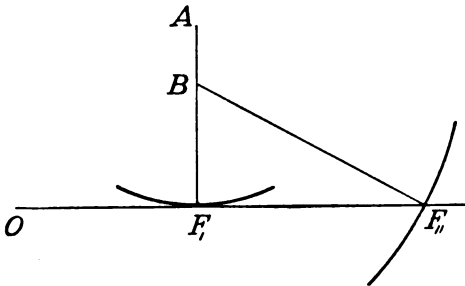


Fig. 3.

gehende Kurve. Auf einem gegen die Figurebene senkrechten Schnitte muß deshalb die Schnittlinie der zweiten kaustischen Fläche eine solche Spitze haben, wie ich für ein achsiales Strahlenbündel gezeigt habe. Im ersten Fokalepunkte besteht also nur eine partielle Strahlenvereinigung erster Ordnung, während im zweiten Fokalepunkte die partielle Strahlenvereinigung von der zweiten Ordnung ist. Die Formeln ergeben zwei *Asymmetrienwerte*, welche auf der Stufe der Gesetze zweiter Ordnung die Strahlenvereinigung charakterisieren. Der direkte Asymmetrienwert ist der Krümmungsradius AF' , der Schnittlinie der ersten kaustischen Fläche im Fokalepunkte F' . Zieht man im zweiten Fokalepunkte F'' , die Normale der durch denselben gehenden Kantenlinie der zweiten kaustischen Fläche, und ist B der Punkt, wo dieselbe die erste Fokalebene trifft, so stellt BF'' , den transversalen Asymmetrienwert dar. Derselbe bestimmt nicht nur die Neigung der Kante gegen den Leitstrahl, sondern auch die Krümmung der ersten kaustischen Fläche in einem durch die Linie AF' , senkrecht auf die Figurebene gelegten Schnitte. Der Krümmungsmittelpunkt dieser Schnittlinie ist nämlich auf der im Punkte F'' , gezogenen Tangente der Kanten-

linie der zweiten kaustischen Fläche gelegen, so daß in diesem Beispiele die erste kaustische Fläche eine sattelförmige Krümmung hat. Der erste dünnste Querschnitt des Strahlenbündels befindet sich, wie schon gezeigt wurde, bei F' , während der zweite dünnste Querschnitt in der Nähe der durch F'' , gehenden Kante einen schrägen Verlauf hat. Wird die Fokalstrecke F, F'' , verkürzt, so neigt sich die Kante der zweiten kaustischen Fläche immer mehr, bis sie, wenn die Fokalepunkte zusammenfallen, die Strahlenbrechung somit auf dem Leitstrahle anastigmatisch ist, den Leitstrahl und die Schnittlinie der ersten kaustischen Fläche im gemeinsamen Fokalepunkte berührt. Der transversale Asymmetrienwert kann dabei unverändert bleiben, und die Krümmung der Kante ergibt sich bei aufgehobenem Astigmatismus durch eine die beiden Asymmetrienwerte enthaltende Formel. Der Querschnitt eines solchen Strahlenbündels in der Fokalebene hat im Fokalepunkte eine Spitze mit zwei Tangenten, welche einen endlichen, durch die Asymmetrienwerte bestimmten Winkel einschließen.

Ich werde nun zunächst eine Schnittserie durch ein astigmatisches Strahlenbündel demonstrieren (Tafel II). Im ersten Schnitte (Bild 11) sieht man links die schwärzere Schnittlinie der ersten kaustischen Fläche. Rechts davon treffen sich auf einem Teile des Querschnittes zwei Strahlen in jedem Punkte, während ganz nach rechts jeder Punkt des Querschnittes nur von einem Strahle getroffen wird. Der nächste Schnitt (Bild 12) ist der erste dünnste Querschnitt, den wir schon kennen. Dann folgt ein Schnitt, welcher links immer noch die erste kaustische Fläche trifft, rechts aber in eine Spitze endet (Bild 13). Dieselbe ist der erste Schnittpunkt mit der Kante der zweiten kaustischen Fläche. In den folgenden Schnitten (Bild 14 und 15) sieht man die Einschnürung, welche den schräg verlaufenden dünnsten Querschnitt repräsentiert und dementsprechend in jedem folgenden Schnitte mehr nach links wandert. Die stärkere Schwärzung in der Nähe der Einschnürung ist der Schnitt der zweiten kaustischen Fläche. Am letzten Querschnitte (Bild 16) sieht man im äußersten Punkte links den letzten Punkt der Kante der zweiten kaustischen Fläche. Der übrige Teil der Figur sieht in gewissen Instrumenten aufgefasert aus, so daß eine gewisse Ähnlichkeit mit Haaren entsteht — eine Interferenzerscheinung. Koma ist das lateinische Wort für Haar, und die ganze Erscheinung, die weit früher beobachtet als verstanden worden ist, trägt immer noch in der Literatur der technischen Optik den Namen Koma oder Komafehler. Ein von anderer Seite gemachter Versuch, diese dreidimensionale Erscheinung unter Anwendung der sog. ebenen Büschel mit den Mitteln der zweidimensionalen Geometrie zu behandeln hat zu teilweise falschen Resultaten geführt.

Die Gesetze dritter Ordnung auf der Achse eines zentrierten Systems sind einfacher als die Gesetze

zweiter Ordnung und wurden schon von SEIDEL in der Sprache der Abweichungen ermittelt. Auf der Fig. 2 habe ich gezeigt, daß bei Änderung der Strahlneigung die Differentialquotienten erster und zweiter Ordnung der auf der Fokalebene DOE gemessenen Strecke in bezug auf die in der Öffnung ACB gemessenen Strecke im Fokalfunkte O den Wert Null haben. Der Abstand DO , welcher die Lateralaberration des Strahles AD genannt wird, ergibt sich entweder exakt durch trigonometrische Rechnung oder approximativ unter Anwendung der Differentialquotienten höherer Ordnung im Fokalfunkte O . Der Differentialquotient dritter Ordnung ergibt also die erste Approximation, und wird nach dem Vorgange SEIDELS allgemein nur zu diesem Zwecke verwendet, wobei in der Regel der Unterschied des exakten und des approximativen Wertes vergessen wird. Der betreffende Differentialquotient hat aber eine geometrische Bedeutung für die Form der kaustischen Fläche, welche an der Fig. 4 illustriert wird. Zieht man in jedem Punkte der Schnittlinie der kaustischen Fläche die Normale, so berühren sämtliche Normale eine Kurve, welche durch den Fokalfunkt geht. Der Krümmungsradius dieser Kurve im Fokalfunkte ist der Differentialquotient dritter Ordnung der in der Fokalebene gemessenen Strecke in bezug auf den Neigungswinkel des Strahles. Durch den Namen *Aber-*

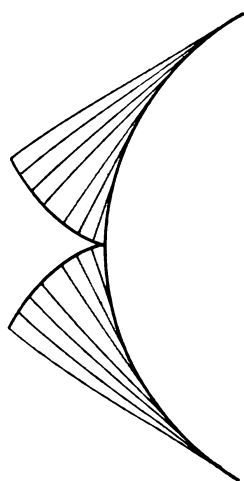


Fig. 4.

ationswert habe ich ausgedrückt, daß es sich hierbei um eine exakte geometrische Größe handelt, welche die Form der Spitze der kaustischen Fläche angibt, während die Benutzung desselben zu einer Approximation der Lateralaberration eines Strahles wissenschaftlich nichts aussagt und auch zur Verwechslung des annähernd Wahren mit den Tatsachen Anlaß gibt.

Ähnlich verhält es sich mit den übrigen sog. SEIDELschen Bildfehlern. In der Fig. 5 ist der durch B gehende Strahl mit der Achse zusammenfallende Leitstrahl eines achsialen Objektpunktes, während der durch B , gehende Strahl von einem nahegelegenen Objektpunkte ausgegangen ist, und die Kurven CBD mit ihren Spitzen auf den betreffenden Strahlen Schnittlinien der kaustischen Flächen darstellen. Indem bei zunehmendem Abstände des Objektpunktes von der Achse die beiden Fokalfunkte sich voneinander entfernen, entstehen zwei, sich auf ziemlich komplizierte Weise schneidende kaustische Flächen mit zwei Kanten, von welchen die in der Meridia-

ebene gelegene durch die Kurve EGF bezeichnet ist, während die andere senkrecht auf der Figurebene steht und im Durchschnitt die Spitze B , aufweist. Man sieht, daß im äußersten Strahlenbündel die beiden kaustischen Flächen einander in zwei Punkten berühren, was damit gleichbedeutend ist, daß der Astigmatismus auf den betreffenden Strahlen verschwindet. Zwei solche anastigmatische Fokalfunkte sind immer auf den kaustischen Flächen in der Nähe der Achse vorhanden. Es gibt aber außer dem in der Figur dargestellten Typus noch einen zweiten, bei welchem die anastigmatischen Punkte auf den kaustischen Flächen in einer die Meridianebene senkrecht schneidenden Ebene enthalten sind, und in Über-

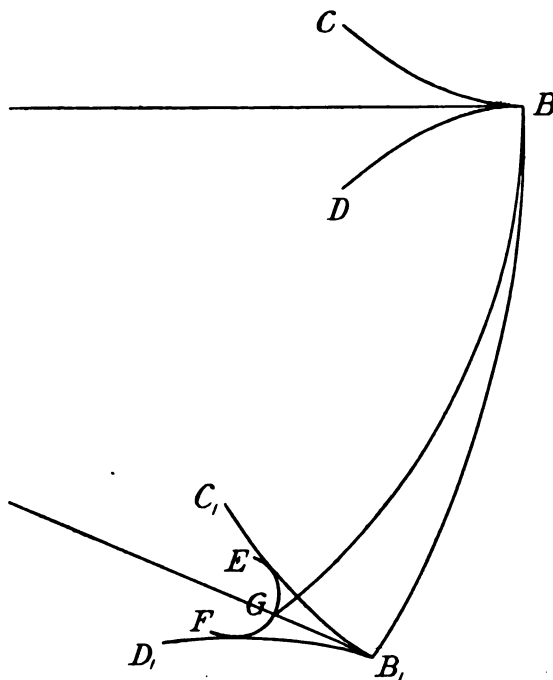


Fig. 5.

einstimmung hiermit die in der Figurebene gelegene Kante nicht, wie die Linie EGF innerhalb der Linie C, B, D , gelegen ist, sondern ganz außerhalb derselben verläuft und den die Spitze B , berührenden Strahl auf der anderen Seite schneidet.

Die SEIDELschen Bildfehler gelten für eine unendlich kleine Blende an einem bestimmten Orte. Die Leitstrahlen, welche verschiedenen Objektpunkten entsprechen, müssen dabei durch den Mittelpunkt dieser unendlich kleinen Blende gehen. Die Blende schneidet deshalb unendlich kleine Stücke der kaustischen Flächen aus, welche verschiedenen, von dem Blendenorte abhängigen Krümmungen der beiden Bildflächen entsprechen und auch verschiedene Distorsionswerte ergeben. Wenn der Durchmesser der Blende klein ist im Verhältnis zum Abstände des Objektpunktes von

der Achse, erhält man auf diese Weise Näherungswerte. Wenn aber die Objektebene oder die Schirmebene von derselben Größenordnung ist wie die Blende, und dies ist beispielsweise bei astrophotographischen Aufnahmen der Fall, so müssen die Querschnitte der kaustischen Flächen für die Abbildung maßgebend sein. Man kann nun die in der Figur angegebenen Bildkrümmungen und den entsprechenden Distorsionswert erhalten, wenn man nach dem Vorgange GLEICHENS die sog. *natürliche Blende* bei der Benutzung der SEIDELschen Formeln einführt. Sämtliche Größen ergeben sich aber für einen beliebigen Objektstand ohne Bezugnahme auf die einzelnen Flächen des Systems durch die *Systemkonstanten dritter Ordnung auf der Achse*¹⁾.

Ich werde nun auf dem Schirme sukzessive

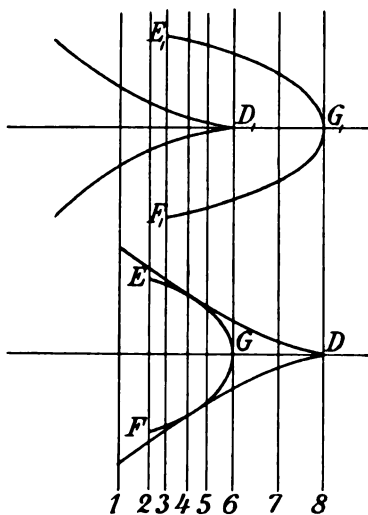


Fig. 6.

photographische Querschnitte von Strahlenbündeln zeigen, die den Astigmatismus in der Nähe der Achse eines zentrierten Systems tatsächlich darstellen (Tafel III). Der Einfachheit wegen bin ich von der natürlichen Blende ausgegangen, so daß die Querschnitte nicht von der einen oder anderen Seite her abgeschnitten werden. Zur Orientierung diene Fig. 6, welche die Querschnitte der kaustischen Flächen in zwei, den Leitstrahl enthaltenden Ebenen schematisch zeigt. Die obere Figur entspricht auf den photographischen Bildern einem horizontalen, die untere einem vertikalen Schnitt. Je nach dem Typus des Systems repräsentiert die eine oder andere den Meridianschnitt. Die Kurven EGF bzw. E, G, F , stellen Kanten dar, deren Querschnitte als Spitzen in D , bzw. D erscheinen. Nur die in der Meridianebene gelegene Kante ist eben, die andere muß man sich

als auf die Figurebene ausgebreitet vorstellen. Um technischen Schwierigkeiten bei der Photographie aus dem Wege zu gehen, ist nämlich eine sphärozyklindrische Kombination angewendet worden, bei welcher eine gewisse in der Wirklichkeit vorhandene Asymmetrie auf den sonst naturgetreuen Bildern nicht zum Vorschein kommt. Der Figur entsprechend muß der mit 1 bezeichnete Querschnitt eine größere Höhe als Breite haben und rundum die Schnittlinie der ersten kaustischen Fläche zeigen. Seitwärts haben sich schon Strahlen geschnitten, was aber oben und unten nicht der Fall ist. Wie man sieht, ist dies auch auf dem Bilde 17 deutlich. Das nächste Bild (18) ist zwischen den Schnitten 1 und 2 der Fig. 6 gelegen und enthält nur eine zentral gelegene, in vertikaler Richtung ausgedehnte Partie, in der sich Strahlen noch nicht geschnitten haben. Der auf der Figur 6 mit 2 bezeichnete Querschnitt enthält im oberen und unteren Teile die Punkte E und F , Endpunkte der Kantenlinie EGF , welche hier der zweiten kaustischen Fläche angehört (Bild 19). Im nächsten, in der Fig. 6 mit 3 bezeichneten Querschnitte befinden sich die beiden Punkte E, F , welche die ersten Anzeichen der in ihrem ganzen Verlauf der zweiten kaustischen Fläche angehörigen Kantenlinie E, G, F , darstellen und auf dem photographischen Querschnitte (Bild 20) als seitliche Spitzen hervortreten. Man sieht, wie sich die vertikale Kantenlinie der ersten kaustischen Fläche nähert. Dann folgt noch ein zwischen 3 und 4 (Fig. 6) gelegener Schnitt (Bild 21), wo dies noch mehr der Fall ist, und die Schnittlinien der beiden sich schneidenden kaustischen Flächen deutlich hervortreten. Alle vier Spitzen entsprechen den auf der zweiten kaustischen Fläche verlaufenden Kanten. Der nächste, in der Fig. 6 mit 4 bezeichnete Querschnitt zeigt oben und unten die anastigmatischen Fokalfpunkte des Strahlenbündels, in welchen sich die beiden kaustischen Flächen berühren und zugleich schneiden, so daß der in der Figur rechts vom Querschnitt 4 sichtbare Teil der Kantenlinie EGF der ersten kaustischen Fläche angehört. Wie auf dem Bilde 22 ersichtlich, haben die Schnittlinien der kaustischen Flächen in den gemeinsamen Punkten oben und unten Spitzen mit zwei verschiedenen, einen Winkel von ungefähr 60° einschließenden Tangenten. Auf dem in der Fig. 6 mit 5 bezeichneten Querschnitte (Bild 23) sind die Ecken der zweiten kaustischen Fläche oben und unten schon abgerundet, während der schmale Schnitt der ersten kaustischen Fläche oben und unten in Spitzen endet, die der auf diese Fläche übergegangenen Kante entsprechen. Der nächste in der Fig. 6 mit 6 bezeichnete Querschnitt geht in der Figur durch die Punkte D , und G , welche den ersten Fokalfpunkt auf dem Leitstrahl bezeichnen. Am Bilde 24 sieht man von der ersten kaustischen Fläche nur eine kurze, vertikale, tiefschwarze Linie, welche aber leider auf beiden Seiten ein Paar schwacher Trabanten hat, die wahrscheinlich durch irgendeine Spiegelung ent-

¹⁾ Optische Systemgesetze zweiter und dritter Ordnung. Berlin: Friedländer & Sohn 1924. (Aus den Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar.)

standen sind. Diese Photographie müßte nach der Vorstellung vom Sturmschen Konoide eine vertikale Linie darstellen, durch welche alle Strahlen gehen müßten. Einen schlagenderen Beweis für die Unbrauchbarkeit des Konoides als Modell für astigmatische Strahlenbündel in zentrierten optischen Systemen könnte es wohl kaum geben. Rechts vom Querschnitte 6 in der Fig. 6 ist nur die zweite kaustische Fläche vorhanden, bildet aber nirgends die Grenze des Strahlenbündelquerschnittes. In dem mit 7 bezeichneten Querschnitte sieht man die der Kante *E*, *G*, *F*, entsprechenden seitlichen Spitzen an der Schnittlinie der zweiten kaustischen Fläche (Bild 25). Endlich haben wir im letzten, durch den in der Fig. 6 mit *D* und *G*, bezeichneten zweiten Fokalkpunkt gehenden Querschnitte die zweite horizontale Fokallinie, welche auch bei endlicher Öffnung zur Abbildung von Linien verwendet werden kann (Bild 26).

Nun wird man sich vielleicht vorstellen, daß diese Querschnitte der Strahlenbündel nicht in gut korrigierten Instrumenten vorkommen. Bei der sog. Korrektur der sphärischen Aberration wird aber die kaustische Fläche nicht auf einen Punkt reduziert, was die Anwendung einer nicht-sphärischen Fläche erfordern würde, sondern erhält nur eine andere Form, die in der Fig. 7 durch einen die Achse enthaltenden Schnitt gezeigt wird. Die optischen Querschnitte der astigmatischen Strahlenbündel, welche seitlich gelegenen Objektpunkten entsprechen, werden durch eine solche Korrektur verkleinert und noch mehr kompliziert. Und auch der Astigmatismus auf dem Strahle, welcher die Schnittlinie der kaustischen Fläche in ihrer Spitze berührt, kann nur für eine bestimmte Strahlneigung behoben werden, so daß die beiden in der Fig. 5 gezeichneten Kurven *BB*, und *BG* wohl einen gemeinsamen Schnittpunkt erhalten, nicht aber zusammenfallen können. Ähnliche Verhältnisse wie in der gezeigten Schnittserie durch ein astigmatisches Bündel liegen also immer vor, obwohl die quantitative Bedeutung des Effektes von der Konstruktion des Instrumentes abhängig ist.

Für die meisten praktischen Zwecke können die Strahlenbündelquerschnitte in modernen optischen Instrumenten hinreichend klein gemacht werden. Wenn aber größere Ansprüche an die optischen Bilder gestellt werden, darf man nicht vergessen, daß dieselben nicht so beschaffen sind, wie sie nach dem vorgestellten Ideale sein sollten.

Die größten Ansprüche an das optische Bild werden wohl bei der Ausmessung von Sternphotographien gestellt. Hier macht sich die Beugung des Lichtes geltend, so daß ein Fixstern auf der photographischen Platte stets einen geschwärzten Fleck endlicher Ausdehnung erzeugt. Die Gesetze der Beugung des Lichtes entziehen sich bei so kompliziertem Baue der kaustischen Flächen jeder Möglichkeit einer mathematischen Berechnung. Es ist wohl aber wahrscheinlich, daß das

Maximum der Schwärzung auf dem Sternbilde von der Lage der Querschnitte der kaustischen Flächen abhängig ist und deshalb, wenn das Strahlenbündel durch eine Blende oder durch die Linsenfassungen seitlich abgeschnitten wird, nicht mit dem Mittelpunkt des photographischen Sternbildes zusammenfällt. Dann wird aber die immer vorhandene Verzeichnung nicht nur von der Genauigkeit der Einstellung bei der Aufnahme, sondern auch von der Beschaffenheit der Emulsion der Platten sowie von der Expositionszeit und von der — härteren oder weicheren — Entwicklung des photographischen Bildes abhängig sein.

Bei genaueren astrophotographischen Messungen bedient man sich einer Differentialmethode, welche diese Fehlerquellen möglichst ausschließt. Exakt differentiell werden aber die Messungen nur unter der Voraussetzung, daß identische physikalische Verhältnisse bei den verschiedenen Aufnahmen vorliegen.

Dies ist nun bei den bisherigen Untersuchungen des EINSTEINEffektes bei Sonnenfinsternissen nicht

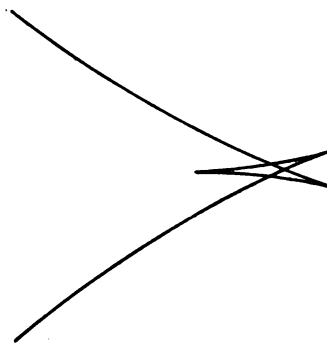


Fig. 7.

der Fall gewesen, indem das Feld auf verschiedenen Platten aufgenommen wurde, so daß das Koronarlicht und das diffuse Himmelslicht nur auf die eine der miteinander zu vergleichenden Platten einwirkte.

Durch die Güte des Herrn Dr. CAMPBELL, welcher die letzte Expedition des Lickobservatoriums zur Untersuchung des EINSTEINEffektes bei der Sonnenfinsternis von 1922 leitete, habe ich die notwendigen Daten zur Durchrechnung des angewendeten Objektives erhalten. Dieselbe lehrt, daß die Querschnitte der Strahlenbündel von demselben Typus sind, wie die hier soeben gezeigten, wobei aber eine seitliche Abschirmung vorhanden ist, so daß erwartet werden kann, daß das Maximum der Lichtwirkung nicht im Zentrum des Beugungsbildes der Sterne gelegen ist. Da nun die Sonnenfinsternisplatten kürzer exponiert und härter entwickelt wurden als die Vergleichsplatten, so ist ein falscher Effekt durch die differentielle Messung zu erwarten. Ich habe aber den im ungünstigsten Falle möglichen falschen Effekt für dieses Objektiv berechnet und gefunden, daß derselbe für einen Stern im Abstände von $2^{\circ}30'$

von der Achse nur einen Betrag von $0'',18$ erreicht und dem EINSTEINEFFekte entgegengesetzt ist, so daß die Resultate von CAMPBELL nicht durch denselben beeinträchtigt werden. Ich muß nur hinzufügen, daß der Einfluß der verschiedenen Tubuslänge auf die Verzeichnung hierbei nicht in Betracht gezogen wurde.

Aber auch bei der Ausmessung der Platten unter Einstellung mit einem Fadenkreuze kann das Vorhandensein des Koronarlichtes auf der einen Platte eine Fehlerquelle bedeuten. Bei der Ausmessung von Röntgenspektrographischen Platten hat BÄCKLIN im Institute von SIEGBAHN den Effekt des unsymmetrischen Kontrastes beobachtet und beschrieben. Die Folge desselben ist, daß das Messungsergebnis eine falsche Verschiebung der Spektrallinie in der Richtung des helleren Teiles des Hintergrundes angibt. Dieser Kontrasteffekt muß also bewirken, daß das Koronarlicht eine falsche Verschiebung des gemessenen Sternbildes in der Richtung von der Sonne weg zur Folge hat, während wahrscheinlich richtig auf das Vergleichsbild eingestellt werden kann, da dasselbe nicht in der geschwärzten Schicht eingebettet liegt. Ob aber diese Verschiebung von einer solchen Größenordnung ist, daß sie in Betracht kommt, läßt sich nicht vorhersagen.

Auf alle Fälle erfordert eine möglichst differentielle Messung, daß die zu vergleichenden Photographien mit Expositionszeiten, die möglichst gleiche Sternbilder geben, auf einer und derselben Platte aufgenommen werden, welche zwischen den Aufnahmen ein wenig um die Achse des Objektives in bezug auf das Feld gedreht wird.

Ferner muß ein gleicher Abstand der Platte vom Objektiv gesichert werden, was unmittelbar vor den Aufnahmen vom Platze der Kasette aus unter Benutzung von Spiegelbildern in den Flächen des Objektives ohne Schwierigkeit ausführbar ist. Die Korrektur durch die sog. Plattenkonstante schließt nämlich nicht die Fehler aus, welche durch die Verschiedenheit der Verzeichnung bei verschiedener Tubuslänge bedingt werden. Außerdem muß die Einwirkung einer Temperaturdifferenz des Objektives auf das Bild bei der bestimmten Tubuslänge bekannt sein.

Ich habe hier versucht, einige Erscheinungen der tatsächlichen optischen Abbildung auf möglichst leichtverständliche Weise zu erläutern. Daß der Unterschied der tatsächlichen Verhältnisse von den herrschenden Vorstellungen um so mehr an Bedeutung gewinnt, je größere Ansprüche an die Exaktheit bei der Ausmessung optischer Bilder gestellt werden, leuchtet ja von selbst ein. Deshalb habe ich diesen Unterschied an den Methoden der Untersuchung der von EINSTEIN vorhergesagten Ablenkung des Lichtes im Gravitationsfelde exemplifiziert und, da diese Erscheinung zur Zeit jeden Gebildeten interessiert, die Aufmerksamkeit auf gewisse mögliche Fehlerquellen bei der Untersuchung gerichtet. Ich betone aber ausdrücklich, daß ich keine Meinung darüber ausgesprochen habe, ob diese Fehlerquellen von Bedeutung für die bisherigen Resultate gewesen sind. Im Gegenteil habe ich zeigen können, daß eine der Fehlerquellen in einem Falle ohne Belang war.

Der stetige Übergang von der Mikro- zur Makromechanik.

Von E. SCHRÖDINGER, Zürich.

Auf Ideen DE BROGLIES¹⁾ und EINSTEINS²⁾ fußend, hab ich zu zeigen versucht³⁾, daß die gewöhnlichen Differentialgleichungen der Mechanik, welche die Koordinaten des mechanischen Systems als Funktionen der Zeit bestimmen wollen, für „kleine“ Systeme nicht mehr zuständig sind; an ihre Stelle hat eine gewisse *partielle* Differentialgleichung zu treten, welche ein Variable ψ („Wellenfunktion“) als Funktion der Koordinaten und der Zeit bestimmt. Ähnlich wie bei der Differentialgleichung der schwingenden Saite oder irgendeines anderen schwingenden Systems ergibt sich ψ als Superposition von zeitlich reinharmonischen (d. i. „sinusförmigen“) Schwingungen, deren Frequenzen mit den spektroskopischen „Termfrequenzen“ des mikromechanischen Systems genau übereinstimmen. Z. B. für den linearen PLANCKschen Oszillator⁴⁾ mit der Energiefunktion

$$\frac{m}{2} \left(\frac{dq}{dt} \right)^2 + 2\pi^2 \nu_0^2 m q^2 \quad (1)$$

ergibt sich, wenn man statt der Elongation q die dimensionslose Variable

$$x = q \cdot 2\pi \sqrt{\frac{m\nu_0}{h}} \quad (2)$$

einführt, die Wellenfunktion ψ als Superposition der folgenden Eigenschwingungen¹⁾.

$$\left. \begin{aligned} \psi_n &= e^{-\frac{x^2}{2}} H_n(x) e^{2\pi i \nu_n t} \\ \left(\nu_n = \frac{2n+1}{2} \nu_0; n = 0, 1, 2, 3, \dots \right) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Die H_n sind die nach HERMITE benannten

einer Geraden beweglich, gegen einen festen Punkt derselben gezogen wird mit einer Kraft, die seiner Elongation q von diesem Punkt proportional ist; nach der gewöhnlichen Mechanik führt ein solcher Massenpunkt Sinusschwingungen von der Frequenz ν_0 aus.

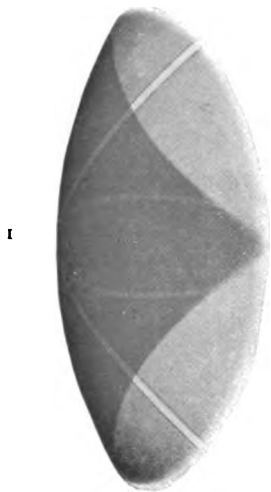
¹⁾ i bedeutet $\sqrt{-1}$. Rechts ist, wie üblich, der Realteil zu nehmen.

¹⁾ L. DE BROGLIE, Ann. de phys. (10) 3, 22. 1925 (Thèses, Paris 1924).

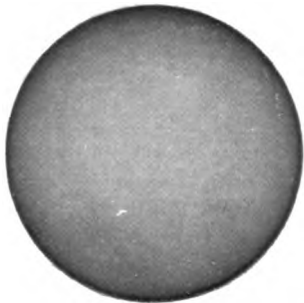
²⁾ A. EINSTEIN, Berlin. Ber. 1925, S. 9ff.

³⁾ Ann. d. Physik 79, 361, 489, 734. 1926; weitere Mitteilungen im Druck.

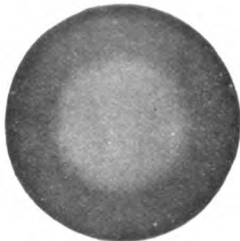
⁴⁾ d. i. ein Massenpunkt von der Masse m , der, auf



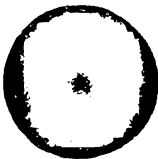
2



3



4



5



6



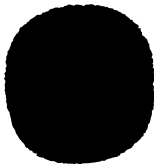
7



9



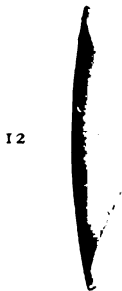
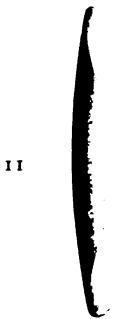
10



8









17



18



19



20



21



22



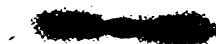
23



24



25



26





Polynome¹⁾. Mit $e^{-\frac{x^2}{2}}$ und mit dem „Normierungsfaktor“ $(2^n n!)^{-\frac{1}{2}}$ multipliziert, werden sie als HERMITESCHE Orthogonalfunktionen bezeichnet. Diese bilden also die Amplituden der Eigenschwingungen. Die ersten fünf sind in Fig. 1 dargestellt. Die Ähnlichkeit mit dem wohlbekannten Bild der Saitenschwingungen ist hier sehr weitgehend.

Es mutet im ersten Moment recht bizarr an, einen Vorgang, der nach der bisherigen Auffassung der Punktmechanik angehört, durch ein System solcher Eigenschwingungen zu beschreiben. Ich möchte hier an dem gewählten einfachen Beispiel den Übergang zur makroskopischen Mechanik in

zusammengefaßt, was, wie man leicht überlegt¹⁾, darauf hinauskommt, eine relativ schmale Gruppe in der Umgebung des n -Wertes

$$n = \frac{A^2}{2} \quad (6)$$

herauszugreifen. Die Ausführung der Summe in (4) wird geleistet durch die in x und s identische Beziehung²⁾

$$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{s^n}{n!} e^{-\frac{x^2}{2}} H_n(x) = e^{-s^2 + 2sx - \frac{x^2}{2}}. \quad (7)$$

Also

$$\psi = e^{\pi i \nu_0 t - \frac{A^2}{4} e^{4\pi i \nu_0 t} + Ax e^{2\pi i \nu_0 t} - \frac{x^2}{2}}. \quad (8)$$

Nimmt man nun, wie vorgesehen, den reellen Teil

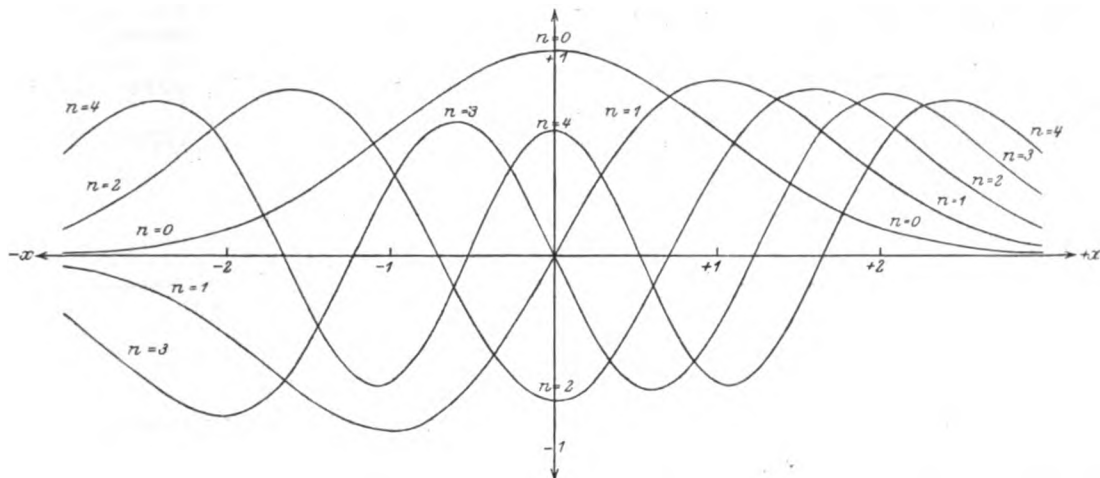


Fig. 1. Die ersten fünf Eigenschwingungen des PLANCKSchen Oszillators nach der Undulationsmechanik. (Außerhalb des dargestellten Bereiches $-3 \leq x \leq +3$ nähern sich alle fünf Funktionen monoton der x -Achse.)

concreto demonstrieren, indem ich zeige, daß eine Gruppe von Eigenschwingungen mit hoher Ordnungszahl n („Quantenzahl“) und relativ kleinen Ordnungszahldifferenzen („Quantenzahldifferenzen“) einen „Massenpunkt“ darzustellen vermag, welcher die nach der gewöhnlichen Mechanik zu erwartende „Bewegung“ ausführt, d. h. mit der Frequenz ν_0 oszilliert. Ich wähle eine Zahl $A \gg 1$ (d. h. „groß gegen 1“) und bilde folgendes Aggregat von Eigenschwingungen

$$\psi = \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{A}{2} \right)^n \frac{\psi_n}{n!} \left. \vphantom{\sum_{n=0}^{\infty}} \right\} \quad (4)$$

$$= e^{\pi i \nu_0 t} \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{A}{2} e^{2\pi i \nu_0 t} \right)^n \frac{1}{n!} e^{-\frac{x^2}{2}} H_n(x).$$

Es werden also die normierten Eigenschwingungen (s. o.) mit den Koeffizienten

$$\frac{A^n}{\sqrt{2^n n!}} \quad (5)$$

¹⁾ Vgl. COURANT-HILBERT, Methoden der mathematischen Physik I, Kap. II, § 10, 4, S. 76 (Berlin: Springer 1924).

der rechten Seite, so kommt nach kurzer Zwischenrechnung

$$\psi = e^{\frac{A^2}{4} - \frac{1}{2}(x - A \cos 2\pi \nu_0 t)^2} \cdot \cos \left[\pi \nu_0 t + (A \sin 2\pi \nu_0 t) \cdot \left(x - \frac{A}{2} \cos 2\pi \nu_0 t \right) \right] \quad (9)$$

Dies das *Endresultat*, an dem zunächst der erste Faktor von Interesse ist. Er stellt einen relativ hohen und schmalen „Buckel“ von der Gestalt einer „GAUSSschen Fehlerkurve“ dar, welcher jeweils in der Umgebung der Stelle

$$x = A \cos 2\pi \nu_0 t \quad (10)$$

liegt. Die Breite des Buckels ist von der Größenordnung 1, also nach Voraussetzung sehr klein gegen A . Nach (10) oszilliert der Buckel genau

¹⁾ $\frac{z^n}{n!}$ hat für großes z als Funktion von n ein einziges extrem hohes und relativ sehr scharfes Maximum bei $n = z$. Durch Quadratwurzelziehen erhält man mit $z = \frac{A^2}{2}$ die Zahlenreihe (5).

²⁾ COURANT-HILBERT, l. c. Gleichung (58).

nach demjenigen Gesetz, das sich für einen Massenpunkt mit der Energiefunktion (1) aus der gewöhnlichen Mechanik ergeben würde. Die Amplitude, in x gemessen, ist A , in q gemessen also

$$a = \frac{A}{2\pi} \sqrt{\frac{h}{m\nu_0}}. \quad (11)$$

Für die *Energie* eines Massenpunktes m , der mit dieser Amplitude und mit der Frequenz ν_0 oszilliert, ergibt die gewöhnliche Mechanik

$$2\pi^2 a^2 \nu_0^2 m = \frac{A^2}{2} h \nu_0 \quad (12)$$

d. i. nach (6), gerade $n h \nu_0$, wo n die mittlere Quantenzahl der herausgegriffenen Gruppe. Die „Korrespondenz“ ist also auch in dieser Hinsicht eine vollkommene.

Der *zweite* Faktor in (9) ist im allgemeinen sowohl von x als auch von t eine sehr rasch veränderliche Funktion vom Absolutbetrag ≤ 1 , welche

ständig — doch möchte ich an dieser Stelle hierauf nicht näher eingehen.

Unsere Wellengruppe hält dauernd zusammen, breitet sich *nicht* im Laufe der Zeit auf ein immer größeres Gebiet aus, wie man es sonst, z. B. in der Optik, gewohnt ist. Das will freilich hier im eindimensionalen nicht viel sagen, ein Buckel auf einer Saite verhält sich ganz ähnlich. Man erkennt aber leicht, daß sich durch Multiplikation von zwei bzw. drei Ausdrücken wie (4), der eine in x , der andere in y , der dritte in z geschrieben, auch der *ebene* bzw. der *räumlichen* Oszillator darstellen läßt, d. h. eine ebene oder eine räumliche Wellengruppe, die auf einer harmonischen Ellipse umläuft¹⁾. Auch eine solche Wellengruppe bleibt dauernd beisammen, im Gegensatz z. B. zu einem Wellenpaket der klassischen Optik, das sich im Laufe der Zeit zerstreut. Der Unterschied dürfte davon herrühren, daß unsere Gruppe aus einzelnen *diskreten* harmonischen Komponenten aufgebaut ist, nicht aus einem *Kontinuum* von solchen.

Ich möchte schließlich noch erwähnen, daß eine

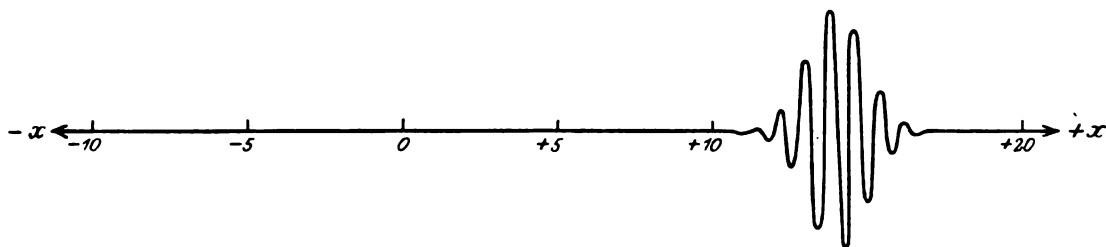


Fig. 2. Pendelnde Wellengruppe als undulationsmechanisches Bild des Massenpunktes.

viele tiefe und schmale Furchen in das Antlitz des ersten Faktors gräbt und so eine *Wellengruppe* daraus macht, deren Bild — nur ganz schematisch — in Fig. 2 wiedergegeben ist. Der Abszissenmaßstab der Fig. 2 ist natürlich viel kleiner als in Fig. 1; Fig. 2 müßte fünfmal vergrößert werden, um mit Fig. 1 direkt vergleichbar zu sein. Eine genauere Betrachtung des zweiten Faktors in (9) offenbart folgendes interessante Detail, das in der Fig. 2, die nur ein Stadium darstellt, nicht zum Ausdruck kommt. Die *Anzahl* und *Breite* der „Furchen“ oder „Wellchen“, welche den Massenpunkt durchsetzen, ist zeitlich veränderlich. Die Wellchen sind am *zahlreichsten* und *schmälsten* beim Durchgang durch die Mitte $x = 0$; sie werden *völlig ausgeglättet* an den Umkehrstellen $x = \pm A$, weil dort nach (10) der $\cos 2\pi\nu_0 t = \pm 1$ und daher der $\sin 2\pi\nu_0 t = 0$ wird, so daß der zweite Faktor in (9) gar nicht von x abhängt. Die gesamte Ausdehnung der Wellengruppe („Dicke des Massenpunktes“) bleibt jedoch stets dieselbe. Die Veränderlichkeit der „Kräuselung“ ist als eine Abhängigkeit von der *Geschwindigkeit* aufzufassen und als solche nach allgemeinen undulationsmechanischen Gesichtspunkten vollkommen ver-

gemeinsame additive Konstante, sagen wir C , die eigentlich in (3) zu allen ν_n hinzuzufügen ist (entsprechend der „Ruhenergie“ des Massenpunktes) nichts wesentliches ändert. Es tritt nur in der eckigen Klammer in (9) der Addend $2\pi Ct$ hinzu. Dadurch werden die Oszillationen *innerhalb* der Wellengruppe *zeitlich* sehr viel rascher, während das durch (10) beschriebene Pendeln der Gruppe als ganzer und ebenso ihre Kräuselung davon ganz unberührt bleiben.

Es läßt sich mit Bestimmtheit voraussehen, daß man auf ganz ähnliche Weise auch die Wellengruppen konstruieren kann, welche auf hochquantigen Keplerellipsen umlaufen und das undulationsmechanische Bild des Wasserstoffelektrons sind; nur sind da die rechen-technischen Schwierigkeiten größer als in dem hier behandelten, ganz besonders einfachen Schulbeispiel.

¹⁾ Es sei hier die interessante Bemerkung eingeschaltet, daß für den ebenen Oszillator die Quanten-niveaus *ganzzahlig*, für den *räumlichen* dagegen wieder „halbzahlig“ werden. Ähnliches gilt für den Rotator. Die spektroskopisch so bedeutungsvolle Halbzahligkeit hängt also mit der *ungeraden* Dimensionszahl des Raumes zusammen.

Besprechungen.

ROTH, WALTHER A., **Grundzüge der Chemie** mit besonderer Berücksichtigung der anorganischen Chemie und Technologie. Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn A.-G. 1925. VIII, 265 S. und 43 Abbildungen. 15 × 23,5 cm. Preis geh. RM 15.—, geb. RM 17.50.

Diese Schrift ist hervorgegangen aus Vorlesungen, die der Verfasser seit 1920 an der Technischen Hochschule Braunschweig für Studierende des Ingenieurwesens hält. Dem besonderen Zweck entsprechend ist die Auswahl und Behandlung des Stoffes wesentlich anders als in den zahlreichen „Grundzügen“, „Grundlinien“ und „Leitfaden“, die zu einer allgemeinen Einführung in die Chemie bestimmt sind. Unter der Voraussetzung, daß der Leser bereits mit einigen Kenntnissen der Chemie von der Schule her versehen ist, sind die Grundgesetze von Physik und Chemie, die thermodynamischen Grundlehren sowie die Atomtheorie in eindringlicher Form an die Spitze gestellt; dann folgen in der üblichen Reihenfolge die Nichtmetalle und die Metalle. Bei jenen ist der Kohlenstoff, bei diesen das Eisen in den Mittelpunkt der Darstellung gerückt, und dies ist kennzeichnend für die gesamte Auswahl des Stoffes, die darauf hinzielt, wesentlich nur solche Dinge zur Sprache zu bringen, die in irgendwelcher Weise von praktischer Bedeutung sind. Bei den Nichtmetallen werden demnach die Verfahren der chemischen Großindustrie (Erzeugung von Heiz- und Leuchtgas, Schwefelsäure, Superphosphat, Stickstoffprodukte usw.) eingehend dargestellt, während bei den Metallen in erster Linie die Herstellung und Verwendung der Nutzmehalle selbst, ihre metallographische Untersuchung, ferner die Baustoffe, Glas und keramische Erzeugnisse berücksichtigt werden. Aber alle diese Dinge sind nun keineswegs hauptsächlich empirisch behandelt, sondern durchaus fortschrittlich vom Standpunkte der physikalisch-chemischen Forschung. Die Tatsachen sollen als besondere Fälle allgemeiner Gesetze begriffen werden und der Lernende soll dazu erzogen werden, die Einzelercheinung von allgemeinen Gesichtspunkten zu betrachten nach dem Grundsatz, „die beste Praxis ist eine gute Theorie“. Besonders eingehend ist die Verwendung thermochemischer Daten behandelt, deren Beherrschung in der Tat für den Ingenieur noch wichtiger ist als für den Chemiker. Eine andere erfreuliche Eigenart der ROTHschen Schrift ist die starke Berücksichtigung der wirtschaftlichen Verhältnisse. Es ist viel statistisches Material mitgeteilt, das eine eindringliche Sprache redet und über die Wirtschaftsnöte unserer Zeit manche Auskunft gibt. Dem Hauptteil des Buches ist noch ein kurzer Abschnitt angehängt, der die organische Chemie des Ingenieurs, die Treib- und Schmiermittel (Petroleumprodukte) behandelt. „Dem Zuge der Zeit folgend“, wird auch einiges aus der Kolloidchemie, der Lehre von der Radioaktivität und dem Atombau, gelegentlich eingeschaltet. — Die Darstellung ist sehr lebendig und anregend; sie läßt die „Vorlesung“ deutlich erkennen.

Wenn vielfach darüber geklagt wird, daß der Mittel-schulunterricht in der Chemie blutlos und weltfremd sei, so darf man vielleicht die Lehrenden darauf hinweisen, daß diese für Ingenieure bestimmte Einführung in ihren technischen und wirtschaftlichen Angaben vielerlei Dinge enthält, die unmittelbar zur Belebung des Unterrichts dienen können.

I. KOPPEL, Berlin-Pankow.

STAVENHAGEN, ALFRED, **Der Wasserstoff**. Tagesfragen aus den Gebieten der Naturwissenschaften und der Technik, Heft 76. Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn A.-G. 1925. 104 S. und 39 Abbildungen. 14 × 22 cm. Preis geh. RM 5.—.

Vor wenigen Monaten erzählte der Leiter einer Wasserstofffabrik, daß diese Industrie in schwerer Bedrängnis sei, seitdem der Luftschiffbau verboten und die Fetthärtung infolge eines starken Verbrauchsrückganges an Margarine wesentlich eingeschränkt worden sei; die Mode der Spielzeugballons bringe nur wenig Hilfe und man suche deshalb nach neuen Verwendungsmöglichkeiten für Wasserstoff. Wie vielseitig und wie hochentwickelt in technischer Beziehung die Wasserstoff-industrie ist, ersieht man deutlich aus der Stavenhagenschen Schrift, die sich in der Hauptsache mit den technischen Verfahren zur Darstellung von Wasserstoff beschäftigt.

Diese werden eingeteilt nach den ihnen zugrunde liegenden Reaktionen: 1. Zersetzung von Wasser durch Metalle (Na, aktives Al, Fe, CaH₂); 2. Zersetzung von Säuren oder Alkalien durch Metalle (Fe, Al, Si, Ferrosilicium); 3. Zersetzung von Wasser durch Kohle; 4. Spaltung von Kohlenwasserstoffen; 5. Elektrolyse. Für bewegliche Anlagen, die besonders für die militärische Luftschiffahrt von Wichtigkeit gewesen sind, kommt ein Teil der Verfahren der Gruppen 1 und 2 in Betracht, während die übrigen vorwiegend für ortsfeste Betriebe bestimmt sind. In großem Maßstabe durchgeführt wird die Zersetzung von Wasserdampf durch glühendes Eisen oder Kohle, die Zersetzung von Kohlenwasserstoffen und die Elektrolyse. Von diesen Verfahren bietet ein besonders Interesse die Herstellung des Wasserstoffes aus Wasserdampf und glühender Kohle. Als erstes Produkt dieser Reaktion tritt ein Gemisch von Wasserstoff, Kohlenoxyd und Kohlendioxyd (Wassergas) auf, aus dem das Kohlendioxyd leicht durch Alkalien zu absorbieren ist. Das Kohlenoxyd läßt sich fortschaffen durch Verflüssigung (LINDE-FRANK-CARO) oder indem man dem Wassergas noch Wasserdampf zumischt und dann über geeignete Katalysatoren leitet, wobei das Kohlenoxyd zu Kohlendioxyd oxydiert wird ($\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$), das man dann in der angegebenen Weise beseitigen kann (Badische Anilin- und Soda-Fabrik). Nach dem letzten Verfahren wird der gesamte Wasserstoff für die Ammoniaksynthese in Oppau und Merseburg gewonnen.

Die wichtigsten Verwendungsgebiete für Wasserstoff — Luftschiffe, Hydrierung organischer Stoffe (Fetthärtung), Ammoniaksynthese — sind bereits erwähnt worden; sehr erheblich ist auch der Verbrauch für das autogene Schweiß- und Schneidverfahren und nicht eben unbedeutend bei der Herstellung von Wolframdraht.

Über diese Dinge, sowie über die Verdichtung und Verflüssigung des Wasserstoffes, seine analytische Untersuchung, die Lagerung und den Versand gibt die fleißige Zusammenstellung von STAVENHAGEN Aufschluß. Eine große Zahl von Abbildungen unterstützt die Darstellung. Leider hat der Verfasser den üblichen Fehler chemisch-technischer Werke — die kritiklose Aneinanderreihung von Auszügen aus Patentschriften — nicht vermieden und dadurch die Übersicht mehrfach erheblich erschwert.

I. KOPPEL, Berlin.

MAYER, HERMANN, **Das Wasserglas, seine Eigenschaften, Fabrikation und Verwendung.** Tagesfragen aus den Gebieten der Naturwissenschaften und Technik, Heft 79. Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn A.-G. 1925. VI, 52 S. und 6 Abbild. 14 × 22 cm. Preis geh. RM 2.50.

Zur Begründung für die Behandlung von „Wasserglas“ in einer den Tagesfragen gewidmeten Sammlung verweist der Verf. auf die sich immer vielseitiger gestaltende und noch ausdehnungsfähige Verwendung dieses chemischen Produktes. Im laufenden Jahre hätte Deutschland die Möglichkeit, etwa 72 000 t festes Wasserglas herzustellen, der Inlandsbedarf beträgt aber nur etwa 15 000 t, so daß viele Betriebe stillgelegt werden mußten. Wasserglas wird in großen Mengen verwendet als Wasch- und Reinigungsmittel, sowie zur „Füllung“ von Seifen. Entgegen der üblichen Auffassung vertritt der Verf. den Standpunkt, daß bei sachgemäßer Benutzung das Wasserglas als Zusatz zu Waschmitteln nicht nur nicht schädlich wirkt, sondern technische und wirtschaftliche Vorteile bietet. In der Papier- und Pappenindustrie dient Wasserglas als Klebemittel, in der Textil- und Färbereiindustrie als Imprägnier- und Beizmittel. Recht umfangreich ist auch seine Anwendung als Verkieselungs- und Erhärtungsmittel bei der Verarbeitung von Zement und der Herstellung von Bausteinen. Als Bestandteil von Kittungen und Bindemitteln für Farben ist Wasserglas seit langem in Gebrauch; man kann damit auch Eier konservieren, Glasuren herstellen und sogar gewisse Pflanzen (stimulierend) düngen. Als Zwischenprodukt für die Fabrikation eines als Absorptionsmittel für Gase und Dämpfe verwendbaren kolloidalen Kieselsäuregels hat Wasserglas erst neuerdings Wichtigkeit erlangt.

Die Schilderung dieser Verwendungsarten füllt die letzten 2 Fünftel dieses Heftes, dessen erster Teil die Geschichte, Zusammensetzung und Analyse, Eigenschaften und Fabrikation des Wasserglases enthält. Die Darstellung ist knapp und übersichtlich, hält sich von der vielfach üblichen weitschweifigen und kritiklosen Aneinanderreihung technischer Verfahren und Vorschläge fern und zeigt, daß der Verf. Theorie und Praxis gleichmäßig beherrscht. Für Kolloidforscher werden hier mancherlei Anregungen zu finden sein.

I. KOPPEL, Berlin-Pankow.

SCHMIDT, JULIUS, **Synthetisch-organische Chemie der Neuzeit.** Zweite neu bearbeitete Auflage. Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn A.-G. 1926. XII, 328 S. 14 × 22 cm. Preis geh. RM 18.—, geb. RM 20.—.

Das Werk bringt, wie der Verf. in der aus dem Jahre 1908 stammenden Vorrede zu der ersten Auflage sagt, eine so knappe Darstellung der synthetisch-organischen Chemie der Neuzeit, daß sie auf Vollständigkeit keinen Anspruch macht. Alles, was große Bedeutung hat oder zu gewinnen verspricht, soll deutlich hervortreten. Auch in der zweiten Auflage soll dieser Grundsatz beibehalten werden. Das Buch gliedert sich in 18 Abschnitte: Katalytische Prozesse, Organomagnesiumverbindungen, organische Arsenverbindungen, Zucker- und Glykosidchemie, Glyceride und Fette, Aldehyde und Ketone, Ketene, Dimethylsulfat als Methylierungsmittel, Stickstoffwasserstoff, Polypeptide, Pyrrolabkömmlinge, zyklische Basen, Alkaloidchemie, Farbstoffe, organische Radikale, Riechstoffe, Depside und Gerbstoffe und endlich elektrochemische Prozesse.

Die Aufgabe, welche sich der Verf. mit diesem Werke gestellt hat, war außerordentlich schwer, wenn sie überhaupt zu jedermanns Zufriedenheit lösbar ist. Denn wie soll man abwägen, was hier aufgenommen

werden soll und welchen Zeitraum soll man unter dem Begriff der Neuzeit verstehen? Wenn sich das Buch lediglich an die studierende Jugend wendet, so wird dieser das allermeiste neu und wissenschaftlich erscheinen; wenn sein Leserkreis vornehmlich unter den gereiften Fachleuten zu suchen ist, so wird ein großer Teil des Gebotenen als nicht neuzeitlich betrachtet werden müssen!

Auch in Einzelheiten ist die Darstellung keine solche, daß man überall das Gefühl hat, einer über der Sache stehenden Bearbeitung des Stoffes und einer völligen Durchdringung des Gebietes gegenüberzustehen. Es sei dies an 3 Beispielen erörtert. Der wichtige Prozeß der Essigsäurearstellung ist mit ein paar Sätzen abgetan. Der Abschnitt Farbstoffe bedürfte meines Erachtens einer ganz gründlichen Umarbeitung, um ein gutes Bild der dort aufgefundenen synthetischen Prozesse zu geben. So ist die interessante von R. HERZ aufgefunden Reaktion der Einwirkung von Schwefelchlorür auf Amine, die in vielen Patenten niedergelegt ist, mit Stillschweigen übergangen. Auf S. 69 ist die von C. MANNICH und F. HAHN gefundene Umsetzung von ω -Halogenacetophenon mit Hexamethylentetramin besprochen, die doch nur der Vorläufer der später von C. MANNICH aufgefundenen allgemeinen Synthese von Aminoketonen aus Amin, Formaldehyd und Ketonen ist, einer milden auch nach der biologischen Seite hin interessanten Umsetzung, welcher mit keinem Wort Erwähnung getan ist.

Wir besitzen an Büchern über synthetisch-organische Chemie dasjenige von POSNER, welches heute leider veraltet ist, aber zur Zeit des Erscheinens beachtenswert war, und ferner das vierbändige Werk HOUBEN-WEYL, das in der dritten Auflage ein Standardwerk zu werden verspricht, dank der klugen Verteilung der Abschnitte auf besonders sachverständige Forscher. Ich glaube bei dem vorliegenden Buche sagen zu sollen, daß trotz der Aufwendung außerordentlichen Fleißes und vieler Mühe, trotz ehrlichen Strebens und sorgsamer Abfassung die Anordnung und Ausführung nicht völlig zu einem befriedigenden Erfolg geführt haben.

F. MAYER, Frankfurt a. M.

GOTTLÖB, KURT, **Technologie der Kautschukwaren.** 2. Auflage. Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn A.-G. 1925. XI, 340 S. und 128 Abbild. 16 × 24 cm. Preis geh. RM 19.20; geb. RM 22.—.

Die deutsche Kautschuktechnik-Fachliteratur ist recht spärlich, und man kann wohl ohne Übertreibung sagen, daß das Buch von Dr. GOTTLÖB überhaupt die einzige Schrift über den Kautschuk darstellt, die auch mit den besten Büchern des Auslandes, die auf diesem Gebiete erschienen sind, verglichen werden kann. Das Buch von HEINZERLING, das im Jahre 1883 erschienen ist (Vieweg & Sohn, Braunschweig), das der damaligen Erkenntnis entsprechend zweifellos als ein gutes Werk anzusprechen ist, ist nicht mehr neu erschienen und nunmehr als gänzlich veraltet zu betrachten, wenn es auch heute noch wertvolle technische Winke gibt.

Was das Buch von GOTTLÖB, das nunmehr in der zweiten Auflage erschienen ist, so wertvoll macht, ist, daß es neben der Schilderung der Technologie des Kautschuks auch die rein chemischen Forschungen eingehend wieder gibt und die wichtigen Erkenntnisse besonders auf kolloidchemischem Gebiete bis zum Jahre 1924 eingehend berücksichtigt. In dem einleitenden Teile des Buches wird die Chemie des Rohkautschuks behandelt, wobei naturgemäß die verdienstvollen Arbeiten von HARRIS ausführlich geschildert werden. Aber auch die Untersuchungen von STAUDINGER und PUMMERER finden Beachtung. Die Akten

über den Aufbau des Kautschuks sind ja immer noch nicht geschlossen, wenn auch in letzter Zeit wesentliche Klärungen eingetreten sind.

Recht eingehend wird die Botanik des Kautschukbaumes, die Plantagenwirtschaft und die Herstellung des Kautschuks aus der Kautschukmilch geschildert. Es ist von Interesse zu hören, daß neuerdings vielfach besonders in amerikanischen Kautschukfabriken nicht nur der gefällte Kautschuk verwendet wird, sondern auch die Kautschukmilch. Auch der HOPKINSONSCHE Kautschuk, der nach einem Sprühverfahren hergestellt und in Amerika im großen als sprayed Rubber verwendet wird, wird geschildert.

Die Abschnitte des ersten Teiles D und F über die mechanischen Veränderungen des Kautschuks, die er bei der Verarbeitung erfährt, und über die Zusätze, die man machen muß, um ein Kautschukfabrikat zu erzeugen, zeigen, daß wir zur Zeit an einem Wendepunkt der Kautschukindustrie stehen. Wer die neuesten Arbeiten der Fachliteratur über die Erscheinungen liest, die beim Mastizieren und Kalandrieren des Gummis auftreten, findet in diesen Kapiteln von GOTTLÖB wertvolle Ergänzungen und historische Rückblicke.

Über das Wesen und die Chemie der Vulkanisation gibt GOTTLÖB eine eingehende Darstellung. Aber auch hier ist eine endgültige Klärung dieses so seltsamen Vorganges noch nicht gegeben. Es sei nebenbei hier auf die interessante Latex-Vulkanisation von SCHIDROWITZ hingewiesen, dem es gelungen ist, die Kautschukteilchen in der Milch so zu vulkanisieren, daß die Milch noch flüssig bleibt.

Das Kapitel Beschleuniger hat SCHMELKES, Hannover, in einer kurzen Darstellung behandelt. Auf diesem Gebiete haben ja der Verf. des Buches und FRITZ HOFMANN hervorragende Verdienste; sie gehören zu den ersten, die die beschleunigende Wirkung einiger organischen Basen erkannten. Unter Beschleuniger versteht man in der Gummiindustrie solche Stoffe, die die Vulkanisation, sowohl die Vulkanisationszeit als auch die Temperatur, bei der die Vulkanisation vor sich geht, herabsetzen. Man benutzte dazu früher meistens anorganische Stoffe wie Kalk, Bleiglätte, Magnesiumoxyd. Die Einführung organischer Basen ist einer der wichtigsten Fortschritte der Gummiindustrie in den letzten Jahren.

Interessant ist auch, und das gehört auch zu den Fortschritten in der Kautschukindustrie in der letzten Zeit, daß man Verfahren eingeführt hat, um die Alterung von Vulkanisaten schon frühzeitig zu erkennen und damit die Güte des Fabrikates auf mehrere Jahre hinaus sicher zu stellen.

Die kurze Darstellung, die der Verf. über den künstlichen Kautschuk gibt, die den Chemikern der Farbenfabriken vorm. Friedr. Bayer & Co., Elberfeld, insbesondere FRITZ HOFMANN gelungen ist und der uns im Kriege so wertvolle Dienste geleistet hat, führt uns eine der interessantesten und schwierigsten Synthesen vor.

Für den Betriebstechniker bieten die Kapitel „Chemische Prüfung“, bearbeitet von KINDSCHER, und „Mechanische Prüfung“ von SCHOB sehr viel Wertvolles, wie überhaupt gesagt werden muß, daß das Buch auch für den Fachmann fast auf jeder Seite wertvolle Anregungen bringt. Es ist ein sehr interessantes Zeichen dieses Buches und stellt auch dem Verf. das Zeugnis aus, daß er sehr tief in die Materie eingedrungen ist, daß zwei Drittel des Gesamttextes allgemeine Kenntnisse und Betrachtungen über den Kautschuk bringen und daß nur das letzte Drittel darauf verwendet ist, die Herstellung der verschiedenen Fabrikate im

einzelnen zu schildern. Derartige Schilderungen haben naturgemäß für den, der die Fabrikation gar nicht kennt, wenig Verständnis, durch einen Gang durch eine Fabrikation wird man naturgemäß viel weiter gebracht. Aber auch hier muß gesagt werden, daß für den Fachmann Seite für Seite Anregungen bringt. Es erübrigt sich aber, in einer Buchbesprechung auf solche technischen Einzelheiten einzugehen, es sei daher nur erwähnt, daß das Buch in seinem zweiten speziellen Teil eingeht auf die Herstellung von Gummiwaren ohne und mit Gewebereinlagen, Radiergummi, Gummiabsätze und Sohlen, Gummispielwaren, gummierte Stoffe, Fahrzeugbereifungen, Gummischuhe, Hartgummi und schließlich auch noch auf die kalt vulkanisierten Waren wie Patentgummi und nahtlose Gummiwaren.

Zusammenfassend muß gesagt werden, daß wir in der „Technologie der Kautschukwaren“ von Dr. GOTTLÖB ein wertvolles Buch für die kautschuktechnische Fachliteratur besitzen, das jedem Fachmann, aber auch dem, der einer werden will, aufs wärmste empfohlen werden kann.

Der Verf. des Buches konnte sich des Erfolges seiner zweiten Auflage nicht lange erfreuen, er starb kurz darauf im Alter von 44 Jahren. Alle, die diesen ausgezeichneten Mann kannten, wozu auch der Verf. dieser Zeilen gehört, schätzten ihn wegen seiner großen Bescheidenheit und seiner nimmer ermüdenden Schaffenskraft. Er hat unvergängliche Dienste bei der Herstellung des synthetischen Kautschuks, vor allen Dingen aber bei der technischen Einführung dieses Fabrikates in den einzelnen Fabriken. Er war es auch, der zusammen mit FRITZ HOFMANN den ersten organischen Beschleuniger einführte. Es ist bereits gesagt worden, daß diese Beschleuniger ein Markstein in der Geschichte der technischen Kautschukverarbeitung bilden. Dr. GOTTLÖB war Schüler von HARRIES, dem hervorragendsten Forscher auf dem Gebiete der Kautschukchemie.

R. WEIL, Hannover.
LEHMANN, RICHARD, *Die Gestaltung der Erdoberfläche*. Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn A.-G. 1925. VII, 240 S. und 37 Abbildungen. 14 zu 23 cm. Preis geh. RM 12.50, geb. RM 15.—.

Das vorliegende Buch des Geographen an der Universität Münster ist der erste Teil einer physischen Erdkunde, die nach der Absicht des Verf. zwei Zwecken dienen soll; einmal dem Studierenden der Erdkunde eine Einführung in sein Arbeitsgebiet zu sein, dann aber ein Hilfsbuch allen denen zu werden, welche sich, von welcher Seite der Betätigung sie auch kommen mögen, im Sinne einer Allgemeinbildung über das Wichtigste aus dem Gebiete der Geographie ein Bild machen wollen. Beiden Arten der Leser aber will das Buch die Wege zu einer eingehenderen Beschäftigung mit dieser Wissenschaft erleichtern und die weiteren Hilfsmittel aufzeigen. Diesen Absichten, mit denen sich der Verf. an einen recht großen und damit zugleich auch zum Teil recht „voraussetzungslosen“ Leserkreis wendet, wird der Verf. in äußerst glücklicher Weise gerecht, indem er das genetische Moment in den Kern aller Erörterungen hineinstellt und dadurch mit der Methode der Geologie das Lebende der scheinbar so starren Formen der Erdoberfläche seinen Lesern ungemein plastisch vor Augen führt. So erreicht er das Verständnis für das Gewordene aller Erscheinungen, für das ständig werdende aller Formen und für das Gesetzmäßige aller der Kräfte an und in der Erde, die im Gleichklang der „Evolution“, nur selten unterbrochen von örtlicher Wirkung der „Revolution“ im erdgeschichtlichen Geschehen das Bild der heutigen Erde herangebildet haben.

Der erste Band im Umfange von 240 Seiten beschäftigt sich mit den Gestaltungen der festen Erdrinde und den diese bedingenden Kräften. Den Ausgangspunkt der Betrachtungen geben diejenigen über das Innere der Erde selbst und über die Gesteinshülle als der „Erdrinde“. Genesis und Petrographie der Gesteine erfahren eine eingehende Schilderung. Die gestaltenden Kräfte und Vorgänge, deren Untersuchung den zweiten Hauptteil des Werkes einnimmt, werden in solche unterschieden, welche die großen Linien in das Antlitz der Erde zeichnen, „gestaltende Faktoren erster Ordnung“, und die Sonderformen schaffenden, modellierenden Vorgänge, „gestaltende Faktoren zweiter Ordnung“. Im Rahmen der ersten Gruppe werden unter Aufzeichnung der ursächlichen Zusammenhänge, der geologischen Bedingtheiten die großen Hebungen und Senkungen, die Gebirgsbildung als Gesamtphänomene und in ihren einzelnen Phasen und Arten, der Vulkanismus und die Erdbeben, schließlich die aufbauende Tätigkeit der Korallentiere dargestellt. Eine Fülle von Beobachtungstoff wird dem Leser bei der Betrachtung der Kräfte und Erscheinungen der 2. Gruppe geboten — der Verwitterung, des Transportes und der Sedimentation des Verwitterungsschuttes, des wichtigen Kapitels über die Erosion in ihren so vielgestaltigen Formen. An die Beschreibung der Gletscher schließt sich die gerade den deutschen Leser so stark interessierende Schilderung der eiszeitlichen Vorgänge an. — Die Erörterung aller dieser Dinge in ihrer gestaltgebenden Vielseitigkeit erfährt ihre „Nutzanwendung“ im Abschnitt III, in dem die Hauptreliefformen der Erdoberfläche nun als jeweils Ganzes, gewissermaßen als eine „Lebensgemeinschaft“ von Form und Farbe, von innerem Bau und äußerer Erscheinung vor Augen geführt werden; das feste Land in der geschlossenen Einheit seiner Charakterformen: die „Ebene“, das „Gebirge“, die „Küste“, die „Inseln“. Schon überleitend zum zweiten Bande schließen diesen ersten Betrachtungen über das Relief des Meeresbodens und die Meeresablagerungen und über das Raumverhältnis zwischen Land und Meer. Diesem, der Lufthülle, den Gewässern auf dem Lande, der Verbreitung der Floren- und Faunenreiche soll der zweite Band gewidmet sein.

Allgemein ist der Beobachtung von Tatsachen ein möglichst breiter Raum gegeben worden; die Theorie fand daneben soweit genügende Darlegung, als sie zur sinnvollen Abrundung dieses oder jenes Bildes notwendig wurde. — Der Text scheidet in Kleindruck erweiternde Bemerkungen aus und leitet im Großdruck die großen Züge der Gesamtdarstellung fort. Eine besondere Zusammenfassung des Abschnittes II erleichtert den Überblick. — Reiches Beobachtungsmaterial wird unterm Strich geboten, das sich an den intensiver Mitforschenden und den neue, ergänzende Aufklärung Fordernden wendet. Hier ist auch eine große Auswahl der kapitelweise einschlägigen Literatur zu zitieren und Hinweis gekommen. — Die Beigabe von Abbildungen ist auf die Wiedergabe einzelner, besonders wichtig erscheinender Bildungs- und Erscheinungsmomente im Bau und in der Form der Erdoberfläche beschränkt geblieben; sie zeichnen sich durch ihr Vermögen, als „Typ“ zu wirken, besonders aus.

Das Buch erreicht auf den oben dargestellten Wegen mit Sicherheit und in ständig gleichbleibender Darstellungsfrische seinen Zweck völlig. Ihn unterstützt ein mäßiger Preis, eine handliche Buchform und guter Druck auf gutem Papier, — Bucheigenschaften, für die man dem Verlag dankbar sein muß.

A. WUNSCHIK, Halle a. S.

MEYER, RICHARD, **Chemie in Natur und Kultur**. Volkstümliche Vorträge. Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn A.-G. 1925. VIII, 220 S. und 12 Abbild. 14 × 22 cm. Preis geh. RM 10.—.

Seit FARADAY und LIEBIG haben sich immer wieder hervorragende Forscher gefunden, die es nicht für unwürdiges Tun hielten, die Grundlehren ihrer Wissenschaft einem weiten Laienkreise zugänglich zu machen; erst vor wenigen Jahren konnte hier (Naturwissenschaften II, 75. 1923) eine Schrift von ARRHENIUS angezeigt werden, die solchen Zwecken dient. Wenn nun der bekannte Organiker RICHARD MEYER seine Vorträge in den Braunschweiger Kursen für Volksbildung durch den Druck verbreitet, so setzt er damit eine schätzenswerte Überlieferung fort. In den ersten 5 Kapiteln werden kurz die Grundlehren der Chemie entwickelt; dann folgen die Abschnitte: Chemische Vorgänge im Tier- und Pflanzenreich; Nahrungsmittel; Bedarf der Lebewesen an Mineralstoffen; Verwertung des atmosphärischen Stickstoffes; Wasser; Brennstoffe; Fette, Seifen, Kerzen; Zucker; Gärung; Faserstoffe; Halogene; Alkalimetalle; Alkalische Erdmetalle; Spektralanalyse; Radioaktivität; Metalle; Tonwaren; Glas; Explosivstoffe; Kolloidchemie.

Diese Aufstellung zeigt schon, daß es dem Verf. darum zu tun war, „ein Verständnis der chemischen Vorgänge in der Natur und im menschlichen Leben, einschließlich besonders wichtiger technischer Prozesse, zu vermitteln“. In der Tat hat er auf den größten Teil der Lehrbuchweisheit verzichtet und dafür vornehmlich in einfachster Form und durch übersichtliche Versuche erläutert, Dinge zur Sprache gebracht, die der unmittelbaren Anteilnahme eines wißbegierigen Laien sicher sein können. Man darf dem Werk mit gutem Gewissen weite Verbreitung wünschen.

I. KOPPEL, Berlin-Pankow.

WALTER, BERNHARD, **Die Physikalischen Grundlagen der medizinischen Röntgentechnik**. Braunschweig: Fr. Vieweg & Sohn 1926. VIII, 333 S. und 89 Abb. 14 × 22 cm. Preis geh. RM 14.—, geb. RM 16.—.

Das bekannte Lehrbuch der „Röntgentechnik“ von ALBERS-SCHÖNBERG wird nach dem Tode des Verf. nicht mehr in neuer Auflage herausgegeben werden. Aus diesem Grunde erscheint der von WALTER bearbeitete physikalische Teil nunmehr als besonderes Buch.

Wie im Vorwort hervorgehoben wird und wie bei der Durchsicht des Buches sofort auffällt, ist insofern eine grundlegende Änderung eingetreten, als die Auffassung der Röntgenstrahlen als elektromagnetische Schwingungen zum Ausgangspunkt der Darstellung gewählt worden ist. Damit werden wesentlich höhere Anforderungen an das physikalische Begriffsvermögen des Lesers gestellt, die aber wohl nicht zu umgehen sind, wenn es sich um ein tieferes Eindringen in die moderne Röntgentechnik handelt.

In dem ersten, fast die Hälfte des Buches umfassenden Kapitel werden auf Grund der neueren Forschungen die Eigenschaften von Kathodenstrahlen und Röntgenstrahlen behandelt (Spektrale, Sekundärstrahlung, Absorption, Strahlenschutz). In dem Abschnitt „Deutlichkeit im Röntgenbild“ werden die physikalischen Voraussetzungen zur Erzielung möglichst kontrastreicher Röntgenbilder erörtert. Wünschenswert wäre eine Ausdehnung auf den Einfluß des Schwärzungsgesetzes der Röntgenplatten und auf die im menschlichen Auge beruhende maximale Kontrastempfindung für eine gegebene Schwärzungsdifferenz (NEEFF, Zeitschr. f. techn. Physik 6, 208. 1925).

Das 2. Kapitel beschäftigt sich mit dem Verhalten der gashaltigen Röhre im Betrieb und mit den Regeneriervorrichtungen, während das 3. Kapitel die Methoden der Härtemessung behandelt. Neben der eingehenden Behandlung der älteren Verfahren mit Harteskalen verdienen die neueren Methoden (Spektrographische Messung mit Kugelfunknenstrecke) mit Rücksicht auf ihre praktische Verwendung eine stärkere Berücksichtigung. Zum Beispiel ist der Seemannspektrograph, ein sehr brauchbares und auch in der Praxis benutztes Gerät, nicht erwähnt.

Das 4. Kapitel mit der Bezeichnung „Die Messung der Wirkung der Röntgenstrahlen“ bringt eine Darstellung der verschiedenen dosimetrischen Verfahren. Hier wären vielleicht einige Zahlenangaben über die Streuzusatzdosis in Abhängigkeit von Fokusdistanz, Feldgröße, Härte usw. dem Therapie treibenden Arzte erwünscht.

In den folgenden beiden Kapiteln werden die Gesetze des elektrischen Stromes (OHMSches Gesetz usw.) und die Wirkungsweise von Akkumulatoren besprochen. Das letzte Kapitel endlich ist der Darstellung der Hochspannungsapparate gewidmet, mit Einschluß der mehr und mehr sich durchsetzenden Apparate zur Erzeugung kontinuierlicher Gleichspannung.

Da die Behandlung des Stoffes überall bis auf den neuesten Stand ergänzt ist, so wird sich das Buch sicher in seiner neuen Form neue Freunde gewinnen, um so mehr, als den Anschauungen und Bedürfnissen des ärztlichen Röntgenologen weitgehend Rechnung getragen wird.

Zum Schluß noch eine kleine Bemerkung historischer Art: RÖNTGEN hat seinen Vornamen Conrad stets mit C und nicht mit K geschrieben.

R. GLOCKER, Stuttgart.

RONA, PETER, **Praktikum der physiologischen Chemie**. 1. Teil: Fermentmethoden. Berlin: Julius Springer 1926. XI, 331 S. und 73 Textabbildungen. 13 × 21 cm. Preis RM 15.—.

Der vorliegende Band ist der erste Teil eines auf 3 Bände berechneten Werkes, von dem die beiden anderen schon in Vorbereitung sind. Er behandelt die Fermentmethoden, und zwar zunächst in einem allgemeinen Teil: allgemeine Darstellung, der Fermente, Dialyse und Filtration, Elektrodialyse, Konservierung, Nachweis und Messung der Fermentwirkungen, Enzymmasse und Einheiten, Beeinflussung von Fermentwirkungen durch Änderung der äußeren Bedingungen, speziell die Wasserstoffionenkonzentration, dann in einem speziellen Teil Fettsäure Fermente, Kohlenhydratsäure Fermente (speziell auch Gärung) und Eiweißsäure Fermente in weitestem Sinne. Inhaltlich bringt das Buch viel mehr als der Titel erwarten läßt, eine fast vollständige Übersicht über alle zur Fermentuntersuchung und Fermentforschung nötigen Methoden. Die Darstellung lehnt sich größtenteils an die Originale an, gibt aber, wie der erfahrene Leser sieht, vielfach eigenes und neues. Zu einer solchen Zusammenstellung gerade über dieses Gebiet konnte wohl auch kaum eine geeignetere Kraft gefunden werden als RONA, der auf diesem Gebiet als Forscher seit Jahren mit größtem Erfolg tätig ist, dem in der letzten Zeit ferner ein großes, sehr stark frequentiertes Laboratorium zur Verfügung steht, so daß er nunmehr über eigene umfangreichste Lehrerfahrung verfügt, und der endlich bekannt ist durch die peinlich exakte, man kann sagen skrupulös genaue Art seines Arbeitens.

Das Buch gibt den erfreulichen Beweis dafür, wie schnell und intensiv sich im letzten Vierteljahrhundert die physiologische Chemie auch nach der methodischen

Seite entwickelt hat. Die Zeiten wo ein Vertreter der Physiologie sagen konnte „Physiologische Chemie ist kein Kunststück, filtrieren kann jeder“, oder ein anderer, wie das dem Referenten noch vor nicht langer Zeit passiert ist, von der gesamten Stoffwechselmethodik nur „den Kjeldahl“ für wichtig zu halten schien, sind doch wohl, trotz der gewaltigen Trägheit festwurzelnder Tradition, definitiv verschwunden. K. SPIRO, Basel.

HAUCKER, VALENTIN, und THEODOR ZIEHEN, **Zur Vererbung und Entwicklung der musikalischen Begabung**. Leipzig: Joh. Ambr. Barth 1923. 186 S. und 3 Abb. Preis RM 5.—.

Seit durch die Wiederentdeckung der MENDELSchen Regeln der theoretische Ausbau der Vererbungslehre ungemein gefördert wurde, schien es eine lockende Aufgabe, zu prüfen, wie weit die Vererbungsgesetze auf den Menschen anwendbar sind. Die große Schwierigkeit dieser Prüfung liegt in der Unmöglichkeit des Experimentes; die einzig anwendbare Methode ist die statistische. Es sind nach dieser Richtung auch mehrfach Arbeiten unternommen worden; bevorzugt wurden dabei körperliche oder funktionelle Anomalien wie Hyperdaktylie, Hypophalangie oder Farbenblindheit, degenerative Merkmale also, die zwar relativ selten, aber auffällig genug sind, um in jedem Falle eindeutig festgestellt zu werden. Der Vererbungsgang solcher Merkmale konnte innerhalb einzelner Familien oft durch mehrere Generationen verfolgt werden; dennoch blieb das Material zahlenmäßig zu gering für die theoretische Auswertung. Da es sich bei den Vererbungsregeln um eine Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung handelt, so kann eine Annäherung an die theoretisch geforderten Werte immer erst bei sehr großen Zahlen erwartet werden.

Die Verf. haben sich deshalb die Aufgabe gestellt, ein nicht degeneratives, „normales“, also weitverbreitetes, doch nicht allen Menschen zukommendes Merkmal in einer großen Zahl von Familien statistisch zu erfassen; nur so konnte man erwarten, genügend große Zahlen zu erhalten, um allgemein gültige Schlüsse zu ziehen.

Als ein solches häufiges, doch nicht allgemeines Merkmal wurde die musikalische Begabung gewählt; es wurden zum Zweck der statistischen Erfassung 1100 Fragebogen verschickt, von denen fast 300 mit ca. 5000 Individuen bearbeitet werden konnten. Trotz dieses verhältnismäßig großen Zahlenmaterials bleiben noch genug Schwierigkeiten bestehen, deren die Verf. sich durchaus bewußt sind. Die Schwierigkeiten liegen einmal in dem Merkmal selbst, bei dem eine scharfe Abgrenzung zwischen Vorhandensein und Nichtvorhandensein nicht möglich ist; dazu kommt die subjektive Beurteilung der graduellen Differenzen durch die Ausfüller der Fragebogen, die wohl je nach ihrer eigenen musikalischen Beanlagung den Begriff der musikalischen Begabung mehr oder weniger eng fassen und ihre Familienmitglieder bei der Aufnahme in die Rubriken der Fragebogen mehr oder minder streng beurteilen. Die Verf. haben dieser Schwierigkeit durch Aufstellung von 5 Begabungsklassen zu begegnen gesucht, die die Abstufungen von „stark musikalisch“ bis „ganz unmusikalisch“ umfassen und durch bestimmte Kriterien gekennzeichnet sind.

Zum andern liegen aber die Schwierigkeiten in der Methode, die immer gegenüber dem Experiment im Nachteil bleibt; es fehlt nicht nur ein im Sinn der Vererbungsforschung reines Ausgangsmaterial, sondern es kann auch immer nur die F_1 -Generation (die erste Filialgeneration), beurteilt werden. Die F_2 -Generation, d. h. die durch Paarung der F_1 -Individuen unter sich,

die in der experimentellen Vererbungs-forschung eine so wichtige Rolle spielt, ist hier naturgemäß ausgeschlossen. Wo hier in dem statistisch erfaßten Material Enkelgenerationen zur Beurteilung kommen, sind sie, vererbungstheoretisch betrachtet, als „Rückkreuzungen“ anzusehen.

Die Ehen, deren Nachkommenschaft in der Arbeit zur Beurteilung gelangt, werden in 3 Gruppen geteilt, die als „diskordant“ (der eine Elter musikalisch, der andere unmusikalisch), „positiv konkordant“ (beide Eltern musikalisch) und „negativ konkordant“ (beide unmusikalisch) bezeichnet werden. Da es nach dem vorliegenden Material wie auch nach dem zahlenmäßigen Überwiegen der musikalischen Menschen gegenüber den unmusikalischen (jedenfalls in Deutschland), sicher scheint, daß das Merkmal Musikalität dominant (D), Amusikalität recessiv (R) ist, so kann man annehmen, daß die völlig unmusikalischen Phänotypen auch genotypisch rein (RR) sind, während man von den musikalischen Phänotypen im Einzelfalle nie wissen kann, ob sie genotypisch als DD oder DR anzusprechen sind.

Prüft man unter diesen Voraussetzungen die aus den diskordanten Ehen hervorgegangene Nachkommenschaft unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Abstufungen der musikalischen Begabung, so ergibt sich, daß von den verschiedenen aus der experimentellen Forschung bekannten Vererbungstypen hier nur einer in Frage kommt. Die 3 Haupttypen, die nach den Versuchsobjekten als *Pisum*-, *Zea*- und *Avenatypus* bezeichnet werden, unterscheiden sich in der Weise, daß bei Kreuzung von zwei durch ein bestimmtes Merkmal unterschiedenen Individuen beim *Pisumtypus* die F_1 -Generation nur das dominante Merkmal zeigt, die F_2 -Generation zu 3 Vierteln das dominante, zu einem Viertel das recessive; beim *Zeatypus* ist F_1 eine Mischform, die die Mitte zwischen D und R hält, während von F_2 $\frac{1}{4}$ rein dominant, $\frac{1}{4}$ rein recessiv und $\frac{2}{4}$ wieder Mischform sind; beim *Avenatypus* schließlich zeigt die F_1 -Generation alle möglichen Abstufungen von rein dominant zu rein recessiv.

Die Zahl der Nachkommen in jeder einzelnen Ehe ist naturgemäß zu gering, um den in Frage kommenden Vererbungstypus mit Sicherheit festzustellen, um so mehr, da keine Kontrolle der F_2 -Generation möglich ist; man kann nur nach den beobachteten Tatsachen den einen oder anderen Typus ausschließen. Danach scheint es, daß — für die diskordanten Ehen — nur der *Pisumtypus* als Vererbungsmodus in Frage kommt, obwohl auch dieser nicht ganz rein auftritt. Erschwert wird die Beurteilung durch verschiedene Besonderheiten

der Vererbung; so scheint es, daß musikalische Begabung von der Mutter stärker vererbt wird als vom Vater, während die Söhne empfänglicher für die Vererbung der Begabung sind als die Töchter. Wie weit mögen bei alledem Erziehungseinflüsse sich geltend machen?

Bei den *positiv konkordanten* Ehen ergibt sich nicht nur eine prozentuale Zunahme der musikalischen Nachkommen gegenüber den diskordanten Ehen, sondern auch eine Verschiebung in bezug auf die Stärke der Musikalität der einzelnen. Auch hier ist wieder der Einfluß der Erziehung zu berücksichtigen, da zweifellos in Familien, bei denen beide Eltern musikalisch sind, der musikalischen Ausbildung der Kinder größere Sorgfalt gewidmet wird als in anderen.

Dem *Pisumtypus* der Vererbung, der für die bisher besprochenen Fälle einigermaßen Geltung zu haben scheint, widerspricht jedoch das Resultat der *negativ konkordanten* Ehen. Unter der Voraussetzung, daß Amusikalität ein recessives Merkmal ist, dürften hier nur unmusikalische Nachkommen auftreten; dennoch erscheinen ca. 24% musikalische, z. T. sogar stark musikalische Nachkommen. Die Verff. suchen sich mit der Erklärung zu helfen, daß vielleicht der eine der als ganz unmusikalisch bezeichneten Eltern latente Musikalität besaß, die nur infolge ungünstiger Umweltsbedingungen nicht zur Entfaltung kam.

Sind all diese theoretischen Erörterungen unter der Voraussetzung gemacht, daß die musikalische Begabung ein *einfaches*, nur der Stärke nach abgestuftes Merkmal ist, so kompliziert sich die ganze Frage noch weiter, wenn man die Musikalität in ihre einzelnen Komponenten zerlegt. Die Verff. unterscheiden deren fünf: Die *sensorielle* (Unterschiedsempfindlichkeit für Tonhöhen), die *retentive* (Gedächtnis für Melodien), die *synthetische* (Herauserkennen der Melodie, z. B. in Fugen oder mehrstimmigen Gebilden), die *motorische* (Fähigkeit der Reproduktion durch die Stimme oder ein Instrument) und die *ideative* (Verknüpfung mit nicht akustischen Ideen, besonders auch beim Komponieren).

Die Korrelationen zwischen diesen Komponenten können sehr verschieden entwickelt sein; selbst bei musikalischen Menschen kann die eine oder andere fehlen.

Die Verff. betonen zum Schluß, daß ihre bisherigen Untersuchungen vorzugsweise methodologische Ziele verfolgten; die sachlichen Ergebnisse sind noch zu unsicher und zu wenig zahlreich, um bereits sichere Schlüsse zu gestatten. Es ist sehr zu hoffen, daß die interessanten Untersuchungen fortgesetzt werden.

O. KUTTNER, Berlin.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Der Herausgeber hält sich für die Zuschriften und vorläufigen Mitteilungen nicht für verantwortlich.

Ein Wort zur Ameisenmimikry.

Im vorigen Jahrgange dieser Zeitschrift (Heft 46 und 47) hat der bekannte Myrmekophilenforscher P. ERICH WASMANN S. J. eine Darstellung der Erscheinungen gegeben, die er als „*Ameisenmimikry*“ zusammenfaßt. Da er hierbei auch einige Punkte meiner Problemauffassung einer Kritik unterzog, sei mir gestattet, den Leser kurz auf meine nachstehend genannten Veröffentlichungen hinzuweisen.

Die terminologische Seite der Angelegenheit — es handelt sich um eine Meinungsdivergenz über den Geltungsbereich von Wort und Begriff „*Mimese*“ — habe ich eingehend erörtert in meinem Artikel: *Über die Begriffe „Mimikry“ und „Mimese“, mit besonderer*

Berücksichtigung der Myrmekoidie. Zugleich eine Antwort an E. WASMANN (Biol. Zentralbl. 45, 272—289. 1925). Die — kaum belangreiche — Frage, ob die überaus ameisenähnlichen Anthiciden als Musterbeispiele von Mimikry landläufigen Sinnes bezeichnet werden dürfen oder nicht, ist behandelt im Artikel: *Die Ameisenmimese. I. Die Gesichtsmimese* (Biol. Zentralbl. 45, 707—727. 1925). Dort und in den folgenden Artikeln: *II. Die „gesetzmäßige“ Färbungsübereinstimmung zwischen Gast und Wirt (Isochromie)*, und *III. Die Tastmimese*, sind die von WASMANN vorgeführten Probleme der Ameisenmimikry sehr ausführlich beleuchtet. Der Leser findet dort eine Ablehnung aus vorwiegend folgenden sachlichen Gründen:

1. Menschensinne (es tritt nur der menschliche

Gesichtssinn in Aktion) sind nicht geeignet, zu beurteilen, was den fundamental anders gearteten Sinnesorganen der Ameise (deren lenkender Hauptsinn der *Kontaktgeruchssinn* ist) als „ähnlich“ erscheint oder nicht (Sinnesphysiologische Inkompetenz des Menschen). Wir wissen nicht, ob die täuschendste Ähnlichkeit für das Menschaugen irgendeinem Ähnlichkeitseindruck im Kontaktgeruchssinn des Ameisenfühlers (und im Ameisengehirn) entspricht.

2. Es liegen auch für das Menschaugen nur oberflächliche Ähnlichkeiten vor, keine genauen Detailähnlichkeiten, von denen angenommen werden könnte, die prüfende Ameise könne von ihnen getäuscht werden. WASMANN selbst betont in seinem Buche, bei 96% der Hauptkategorie der Myrmekophilen, den indifferent geduldeten Gästen, fehle jede Mimikry; ein Beweis, daß sie zum Leben als Ameisengast nicht erforderlich ist.

3. Übereinstimmend hiermit stellt WASMANN selbst fest, daß die Ameisen von keiner der von ihm vorgeführten Ähnlichkeiten tatsächlich getäuscht würden, daß sie den Gast keineswegs mit einer Ameise verwech-

selten. Mit der fehlenden Täuschung fehlt aber auch der Nutzen, der die Herausbildung erklären sollte. Damit ist auch der Begriff der typischen Täuschtrachten „Mimikry“ oder „Mimese“ ausgeschlossen.

4. Für die Angabe WASMANNs, die Ameisen benehmen sich ungeachtet der fehlenden Täuschung genau so, als ob sie tatsächlich getäuscht würden, fehlt die sachliche Begründung. WASMANN hat Gast und Wirt tot aus den Tropen zugesandt erhalten; er hatte keine Gelegenheit, ihr gegenseitiges Verhalten und dessen mutmaßliche Beweggründe zu untersuchen.

Bezüglich alles Näheren muß ich den Leser auf meine zitierten Abhandlungen verweisen. Einige belangreiche sachliche Irrtümer WASMANNs in seiner Darstellung des „Höhepunktes der Mimikry“, der ecitophilen Aleocharinengattung *Mimeciton* habe ich in einem kleineren Artikel: *Über den Fühler von Mimeciton und seine Anpassung*. Eine Anfrage an E. WASMANN (Zool. Anz., im Erscheinen) mit Bild und Wort richtiggestellt. Ich gedenke übrigens andernorts noch gelegentlich auf das Problem zurückzukommen.

Wien, den 1. Juni 1926. FRANZ HEIKERTINGER.

Botanische Mitteilungen.

Lang- und kurzgrifflige Sippen bei *Veronica gentianoides*. Mit einem Bindeglied zwischen den typisch heterostylen und den gewöhnlichen gleichgriffligen Pflanzen macht uns eine kurze Studie von CORRENS bekannt (Biol. Zentralbl. 43. 1924), die sich auf eine Ehrenpreisart, *Veronica gentianoides* bezieht. Diese Pflanze fügt sich insofern in den für die Heterostylen gültigen Rahmen ein, als zwei Sorten von Individuen auftreten, solche mit langen, und solche mit kurzen Griffeln. Auch darin besteht Übereinstimmung, daß die Griffellänge sich nach dem Schema einer einfachen Mendelspaltung vererbt, wobei Kurzgriffligkeit über Langgriffligkeit dominiert. Bezeichnet man das Gen für Kurzgriffel mit A, jenes für Langgriffel mit a, dann haben die Langgriffel die Erbformel aa, die Kurzgriffel Aa oder AA, letztere können also im homozygotischen oder im heterozygotischen Zustand auftreten. Die Kombination aa × aa gibt Langgriffel, Aa × aa gibt Kurzgriffel : Langgriffel im Verhältnis 1 : 1, Aa × Aa gibt die beiden Formen im Verhältnis 3 : 1 und schließlich AA × aa, AA × Aa sowie AA × AA gibt lauter Kurzgriffel. Das wurde durch zahlreiche Kreuzungen erhärtet. Eine Komplikation der Verhältnisse wird dadurch hervorgerufen, daß neben diesem Gen für Kurzgriffligkeit noch mehrere polymere Faktoren für leichtere Schwankungen der Griffellänge vorhanden sind, deren Wirkung durch den Faktor A überlagert wird; er wirkt als Hemmungsfaktor, der die sonst eintretende Länge etwa auf die Hälfte herabsetzt. Trotz der damit gegebenen großen Variabilität der Griffellänge findet fast nie eine Überschneidung der Streuungskurven für Lang- und Kurzgriffel statt, so daß eine Zuweisung der einzelnen Individuen zu einer der beiden Klassen fast nie Schwierigkeiten bereitet. Während nun in bezug auf die Vererbung der Griffellänge — abgesehen von dem Hinzutreten polymerer Faktoren — Einklang mit den Heterostylen besteht, ergeben sich wie gesagt auf der anderen Seite deutliche Abweichungen. Zunächst ist hervorzuheben, daß die Staubgefäße etwa die gleiche Länge aufweisen, also nicht das sonst so bezeichnende reziproke Verhalten zeigen derart, daß sie bei den Langgriffeln kurz, bei den Kurzgriffeln aber lang sind, ein Verhalten, das der Heterostylie erst die richtige ökologische Bedeutung gibt. In dieser Hinsicht weicht allerdings schon der

Lein (Linum) von der herfshenden Norm ab, so daß es sich hierbei also nicht um ein Novum handelt. Prinzipieller ist die Tatsache, daß im Experiment die illegitimen Befruchtungen (Langgriffel × Langgriffel und Kurzgriffel × Kurzgriffel) fast denselben Erfolg geben. Ob die geringfügigen Differenzen im Samensatz, die in vereinzelt Fällen beobachtet worden sind, mehr als zufälliger Natur sind, ist noch nicht sichergestellt. Mit dieser Beobachtung steht es im Einklang, daß, soweit sich den vorläufigen Feststellungen entnehmen läßt, in der freien Natur Langgriffel und Kurzgriffel nicht, wie sonst, etwa in dem Verhältnis 1 : 1 auftreten, sondern die eine Form allein herrschend sein kann. Es sind ja bei der Möglichkeit „illegitimer“ Befruchtung, die hier eben noch nicht illegitimen Charakter trägt, Bestände existenzfähig, die bloß eine der beiden Formen aufweisen.

Untersuchungen über relative Sexualität. Es gibt sowohl auf botanischem wie auch auf zoologischem Gebiet eine Menge von Hinweisen darauf, daß bei getrenntgeschlechtigen Arten das einzelne Individuum die Anlagen für beide Geschlechter besitzt, und daß nur die besonderen Verhältnisse darüber entscheiden, ob die männlichen oder die weiblichen Tendenzen zum Durchbruch gelangen, wobei der Vorgang der Differenzierung durch einen erblichen Mechanismus oder phänotypisch geregelt werden kann. Einen sehr wertvollen Beitrag zu dieser Frage liefert eine Arbeit von HARTMANN, die sich auf *Ectocarpus siliculosus* bezieht (Biol. Zentralbl. 45. 1925). Diese Braunalge vermehrt sich durch Isogameten, d. h., die miteinander kopulierenden Keimzellen sind morphologisch nicht voneinander unterschieden, wohl aber liegt in diesem Falle physiologische Differenzierung vor in der Weise, daß ein Teil der Gameten sich festsetzt und von den anderen, die ihre Beweglichkeit länger bewahren, umschwärmt wird, bis es einem von diesen gelingt, die Befruchtung zu vollziehen. Funktionell sind also männliche und weibliche Gameten sehr wohl unterschieden. Am Neapeler Standort, an dem HARTMANN sein Material sammelte, sind diese beiden Gametensorten streng auf verschiedene Individuen verteilt, die danach als Männchen bzw. Weibchen anzusprechen sind. Die Kreuzungsversuche HARTMANNs führten aber zu dem sehr bemerkenswerten Ergebnis, daß dieser Gegensatz sich nicht allent-

halben durchführen läßt. Es wurden mehrere Dutzend Individuen gegeneinander geächtet, und dabei stellte sich heraus, daß einzelne Individuen Gameten produzieren, die sowohl mit typischen Männchen, als auch mit typischen Weibchen kopulieren, ein Verhalten, das dem entspricht, was man unter relativer Sexualität begreift. Die Erfahrung zeigte, daß dieses Verhalten an solchen Individuen auftrat, die als Männchen oder Weibchen gebucht waren, bei denen aber der Grad der Kopulation bemessen nach der Zahl der im Versuche aufgetretenen Kopulationsgruppen gering war. Das gibt einen Schlüssel für die Erklärung des auffälligen Verhaltens. Offenbar handelte es sich um die Individuen, bei denen der männliche bzw. weibliche Charakter nicht so stark ausgeprägt, oder besser ausgedrückt, das Gleichgewicht nicht so stark nach der einen Seite verschoben war, wie es bei den typischen Männchen und Weibchen der Fall ist. Deshalb sind diese Individuen, die „schwachen“ Männchen bzw. Weibchen auch gegen die Vertreter ihres eigenen Geschlechtes polarisiert. Wie ein bestimmtes Individuum sich im Experiment verhalten wird, ob als reines Männchen, als reines Weibchen oder als sexuell umschlagend, das hängt von der jeweiligen Staffellung der männlichen und weiblichen Potenzen im Einzelorganismus ab. Wie man erkennt, besteht hier eine weitgehende Übereinstimmung mit den bekannten Beobachtungen GOLDSCHMIDTS über Intersexualität bei Schmetterlingen. Quantitativ gestaffelte Sexualpotenzen spielen in beiden Fällen eine Rolle. Während aber nach der Deutung von GOLDSCHMIDT hierbei ein erblicher Geschlechtschromosomenmechanismus regulierend eingreift, muß für *Ectocarpus* mit seiner anscheinend phänotypischen Geschlechtsbestimmung ein anderer Erklärungsmodus gesucht werden. Doch will HARTMANN auf die mannigfachen sich anschließenden theoretischen Fragen erst dann näher eingehen, wenn weitere Erfahrungstatsachen vorliegen.

Über den Einfluß des Alters der Keimzellen. Im weiteren Verfolg seiner Studien über die experimentelle Verschiebung der Geschlechtsverhältnisse ergreift CORRENS erneut das Wort zu der Frage, welchen Einfluß das Alter der Keimzellen auf die Sexualrelation besitzt. (Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss., Berlin, phys.-mathem. Kl. 1924.) Die Versuche beziehen sich durchweg auf die Taglitchnelke (*Melandrium rubrum*) und wurden nach 2 Richtungen hin variiert, einmal, indem mit verschiedenaltigen Eizellen, das anderemal, indem mit verschiedenaltigen Pollenkörnern gearbeitet wurde. Die Versuche mit Eizellen von gestaffeltem Alter fielen negativ aus. Bei der Befruchtung junger Eizellen erhielt CORRENS in seinen sehr ausgedehnten Serien, welche die notwendige zahlenmäßige Sicherheit geben, 41,74%, bei alten Eizellen 42,04% Männchen, d. h. Werte, die praktisch übereinstimmen. Die Abweichung von der normalen Relation 1 : 1 erklärt sich dadurch, daß die männchenbestimmenden Pollenkörner den weibchenbestimmenden in der Konkurrenz überlegen sind, wie dies CORRENS schon früher dartun konnte. Ein deutlicher Einfluß des Alters äußert sich aber darin, daß der Samenansatz in den späten Serien wesentlich geringer ist. Anders liegen die Verhältnisse bei den Pollenkörnern. Arbeitet man hier mit jungem Pollen und sorgt durch Beschränkung der Körnerzahl dafür, daß jedes Pollenkorn an seinen Bestimmungsort gelangen kann, daß also die Konkurrenz ausgeschaltet wird, dann erscheint in auffallend schöner Weise die Relation 1 : 1, d. h. Gleichgewicht zwischen den beiden Geschlechtern. Der Pollen wurde dann vor der Befruchtung bis zu 120 Tagen abgelagert, und es zeigte sich nun, daß in der Nachkommenschaft das männ-

liche Geschlecht um so mehr dominiert, je älteren Pollen man zur Bastardierung verwendet. Schließlich treten nur mehr Männchen auf, und zwar unter Verhältnissen, wo die Konkurrenz ausgeschaltet ist, also alle Pollenschläuche zur Befruchtung gelangen. Das kann in zweierlei Weise gedeutet werden: entweder sterben die weibchenbestimmenden Pollenkörner früher ab, oder aber, die Geschlechtstendenz schlägt bei ihnen um. Eine ganz eindeutige Entscheidung dieser Alternative steht noch aus. Wie bei den alternden Eizellen, so nimmt auch bei dem alternden Pollen die Ernte stark ab, und bei 120tägigem Pollen kommt es nicht mehr zu einer lebensfähigen Nachkommenschaft. Noch zweier auffälliger Erscheinungen muß hier gedacht werden. Die Männchen, die aus der Befruchtung mit sehr altem Pollen hervorgehen, zeigen in hohem Maße die Erscheinung der Thelygenie, d. h., die aus der Befruchtung mit ihrem Pollen hervorgehenden Pflanzen sind ausschließlich oder fast ausschließlich Weibchen. Dieses Verhalten ist erblich. Ferner steigt bei den späten Befruchtungen die Zahl der auch bei früher Befruchtung vereinzelt auftretenden Zwitter; die diesbezüglichen Zahlen sind 0,32 und 1,67%. Auch die aus später Befruchtung stammenden Zwitter sind wie die entsprechenden Männchen großenteils thelygen. Bezüglich der Deutung der Zunahme der Zwitter mit der hinausgezögerten Pollenübertragung bestehen dieselben Möglichkeiten, wie bei der Männchenzunahme, es kann hier verschiedene Lebensfähigkeit oder Valenzwechsel eine Rolle spielen.

Neue Fälle von Geschlechtschromosomen bei Pflanzen. Die Angaben über das Auftreten von Geschlechtschromosomen bei diöcischen Pflanzen mehren sich in rascher Folge. Es wurde an dieser Stelle über die Befunde verschiedener Autoren an den Gattungen *Rumex* (Amper), *Humulus* (Hopfen), *Melandrium* (Lichtnelke) sowie *Vallisneria* berichtet. Ganz neuerdings erscheint nun eine Untersuchung von MEURMAN, welche diese Liste wesentlich bereichert (Comment. soc. sc. Fenn. 1925). Alte Angaben anderer Forscher werden bestätigt und eine Reihe neuerer Gattungen namhaft gemacht. Im Einklang mit den älteren Beobachtungen erweist sich das männliche Geschlecht als heterozygotisch, und zwar kann man die beiden auch im Tierreiche unterschiedenen Typen auseinanderhalten, den *Lygaeustypus* (Weibchen mit 2 X-Chromosomen, Männchen mit X- und Y-Chromosom) und den *Protenortypus* (Weibchen mit 2 X-Chromosomen, Männchen mit 1 X-Chromosom, Y-Chromosom geschwunden). Zu dem *Lygaeustypus* gehören neben *Melandrium* auch *Valeriana dioica* und verschiedene Pappelarten (*Populus trichocarpa*, *P. balsamifera* und *P. Simoni*), mutmaßlich auch *Urtica dioica* (Brennnessel). Dem *Protenortypus* ist *Vallisneria* und mit Vorbehalt *Dioscorea sinuata* anzureihen. Indessen gibt es auch diöcische Pflanzen, denen morphologisch differenzierte Geschlechtschromosomen fehlen. Als Beispiele hierfür nennt MEURMAN *Ribes alpinum* (Alpenjohannisbeere), *Bryonia dioica* (zweihäusige Zaunrebe), sowie *Carica Papaya*. Es besteht gar kein Zweifel darüber, daß noch weitere Fälle von Geschlechtschromosomenführung aufgedeckt werden, nachdem einmal die Aufmerksamkeit auf diese Frage gelenkt ist.

Untersuchungen über polygame Blütenpflanzen. Während die Geschlechtsvererbung für die typisch-diöcischen Blütenpflanzen durch die bahnbrechenden Untersuchungen von CORRENS klargestellt worden ist, verlangen die polygamen Formen noch eine eindringliche Bearbeitung, zumal bei der Mannigfaltigkeit der Geschlechtsverteilung, die hier vorliegt, die Vermutung

berechtigt ist, daß kein einheitliches Schema vorkommt und somit von Fall zu Fall eine besondere Analyse erforderlich ist. Schon früher ist CORRENS (1916) auf diese Fragen bei der Gattung *Cirsium* (Kratzdistel) eingegangen, und er berichtet nunmehr (Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss., Berlin, Phys.-mathem. Kl. 1925), über weitere Erfahrungen an *Silene Roemerii*. Was zunächst die Blütenverteilung anbelangt, so ist zu bemerken, daß hier zweierlei Individuen vorhanden sind: rein weibliche und $\pm$ männliche. Das „ $\pm$ männlich“ will besagen, daß es sich hier nicht um reine Männchen handelt, daß vielmehr neben den männlichen Blüten in sehr stark wechselndem Prozentsatz auf derselben Pflanze auch Zwitterblüten anzutreffen sind; nach der üblichen Nomenklatur wären solche Individuen als andromonöisch zu bezeichnen; es treten aber vereinzelt auch trimonöische Individuen mit männlichen, weiblichen und Zwitterblüten auf. Wenn bisher von männlichen und weiblichen Blüten die Rede war, so bezieht sich das auf das funktionelle Verhalten. Morphologisch läßt sich die phylogenetische Ableitung von ursprünglichen Zwitterblüten mit Deutlichkeit noch daran erkennen, daß in den männlichen Blüten Rudimente des Gynöceums, in den weiblichen solche des Androeceums vorhanden sind. Die zahlenmäßige Beteiligung von Zwitterblüten bei den $\pm$ männlichen Pflanzen ist von Individuum zu Individuum recht verschieden, man kann hier von einem wechselnden Grad der Zwitterigkeit reden, und Kreuzungsversuche haben gezeigt, daß dieser Grad der Zwitterigkeit erblich ist. Die hochgradig zwitterigen Individuen sind in leicht durchsichtiger Weise durch stärkere Fertilität gekennzeichnet. Die $\pm$ männlichen und die weiblichen Pflanzen unterscheiden sich nicht nur hinsichtlich ihres Blütenbaues, sondern durch eine Reihe weiterer Merkmale: Die mehr-minder männlichen Pflanzen eilen in der Entwicklung voraus, so daß in Mischbeständen erst bei fortgeschrittener Saison die übliche Sexualrelation 1 : 1 erreicht wird, außerdem sind sie weniger lebensfähig, ihre den Zwitterblüten entstammenden Samen zeigen ein geringeres Gewicht und weisen auch schwächere Keimprozentage auf. Es handelt sich hier offenbar um sekundäre Geschlechtscharaktere. Eine Kreuzung zwischen männlichen und weiblichen Pflanzen ergibt eine Nachkommenschaft, in der wieder dieselben Typen in zahlenmäßig gleicher Vertretung erscheinen. Das legt die Vermutung nahe, daß hier die Verhältnisse entsprechend liegen, wie bei den typischen Diöcisten, daß also das weibliche Geschlecht im Geschlechtsfaktor homozygotisch, das männliche heterozygotisch ist und 50% männchenbestimmende, 50% weibchenbestimmende Pollenkörner produziert werden. Eine Selbstbefruchtung der $\pm$ männlichen Stöcke, die hier ja wegen des Vorhandenseins einzelner Zwitterblüten möglich ist, führt zu einer rein männlichen Nachkommenschaft. Wie diese auffällige Tatsache zu erklären ist, bedarf noch weiterer Analyse. Im einzelnen ergaben die Kreuzungsversuche noch, daß bestimmte Männchen die Eigenschaft haben, bei Bastardierung mit Weibchen eine fast rein weibliche Nachkommenschaft zu liefern, eine ebenfalls noch ungeklärte Erscheinung, die CORRENS als Thelygenie bezeichnet und die ihm schon bei seinen Versuchen mit der diöcischen Lichtnelke begegnet ist. Diese und andere noch schwebende Fragen sollen in weiteren Versuchen verfolgt werden.

Über Lichtkrümmungen bei Laubblättern. Die Beobachtung des Blattwerkes irgend eines unserer einheimischen Laubbömer ergibt, daß die Blätter stets in der Weise am Spross verteilt sind, daß sie sich möglichst wenig gegenseitig beschatten. Es ist dies in-

dessen kein von vorne herein gegebener Zustand, vielmehr besitzen die einzelnen Blätter die Befähigung, sich durch phototropische Reaktionen aktiv im Raum zu orientieren und sich gegenseitig aus dem Wege zu gehen, wenn das eine durch das andere verdunkelt wird. Das gesamte Blattmosaik stellt eine Gleichgewichtslage unter möglicher Ausnutzung des Gesamtlichtes dar. Man kann im Experiment sehr leicht Bedingungen herstellen, welche diese Vorgänge veranschaulichen. Wenn man Blätter durch einen darübergehaltenen Lichtschirm einseitig beschattet, dann rücken sie seitlich aus dem Verdunkelungsfeld heraus, führen also eine Bewegung aus, die transversal zu der Einfallrichtung der Lichtstrahlen erfolgt. Für diese Reaktionen ist also nicht die Strahlenrichtung, sondern die Lichtverteilung über das Blatt maßgebend. Besonders auffällige Dimensionen nehmen sie, wie Ref. früher gezeigt hat, an, wenn man die Verdunkelungseinrichtung auf dem Blatt selbst fixiert; auch dann wendet sich die Lamina durch eine entsprechende Krümmung des Stieles nach der Lichtflanke, da der Schatten sich aber zwangsläufig mitbewegt und der Reizanlaß somit bestehen bleibt, so kommen unter Umständen richtige Schraubenkrümmungen zustande. Unter Berücksichtigung der bisherigen Literaturangaben hat GERDA RAYDT diese Vorgänge einer erneuten Analyse unterzogen und unsere Erfahrungen in mancher Richtung erweitert (Jahrb. f. wiss. Botanik 64. 1925). Ihre Versuchsobjekte waren lauter exotische Gattungen (*Sparmannia*, *Plectranthus*, *Lophospermum*, *Fittonia*). Es zeigte sich, daß die seitlichen Krümmungen sowohl auftreten, wenn man den Stiel, wie auch wenn man die Spreite einseitig verdunkelt, ebenso tut es dem Ausfall des Experimentes keinen Eintrag, wenn statt der Blattoberseite die Blattunterseite mit schwarzem Karton verkleidet wird, woran die Lichtempfindlichkeit der Unterseite erkennbar wird. Die Beschattung braucht sich auch nicht auf die ganze Laminahälfte gleichmäßig zu erstrecken, vielmehr genügt es, lediglich die Nerven zu verdunkeln, wie man dies leicht durch Berührung erreichen kann. Bei gegenseitiger halbseitiger Verdunkelung des Blattstieles und der Blattspreite gibt die Spreite den Ausschlag, und da die Reaktion vom Stiele ausgeführt wird, so siegt also der zugeleitete über den lokalen Reiz. Auffällig sind die Resultate, wenn man nicht eine Seitenhälfte, sondern eine Querzone entweder der Blattspitze oder der Blattbasis verdunkelt. Im ersten Fall erhebt sich die Lamina durch eine entsprechende Stielkrümmung nach oben, im zweiten senkt sie sich nach abwärts. CLARA RAYDT möchte diesen Bewegungen einen teleologischen Sinn geben, und zwar in folgender Weise: wenn im Freien die Spitze eines Blattes etwa durch ein anderes Blatt beschattet wird, dann wird es durch eine Hebung dem verdunkelten Bezirke entgehen, allerdings unter Aufgabe des optimalen Einfallswinkels, der durch sekundäre Reaktionen wieder erreicht werden kann; wenn es an der Basis verdunkelt wird, dann ermöglicht das Herabneigen der Lamina eine Ausnutzung des Seitenlichtes, wie eine solche beispielsweise am Waldrand stattfindet. Über den Mechanismus der seitlichen Ausbiegungsbewegungen hat sich vor kurzem BALL unter Anschluß an PAÁL bestimmte Vorstellungen gebildet, die auch von CL. RAYDT diskutiert werden. Nimmt man mit PAÁL an, daß durch das Licht Wuchshormone zerstört werden, dann wird es in der Lamina bei seitlicher Verdunkelung zu einem Hormongefälle kommen, das in entsprechender Weise in den Stiel weitergegeben wird: die Lichtflanke erhält weniger Wuchshormone und bleibt infolgedessen im Wachstum zurück; der Stiel krümmt sich nach dem

Licht. Noch einfacher liegen die Dinge bei halbseitiger Verdunkelung des Stieles selbst. Auf die Querverdunkelungsversuche von CL. RAYDT lassen sich diese Vorstellungen freilich nicht ohne weiteres übertragen.

Die ökologische Bedeutung des Wachses im Wasserhaushalt der Pflanzen. Die im Pflanzenreich so weit verbreiteten Wachsüberzüge haben von ökologischer Warte aus gesehen eine recht mannigfache Beurteilung gefunden. Eine ganze Fülle von Aufgaben wird dem Wachs zugeschrieben: es soll eine Schutzwirkung ausüben gegen zu starke Transpiration, zu starke Belichtung und zu starke Erwärmung, in manchen Fällen soll es auch einer zu intensiven Benetzung und dem Aufstieg unerwünschter Tierbesuche entgegenarbeiten. Mutmaßlich treten all diese Aufgaben je und je in Kraft, aber so reich die Literatur an theoretischen Erörterungen ist, so spärlich ist der Anteil, den exakte Versuchsarbeit an diesen Problemen einnimmt. Verhältnismäßig am reichsten fließen die Angaben über den Transpirationsschutz, dem auch wohl die größte Bedeutung in der vorliegenden Frage zukommt. Vor einigen Jahren wurde an dieser Stelle über eigene Versuche des Ref. berichtet, die zum Ergebnis hatten, daß bei den Keimlingen der verschiedensten Phanerogamengattungen die Entfernung des Wachses eine erhebliche Transpirationssteigerung zur Folge hat, daß die Produktion der Wachsüberzüge bei Kultur im dampfgesättigten Raum wesentlich eingeschränkt wird, was sich in einer bedeutenden Steigerung der Wasserdurchströmung äußert, daß aber beim Verbringen derartig aufgewachsenen Materials in trockene Luft nachträglich der typische Wachspanzer angelegt wird und Hand in Hand damit die Transpiration wieder in entsprechender Weise zurückgeht. In viel weiter gespanntem Rahmen hat nun jüngst REINHART CUNZE diese Fragen wieder aufgegriffen, so daß wir jetzt imstande sind, ein wesentlich vollkommeneres Bild zu zeichnen. Wertvoll ist vor allem, daß die Erfahrungen auf erwachsene Pflanzen ausgedehnt und gerade die in der ökologischen Literatur soviel behandelten Typen herausgegriffen werden (Beih. z. botan. Zentralbl. 42. 1925. Abt. I). CUNZE untersuchte zunächst den Einfluß, den das Entfernen des Wachses auf die Transpirationswerte ausübt. Das Ergebnis war recht verschieden. Kein Erfolg war zu bemerken bei den gerade durch ihren üppigen Wachsüberzug ausgezeichneten, auch in sonstiger Hinsicht stark xerophytisch gebauten Crassulaceen. Das steht wohl damit im Zusammenhang, daß hier das Wachs nicht bloß oberflächlich ausgeschieden, sondern auch in die Zellmembran imprägniert wird, so daß es gar nicht möglich ist, durch Abreiben das Wachs quantitativ zu entfernen. Der negative Ausfall der Versuche steht also zu der vorgetragenen Deutung gar nicht im Widerspruch, zudem hier die Funktion des Wachses noch durch die sehr stark ausgebildete Cuticula unterstützt wird. Bei einer ganzen Reihe von Objekten gelang aber der Nachweis, daß das Wachs tatsächlich nach der vermuteten Richtung hin wirkt; so betrug die Transpirationssteigerung nach Entfernung des Wachses bei *Aechmea* (Bromeliaceen) 20%, bei *Andromeda* (Vacciniaceen) 50%, bei *Festuca ovina* (Gramineen) 80%, bei *Othonopsis* (Compositen) sogar 200%. Besonders interessant liegen die Verhältnisse bei vielen Nadelhölzern. Wie ein Vergleich von Arten aus den Gattungen *Abies* (Tanne), *Picea* (Fichte) und *Pinus* (Kiefer) ergibt, besteht hier eine auffällige

Korrelation zwischen der Ausbildung des Wachses über der Epidermis und des Hypoderms unter der Epidermis. Die oberflächlichen Wachsstreifen liegen gerade da, wo das Hypoderm, das selbst schon imstande ist, die Transpiration zu hemmen, fehlt: *Pinus Laricio* hat einen vollständigen Hypodermring und kein Wachs, *Picea pungens* var. *glauca* 4 Hypoderm- und ebenso viele alternierende Wachsstreifen, *Abies pectinata*, *Picea ajanensis* und *Pinus excelsa* 2 Hypoderm- und 2 alternierende Wachsstreifen. Bei Abreiben des Wachses ergab *Pinus* eine Transpirationssteigerung um 100%, *Pinus parviflora* um 150% und *Picea pungens* um 400%. Weiterhin stellte CUNZE Versuche mit Kultur im dampfgesättigten Raum an. Es zeigte sich, daß manche Objekte auch unter solchen Verhältnissen ihren Wachsüberzug in scheinbar unvermindertem Maße anlegen. Die Wachsproduktion ist hier also offenbar erblich normiert. So verhalten sich die meisten untersuchten Crassulaceen. Auf der anderen Seite bleibt die Wachsproduktion in manchen Fällen mehr oder minder vollständig aus, und stellt man jetzt vergleichende Wägungen mit normalen Pflanzen und solchen, die wachsfrei im feuchten Raum gezogen sind, an, dann findet man oft gewaltige Differenzen in der Wasserabgabe. So belief sich die Transpirationssteigerung bei *Eucalyptus Stuartii* auf 1000%, ein Wert, der aber von manchen Individuen noch ganz wesentlich, und zwar nach den Messungen um weitere 700% überboten wurde, wenn die Blätter sich nicht nur von dem Wachsmantel emanzipierten, sondern, wie dies manchmal im dampfgesättigten Raum geschieht, mit einem zartwandigen Thylleumgewebe die Epidermis durchbrechen. Man darf in diesem Vorgang vielleicht geradezu eine Anpassung an ungünstige Transpirationsverhältnisse erblicken. Schon dieses eine Beispiel zeigt, daß es nicht immer bloß die Unterdrückung des Wachsüberzuges ist, die zu einer verstärkten Wasserabgabe Anlaß gibt, vielmehr wirkt in manchen Fällen nach derselben Richtung die Reduktion der Cuticula und der lockerere Aufbau des Mesophylls, das dann von einem viel reicheren Intercellularnetz durchzogen ist. Solche Fälle zeigten sich vor allem bei Keimlingen. Schließlich wendet sich CUNZE noch der Frage nach der Regeneration des Wachses zu. Bei stark wachsführenden Objekten wurde das Wachs abgewischt und dann beobachtet, ob der Überzug sich im Laufe der Zeit erneuert. Die Crassulaceen gaben wieder ein negatives Resultat, was ja vom ökologischen Standpunkt aus nicht verwunderlich erscheint, da das oberflächliche Wachs hier nicht von einschneidender Bedeutung als Transpirationsschutz ist. Andere Pflanzen dagegen ergaben positive Befunde, und zwar erfolgte die Neubildung des künstlich entfernten Überzuges bei *Hyacinthus candidus* in ca. 2 Wochen, bei *Papaver somniferum* (Schlafmohn) in 2 Tagen, bei *Macleya cordata* machte sich die Reaktion in dem verblüffend kurzen Zeitraum von 2 Stunden bemerkbar. All diese Erfolge treten aber nur bei jungen Blättern ein, also zu einem Zeitpunkt, wo die Epidermis an sich schon immer noch neues Wachs nachbildet. Eine richtiggehende „Regeneration“, d. h. Neubildung des Wachses an Blättern, die ihre Produktion schon eingestellt haben, wurde nicht beobachtet, ist aber auch vom ökologischen Gesichtspunkte aus nicht so bedeutungsvoll, da ja vor allem die zarten jugendlichen Blätter eines Transpirationsschutzes bedürfen.

STARK.

Synthese der Gentiobiose¹⁾.

Von B. HELFERICH, Greifswald.

Die Synthese des wichtigsten einfachen Zuckers, des Traubenzuckers (d-Glucose), ist im Jahre 1890 vollendet (1). Die zahlreichen Übergänge von einem einfachen Zucker zu einem anderen ermöglichen heute prinzipiell die Synthese jedes einfachen Zuckers, dessen Konstitution und Konfiguration theoretisch möglich ist.

Anders liegt es bei dem Aufbau von Di- und Mehrsacchariden, also bei der glucosidischen Verknüpfung z. B. eines einfachen Zuckers mit einem Hydroxyl eines beliebigen anderen einfachen Zuckers.

Unter den erfolgreichen Versuchen, dies Problem zu lösen, sind in erster Linie die biochemischen Synthesen von BOURQUELOT und seinen Mitarbeitern zu nennen, die mit Hilfe von Fermenten eine Reihe von Disacchariden im Laboratorium aufbauen lassen. Aber als wesentliches Erfordernis ist eben das betreffende Ferment nötig, d. h. ein in seiner Zusammensetzung auch heute noch unbekannter Stoff, der dem Laboratorium des Chemikers nur von der lebenden Natur geliefert werden kann. Und weiter sagt die biochemische Synthese wenig oder garnichts über die Konstitution des entstandenen Produktes aus. So groß die Wichtigkeit der Reaktion für unsere Kenntnis der Fermente selbst ist, für die Synthese von Di- und Mehrsacchariden spielt sie nur eine unvollkommene Rolle.

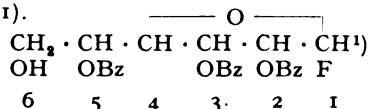
Es hat nicht an Versuchen gefehlt, auf rein chemischem Wege das Problem zu lösen. Die Kondensation mit Säuren oder Salzen (2), die Verwendung der für Glucosidsynthesen so wichtigen Acetohalogenzucker (3—5), neuerdings die Kondensation und Spaltung der Glucosane und verwandter Verbindungen (6—8) sind Beispiele für Reaktionen, die mit wechselndem Erfolg herangezogen wurden. Mehrfach gelang die Darstellung krystallisierter Derivate der entstandenen Mehrsaccharide (Osazone, Nitro-, Acyl-, Methyl-derivate). Aber nur in ganz wenigen Fällen glückte es, einen sicheren Weg zur Isolierung und Reinigung des freien Zuckers in krystallinen Zustand zu finden (5), (6).

Bei der erschreckend großen Anzahl von theoretischen Möglichkeiten, nach denen auch nur zwei Moleküle eines einfachen Zuckers sich zu einem Disaccharid vereinigen können (9), bei der für die Zuckergruppe charakteristischen Schwierigkeit, aus Gemischten mehrerer ähnlicher Zucker einzelne Individuen rein zu isolieren, versprachen synthetische Versuche um so eher Erfolg, je einheitlicher das Ausgangsmaterial war, je eindeu-

¹⁾ Der wesentliche Inhalt dieses Aufsatzes ist als Vortrag in der Sitzung der Dtsch. chem. Ges. in Berlin am 14. Dezember 1925 mitgeteilt.

tiger die Synthese also verlaufen mußte. Um die alten Versuche, Acetohalogenzucker mit einem Hydroxyl eines zweiten Zuckermoleküls in Reaktion zu bringen, in diesem Sinne umzugestalten, bedurfte es zunächst der Schaffung von Zuckerderivaten, die nur ein — zur Reaktion mit Acetohalogenzuckern fähiges — Hydroxyl frei haben, während die anderen Hydroxyle so maskiert sind, daß zum Schluß ihre Freilegung ohne Zerstörung der durch die Synthese entstandenen Disaccharidbindung erfolgen kann.

Ein Weg zu solchen Substanzen ist in den letzten Jahren am Beispiel der Glucose gearbeitet worden (10). Als wesentliches Hilfsmittel dazu dienten Äther des Triphenylcarbinols mit einfachen Derivaten der Glucose, die es gestatten, ein einzelnes Hydroxyl so „zart“ zu maskieren, daß seine Wiederfreilegung durch Reaktionen erfolgen kann, die alle Estergruppen (Acylgruppen) am gleichen Molekül intakt lassen. Es gelang, ein Tribenzoyl-d-glucosylfluorid darzustellen, das sicher am 6-Kohlenstoffatom ein freies Hydroxyl trägt (11).



Aus ihm konnte mit Acetobromglucose auf dem für die Synthese von Glucosiden erprobten Wege das Tetracetyl-tribenzoyl-fluor-derivat eines synthetischen Disaccharids gewonnen werden, das sich nach Abspaltung aller Säurereste — auch des Fluors — nach Eigenschaften und Derivaten als mit der von BOURQUELOT aus einem Zucker der Gentanawurzel zuerst isolierten Gentiobiose identisch erwies. Das β -Oktacetat dieses Disaccharids, dessen Herstellung in krystallinem Zustand aus dem zunächst amorphen synthetischen Zucker ohne Schwierigkeiten gelang, ist schon früher zur freien krystallisierten Gentiobiose verseift worden (12), so daß seine Totalsynthese zugleich auch die Synthese der krystallisierten Gentiobiose bedeutet.

Damit ist zum erstenmal auf rein chemischen, eindeutigen Wege ein in der Natur aufgefundenes, und zwar ein reduzierendes Disaccharid synthetisch gewonnen worden²⁾.

¹⁾ Die Änderung der 1-4-Sauerstoffbrücke in eine 1-5-Brücke, wie sie in letzter Zeit durch englische Arbeiten höchstwahrscheinlich gemacht wird, ist in der obigen Formel noch nicht vorgenommen. Sie berührt die Gruppierung am 6-Kohlenstoffatom nicht.

²⁾ Nur 8 Tage nach dem Vortrag in Berlin teilte A. PICTET in einer Sitzung der Academie in Paris mit, daß er als Nebenprodukt der Herstellung von Isomaltose [s. (1)] Gentiobiose nachweisen konnte. Das bedeutet also eine weitere Synthese dieses Zuckers (13).

Die Gentiobiose selbst spielt in dem ungeheuren Reich der Kohlenhydrate mengenmäßig nach unseren heutigen Kenntnissen wahrscheinlich keine große Rolle. Von ihren Abkömmlingen dürfte am bekanntesten das Amygdalin, ein Glucosid der bitteren Mandeln, sein, das durch Aufbau und Abbau seit einiger Zeit als Gentiobiosid erkannt worden ist. Aber die Bedeutung der Gentiobiose kann mit der fortschreitenden Erkenntnis auf dem Gebiet der Kohlenhydrate und Fermente noch wachsen.

Jedenfalls ist der Gang der Synthese nicht auf dies eine Disaccharid beschränkt. Er erlaubt das 6-Hydroxyl der Glucose mit jedem beliebigen Zucker von dem eine reaktionsfähige Acetohalogenverbindung hergestellt werden kann, glucosidisch zu verknüpfen. Von der Glucose kann die Synthese weiter auch auf andere Zucker übertragen werden. Di- und Mehrsaccharide dieser Art werden über die in der Natur bisher aufgefundenen Formen hinaus zugänglich.

In jüngster Zeit ist es gelungen, den Weg noch außerordentlich dadurch zu vereinfachen, daß auf ähnliche Weise, wie das oben beschriebene Tribenzoylfluorid eine Tetracetylglucose als leicht zugängliches Ausgangsmaterial aufgefunden wurde, die ebenfalls am 6-Kohlenstoffatom ihr freies Hydroxyl trägt (14).

Nicht nur Di- und Mehrsaccharide, sondern überhaupt definierte Derivate der einfachen Zucker — Anhydride, Ester mit organischen Säuren u. a. — werden der künstlichen Herstellung zugänglich. Damit rückt die Möglichkeit näher, dem Problem der Polysaccharide, das analytisch eine so überraschende Fülle von Tatsachen und Meinungen in den letzten Jahren zutage gefördert hat, auch synthetische Hilfe und Klärung zu bringen.

Literatur:

1. E. FISCHER, Ber. d. Dtsch. chem. Ges. **23**, 799. 1890.
2. E. FISCHER, Ber. d. Dtsch. chem. Ges. **23**, 3687. 1890; H. H. SCHLUBACH und K. MAURER, Ber. d. Dtsch. chem. Ges. **58**, 1178. 1925.
3. E. FISCHER und E. F. ARMSTRONG, Ber. d. Dtsch. chem. Ges. **35**, 3144. 1902.
4. E. FISCHER und K. DELBRÜCK, Ber. d. Dtsch. chem. Ges. **42**, 2776. 1909.
5. P. KARRER, F. WIDMER und P. SMIRNOFF, Helvetica chim. acta **4**, 796. 1921.
6. A. PICTET und P. CASTAN, Helvetica chim. acta **4**, 319. 1921.
7. A. u. J. PICTET, Helvetica chim. acta **6**, 617. 1923.
8. A. PICTET, Bull. de la soc. de chim. de Paris **27**, 656. 1920.
9. M. BERGMANN, Naturwissenschaften 1922, S. 838.
10. B. HELFERICH und JOHANNA BECKER, Ann. d. Chem. **440**, 1. 1924.
B. HELFERICH, W. KLEIN und W. SCHÄFER, Ann. d. Chem. **447**, 19. 1926.
11. B. HELFERICH, K. BÄUERLEIN und FR. WIEGAND, Ann. d. Chem. **447**, 27. 1926.
12. HAWORTH und WYLAM, Journ. of the chem. soc. (London) **123**, 3122. 1923.
13. A. PICTET und A. GEORG, Cpt. rend. hebdom. des séances de l'acad. des sciences **181**, 1035. 1925.
14. Noch unveröffentlichte Arbeiten von B. HELFERICH und W. KLEIN.

Ann. bei der Korrektur: Aus einer Mitteilung von A. GEORG und A. PICTET, Helv. chim. acta, IX **444** (1926) vom 30. III. 1926, geht hervor, daß die Bildung der Gentiobiose bei der Synthese der Isomaltose (13) schon am 19. Nov. 1925 in einer Sitzung der Gesellschaft für Physik und Naturwissenschaften in Genf mitgeteilt ist. Die Veröffentlichung dieser Synthese liegt also 8 Tage vor dem Einsendungsdatum der Arbeit (11), welche die Synthese der Gentiobiose, wie sie eben geschildert ist, enthält. B. H.

Zur Raumchemie der Stickstoffverbindungen.

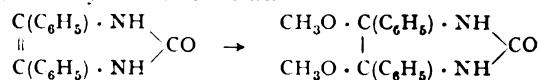
VON HEINRICH BILTZ, Breslau.

Die zusammenfassende Darstellung über Raumchemie von Stickstoffverbindungen, die K. HESS vor kurzem in dieser Zeitschr. S. 183 veröffentlichte, gibt mir Veranlassung zu einer Ergänzung.

Die Existenz von isomeren Oximen bei unsymmetrischen Ketonen führte bekanntlich zu der Auffassung, daß die Bindungsrichtungen des dreiwertigen Stickstoffes nicht auf einer Ebene liegen. Auffallend ist, daß außer bei diesen Oximen eine Isomerie bei anderen Verbindungen des dreiwertigen Stickstoffes lange Zeit nicht gefunden wurde. Hieraus entwickelte sich die Anschauung, daß Verbindungen Nabe außerordentlich leicht Autovacemisierung erleiden. Schließlich wurden aber doch Beispiele von Isomeren gefunden, deren Isomerie auf die räumliche Anordnung der Bindungen des dreiwertigen Stickstoffes zurückzuführen ist. Herr HESS nennt als einziges bisher bekanntes Beispiel hierfür die von ihm aufgeklärte Isomerie von *Methyl-isopelletierin* und *Methyl-conhydrinon*. Zweck dieser Zeilen ist, darauf hinzuweisen, daß bei den *Glykoläthern des Diphenyl-glyoxalons* entsprechende Isomerien vorkommen, die von mir vor 17 Jahren mit wünschenswerter Schärfe untersucht und genau in gleicher Weise

wie seine Isomeriefälle erklärt worden sind¹⁾. Es hat neben dem historischen auch ein sachliches Interesse, auf meine ältere Untersuchung zurückzugreifen, da bei ihren Isomeren am fraglichen Stickstoff Umsetzungen möglich sind, die besonderes Interesse bieten.

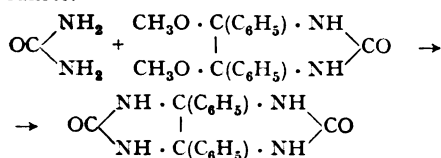
Als Beispiel meiner Isomerenpaare seien die zwei *Diphenyl-glyoxalnglykol-dimethyläther* (4,5-Diphenyl-4,5-dimethoxy-2-oxo-tetrahydroglyoxaline) angeführt. Man kommt zu dem einen Isomeren, das als „syn-Verbindung“ bezeichnet sei, durch Einwirkung von Methylalkohol und Brom auf das wohlbekannte Diphenyl-glyoxalon, wobei sich 2 Methoxyle an die Doppelbindung 4 · 5 anlagern. 1 Mol. Krystall-Methylalkohol, der hinzutritt, wird leicht durch Stehenlassen mit Äthylalkohol entfernt.



Die Stelle der Anlagerung wurde durch verschiedene Umsetzungen bewiesen; besonders einleuchtend durch

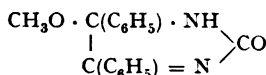
¹⁾ H. BILTZ, A. **368**, 156. 1909. Herr HESS erwähnte diese Untersuchung, B. **52**, 1622. 1919.

die Umsetzung mit Harnstoff, die zu Diphenyl-acetylen-
diurein führte.

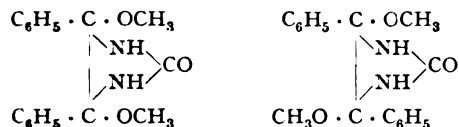


Wird die krystallalkoholhaltige Verbindung aus Methylalkohol umkrystallisiert, so entsteht eine krystallalkoholhaltige „anti-Verbindung“, die bei 70–80° den Krystallalkohol verliert, und die unter geeigneten Bedingungen in die „syn-Verbindung“ zurück verwandelt werden kann. Es liegen also zwei krystallalkoholhaltige und zwei krystallalkoholfreie isomere Verbindungen vor. Im folgenden sei auf die letzteren Bezug genommen.

Von besonderem Interesse ist die Tatsache, daß beide von Krystall-Methylalkohol freien Isomeren je 1 Mol. Methylalkohol verlieren können, aber verschieden leicht. Die syn-Verbindung gibt den Methylalkohol schon bei 115°, die beständige anti-Verbindung aber erst bei ihrem Zersetzungspunkte 217° ab. Dabei entsteht in beiden Fällen 4,5-Diphenyl-5-methoxy-isoglyoxalon Schmelzp. 179–180°.



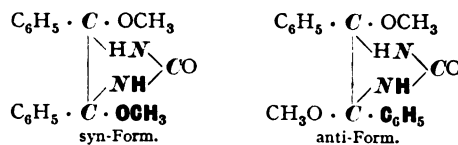
Die Isomerie der Diphenyl-glyoxalon-glykoläther beruht zweifellos nicht auf einer Verschiedenheit der Struktur, sondern darauf, daß an den Kohlenstoffatomen 4 und 5 die Substituenten Phenyl und Methoxyl so angeordnet sind, daß in einem Falle die Phenyle auf einer Seite der Ebene des Glyoxalonringes ihren Platz haben, und die Methoxyle auf der anderen; im zweiten Falle aber die Phenyle und ebenso die Methoxyle auf beide Seiten verteilt sind. Folgende Formelbilder mögen das veranschaulichen:



Das reicht aber nicht aus. Denn diese Formeln würden nicht die Verschiedenheit in der Neigung zur Alkoholabspaltung und zur Bildung von Diphenyl-methoxy-isoglyoxalon erklären, wenn die am N haftenden H auf der Ebene des Glyoxalonringes stehen. Denn dann müßte in jedem Falle eines von ihnen mit einem OCH₃ gleich leicht austreten können, gleichgültig auf welcher Seite der Ringebene das OCH₃ sich befindet. Vielmehr muß in der einen Form, und zwar in der, die oben als syn bezeichnet ist, ein Methoxyl und ein am benachbarten N stehender Wasserstoff durch ihre Stellung zu besonders leichtem Austritte beider begünstigt sein. Und das führte gebieterisch zu der Folgerung, daß die Bindungsrichtungen der Stickstoffatome nicht auf einer Ebene, nämlich der des Glyoxalonringes liegen, sondern daß bei jedem Stickstoffatome die eine aus dieser Ebene heraustritt.

Das sei veranschaulicht durch die folgenden 2 Formeln, bei denen die kursivgedruckten C, C, N, CO, N in einer Ebene liegen. Die links von C und von N geschriebenen Substituenten mögen auf der einen, die rechts von C und N geschriebenen auf der anderen Seite dieser Ebene liegen. In der unteren Hälfte dieser Formeln sind die auf einer Seite der Ebene befindlichen

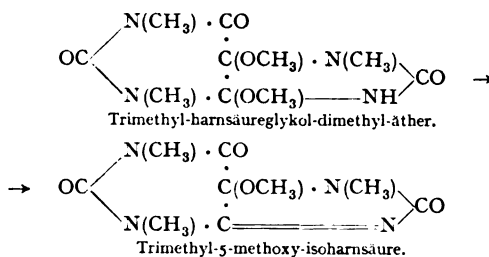
Substituenten fett gedruckt, nämlich in der Formel links CH₃O und H, und in der Formel rechts C₆H₅ und H. Die Bezeichnungen syn und anti beziehen sich auf die Lage der umsetzungsfähigen Substituenten OCH₃ und H zu dieser Ebene.



Nunmehr ist verständlich, daß ein Stoff von der links gezeichneten Formel leicht das fett Gedruckte als Methylalkohol verliert; und daß dieser Austritt von Methylalkohol bei einem Stoffe von der Formel rechts erst bei einer energischeren Einwirkung, bei der eine Umlagerung möglich wird, erfolgt.

Als analoge Isomerenpaare wurden beschrieben die 4,5-Diphenyl-glyoxalonglykol-diäthyläther, die 4,5-Diphenyl-1-methyl-glyoxalonglykol-dimethyl-äther und die 4,5-bis-p-Bromphenyl-glyoxalonglykol-diäthyläther.

Bei Umwandlungen von Stoffen der syn- in solche der anti-Reihe und umgekehrt ist anzunehmen, daß der Austausch an den Kohlenstoffatomen 4,5 stattfindet; nicht aber am NH. Das wurde schon damals gefolgert aus Erfahrungen mit Harnsäureglykoläthern. In diesen ist ein analoges System im fünfgliedrigen Glyoxalonringe vorhanden (z. B. rechter Teil der oberen der folgenden gezeichneten Formeln). Verschieden ist nur, daß ein Platzwechsel an den Kohlenstoffatomen 4,5 nicht möglich ist, weil 2 Substituenten, nämlich NCH₃ in Stellung 3 und CO in Stellung 6 durch den Ring des Pyrimidinsystems gefesselt sind (linker Teil der oberen der folgenden Formeln). Somit erklärt sich die auffallend geringe Neigung zur Alkoholabspaltung. Nur beim Glykoläther der 1,3,7-Trimethyl-harnsäure ist ein glatter Austritt von Alkohol unter Bildung von 1,3,7-Trimethyl-5-methoxy-isoharnsäure bei energischen Umsetzungsbedingungen beobachtet worden.



Das interessiert, weil in dem HESSschen Beispiele des Methyl-isopelletierins und Methyl-conhydrinons ebenfalls eine gegenseitige Umlagerung fehlt. Sie könnte durch einen Platzwechsel des am Stickstoff stehenden Methyls erfolgen. Aber ebenso wie bei meinen Beispielen bleibt der Substituent am Stickstoff an seinem Platze. Gemeinsam ist dem HESSschen und meinem Beispiele, daß der fragliche Stickstoff in einem Ring-systeme steht, was seiner doppelten Bindung in den Oximen einigermaßen an die Seite zu setzen ist. Dieser Gesichtspunkt kann für die Auffindung weiterer entsprechender Isomerenpaare leitend sein. Bemerkt sei, daß ausgedehnte Untersuchungen in der Purinreihe kein Beispiel von Isomeren ergeben haben, zu deren Erklärung die räumliche Anordnung der Bindungsrichtungen des Stickstoffatoms erforderlich wurde.

Der alpine Vegetationsmantel.

Von LUDWIG KÖGEL, München.

Die wissenschaftliche Betrachtung der alpinen Vegetation verfügt in erster Linie über die botanische und die geographische Methode. Das Interesse des Botanikers konzentriert sich auf den pflanzlichen Organismus selbst, der Geograph denkt mehr an die Landschaft, der die Pflanzendecke als Ganzes einen charakteristischen Stempel aufzuprägen vermag. Die Pflanzenwelt ist für den Geographen also mehr indirekt von Interesse; die Landschaft, ein Stück der Erdoberfläche, das auch Pflanzen beherbergt, steht im Mittelpunkt seiner Forschung. Bei der zweiten Betrachtungsweise, und nur mit ihr hat es der geographische Autor dieses Aufsatzes zu tun, spielt einmal die Hauptgestaltung der Pflanzendecke in ihrer räumlichen Gliederung eine Rolle, zum andern verlangen



Fig. 1. Normale Hangbesiedelung an der Südflanke der Fleischbank (Karwendelvorberge), die Fichtenhochstämme tauchen höhenwärts immer mehr im allgemeinen Legföhrenwuchs unter. (Phot. KÖGEL.)

ganz besonders jene intimen, oft vernachlässigten Beziehungen Berücksichtigung, die zwischen dem Vegetationsmantel als Ganzes und dem Formenschatze des Geländes bestehen.

Hinaustretend ins Beobachtungsgelände selbst soll die instruktive Gipfelsicht vom 2053 m hohen Schellschlicht in den Ammergauer Bergen zunächst zu uns sprechen: Bis zu ansehnlicher Höhe liegt ringsum der größte Teil der Berge in ein dichtes, einheitliches Waldkleid gehüllt, etwa von 1400 m an aufwärts zeigen sich fast nur noch die sonoren, tiefgrünen Farbtöne der Fichte. Das Gebiet der Vorgipfel der Danielgruppe (ausnahmslich Tormetz und Spitziger Brand) mögen als zunächst liegende Beispiele genannt sein. Die Region des Fichtenwaldes schrumpft nach oben allmählich in eine immer niedriger werdende Krummholzzone (*Pinus montana*) zusammen. Da die Krummholzkiefer in Bayern und Nachbarland meist als Legföhre oder Latsche bezeichnet wird, kann man von einer dem Fichtenhochwalde aufge-

setzten Latschenzone sprechen. Tormetz und Spitziger Brand sind treffliche Beispiele.

Doch diese Latschenzone mit ihren letzten Fichteneinsprenglingen läßt viel größere örtliche Verschiedenheiten erkennen als die tiefer gelegene Fichtenregion. In den erwähnten Beispielen aus dem Danielgebiet, am Schwarzkopf, sowie an den Südfluchten von Weitalp Spitze und Scheinberg handelt es sich um ein ganz allmähliches Untertauchen der Fichtenhochstämme in den geschlossenen Krummholzbeständen. Dies dürfen wir wohl als Normalfall¹⁾ werten, denn hier wurden lediglich die klimatischen Abstufungen Gesetzgeber des Pflanzenkleides. Doch neben diesen einfachen, leicht verständlichen Bildern, sehen wir z. B. an den Geierköpfen und dem Kreuzspitzel schon weitgehend vom Wald losgelöste Latschenfelder, die gleichsam ein Sonderdasein in ihrem eigenen natürlichen Kampfgürtel über dem Hochwalde führen.

Sorgfältige Beobachtung lehrt uns des weiteren, daß so gut wie alle Verebnungen und flachen Mulden des Reliefs sich recht auffällig durch ein Auflichten des Waldkleides auszeichnen. Auf den ebeneren Bodenflächen kommen Grasfluren zur Entwicklung, in welche das Krummholz da und dort eindringen konnte. Außerdem drang die Legföhre gelegentlich linienhaft von oben her in die geschlossene Hochwalddomäne vor. Bachrisse, die das Gelände aufschlitzten, haben an ihren Rändern vielfach die bodenständige Vegetationsdecke zerstört und so die Möglichkeiten eines engräumigen Geländegewinns für die schnell zugreifende Latsche der Hochregion geboten. Selbst in Tallagen finden sich endlich nicht selten größere Latschenverbände auf neugeschaffenem Grunde zusammen, ich denke unter anderem an die Jungform so manchen mächtigen Bachschuttkegels²⁾.

Tiefer noch läßt uns ein anderes Beispiel von Legföhrenbeständen aus den Ammergauer Bergen Einblick gewinnen in die eigenartigen Standortsansprüche der Latsche; die Südwestflanke des Kreuzspitzels etwa in 2000 m Höhe sei Beobachtungsrevier: Die Anordnung der Legföhrenfelder zeigt hier seltene Längsstreifung³⁾. Ziemlich parallel, senkrecht am Gehänge herablaufende Längsreihen von Latschenbüschen sind hier zu sehen. Eine nähere Untersuchung lehrt, daß diese Latschenreihen durchwegs niederen Rippen aufgesetzt sind, die das begraste Steilgehänge um

¹⁾ Vgl. unsere Fig. 1 aus den Karwendelvorbergen.

²⁾ Näheres hierüber: L. KÖGEL, Beobachtungen an Schuttkegeln aus den Ammergauer Bergen. Mitt. d. geogr. Ges. München 14. 1920.

³⁾ Näheres vgl.: L. KÖGEL, Die Pflanzendecke in ihren Beziehungen zu den Formen des alpinen Hochgebirges. Ostalpine Formenstudien, Abt. I, H. 5. Berlin: Gebr. Bornträger 1923.

kaum $\frac{1}{3}$ m überhöhen. Steigen wir mühsam zwischen diesen niederen Rippen empor, so beobachten wir, daß die schmalen Grasstreifen nach oben zu in seichte Rinnen übergehen, die das Wiesengehänge über dem ausklingenden Latschenfelde senkrecht durchziehen. Die frischere Grasnarbe in diesen sehr seichten Rinnen deutet auf häufigere Wasserführung jener Einkerbungen hin; während die dazwischen liegenden Längsrippen (tiefer unten Latschenzeilen) meist eine recht magere, dürre Grasnarbe tragen mit Bloßlegung des Anstehenden an vielen Stellen.

Dies lehrreiche Beispiel gemahnt uns, daß die Grasnarbe sich zwar in den zeitweilig durchrieselten, flachen Einkerbungen besonders wohl fühlt, die Legföhre hingegen diese Standorte meidet. Der ursächliche Zusammenhang dürfte der sein, daß die durch Wasserfäden angelegten und stark durchfeuchteten Geländefurchen bald zu bevorzugten Bahnen häufig wiederkehrender Bodenbewegungen wurden. Diese Bewegungstendenz ist aber ein Moment, das weder der Fichte noch der Latsche zusagt. Solche Hauptbewegungslinien des Hanges waren also so gut wie ganz frei geblieben von Besiedelung durch die Legföhre. Die Grasnarbe dagegen ist gerade auf durchfeuchtetem Grunde ein äußerst begierig und schnell zugreifender Konkurrent, der sich auch von langsamen Bodenbewegungen nicht abschrecken läßt. Auf den schwach hervortretenden, aber aus festem Fels aufgebauten Rücken der besagten Rippen war dagegen die Latsche der bei weitem besser ausgerüstete Konkurrent. Endlich trug die Legföhre auch wohl noch aktiv zu einer stärkeren Hervorhebung der Rücken bei, indem sie ein seitliches Verlegen der Furchen durch ihr Wurzelgeflecht erschwerte und wachsende Humusmassen in ihrem Netz festhielt. Des wichtigsten Momentes aber müssen wir stets eingedenk bleiben, daß nämlich all diese Selektions- oder Platzauswahlvorgänge überwiegend in der Nähe der klimatischen Höchstgrenzen des Latschenwuchses sich geltend machen; während in tieferen Regionen diese feineren Unterschiede des Standortes keine ausschlaggebende Wirkung mehr auszuüben vermögen.

Doch nicht nur Beobachtungen aus der Vorbergregion sollen zu uns sprechen, es sei vergleichender Weise einer Dolomitenwanderung gedacht: Die Umgebung der Plätzwiese¹⁾ hat uns folgendes zu erzählen: Während die Ostexposition nur engräumig mit massierten Hochstammgruppen noch 2150 m erreicht auf rauhem, ungleichmäßig gestaltetem Gehänge, darüber der Legföhre eine breite Besiedelungszone überlassend, zeigt die gleichmäßig ansteigende Westexposition am Dürrenstein Hochstämme, zumeist Arven, mehrfach bis zu 2200 m vorgeschoben. Diese letztere Häufung von Extremwerten erklärt sich eben aus der

Fülle gesicherter Felsstandorte, die das sanftere Gehänge zu bieten hat. Es konnte sich daher die sonst gewohnte Gürtelgliederung nicht voll entwickeln, da zwischen die Legföhren, die Plätze zweiter Güte festhielten, eben da und dort, wie erwähnt, Hochstämme sich einzudrängen vermochten. Der ganze Grenzsau der Holzgewächse ist hier nur locker ausgebildet, gewissermaßen ein Augenblickszustand in dem noch wogenden Kampfe zwischen Felsgehänge und Pflanzendecke. Es sei noch beachtet, daß gerade in allgemeinen vegetativen Depressionsgebieten, wie etwa unserer Ostexposition unter der Hohen Gaisl, meist unvermittelt stärkere Gruppierung sich geltend macht. Dies ist leicht zu begreifen, kommt hier doch die geringere Allgemeinerhebung des Kampfgebietes auch schwächeren Individuen entgegen.

Nach diesem lehrreichen Dolomitenbeispiele hat uns das Hochkarwendel Neues zu erzählen. Für Hochstämme, seien es nun Fichten, Lärchen oder Arven, finden sich im Hochkarwendel nur ganz vereinzelte Gunstgebiete. Ausnahmsweise, z. B. im Bereich weicherer Schichten, konnten Hochstämme in kleinen Beständen zu beträchtlichen Höhen aufsteigen, im übrigen verbietet die mauerartige Gestaltung der hohen Kalkketten im großen ganzen ihr Vordringen. Anders ist es dagegen mit dem Latschenwuchse, zu dessen Studium sich vielleicht kein anderes Hochalpengebiet besser eignet als das Hochkarwendel.

Die wuchtigen Kalksteinbauten tragen in vielfacher Wiederkehr Maximalstandorte der Latsche, die, wie schon flüchtige Umschau vom Sontigergipfel lehrt, alle so etwa um eine klimatisch bedingte Grenzhöhe von 2200 m Meereshöhe herum zu suchen sind. Eingehendere Untersuchungen an der Südkarflucht der Hinterautaler Kette¹⁾ haben mich unter anderem gelehrt, daß die aufstrebenden Legföhrenfelder (die Karmulden nach unten vermeidend) an den Rücken zwischen den Karmulden ihre Höchstgrenzen erreichen. Die geringere Schneeverhüllung der freien Rücken, woselbst die Stürme schon dafür Sorge tragen, daß die Schneelasten nicht unbehindert anwachsen können, bedeutet zweifellos ein wesentliches Gunstmoment für die Latschenentwicklung. Zum andern bleibt hier oben auch das Verwitterungsmaterial nicht lange liegen, so daß sich fast durchwegs fester, felsiger Verankerungsgrund, wenn ich so sagen darf, für die Legföhrenwurzelgeflechte darbietet. Endlich ist auch die Formveränderung bei solch breit gestalteten Graten aus widerstandsfähigem Material eine nicht allzu heftige, so daß die Legföhrenbesiedelung hier ziemlich gleichmäßig und unbehindert höhenwärts vordringen kann.

Nach diesen Geländebeispielen zu den allge-

¹⁾ L. KOEGEL, Beiträge zur geographischen Erfassung der alpinen Pflanzendecke aus Karwendel und Schieferbergen. Freie Wege vergleichender Erdkunde. (DRYGALSKI-Festschrift), München: Oldenbourg 1925, S. 336ff.

¹⁾ L. KOEGEL, Beobachtungen in der oberen Kampfregion der Holzgewächse aus den Südtiroler Dolomiten. Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde. Berlin 1925.

meinen Gesetzmäßigkeiten. Gerade die Ammergauer Typen lassen uns leichter begreifen, daß dort, wo auf Schuttflächen Gras und Legföhre um den Raum kämpfen, im allgemeinen der feinere Lockerboden, der stärkere Durchfeuchtung zu besitzen pflegt, aber auch beweglicher ist als grobes Blockmaterial der Grasnarbe zufällt; während das sterilere, aber auch stabilere Blockwerk mehr der Legföhre zur Besiedelung verbleibt. Es wird uns auch nicht mehr allzu schwer fallen einzusehen, daß die Fichte mit ihrem wenig in die Tiefe greifenden Wurzelwerk, ähnlich, ja noch ausgesprochener als die zusammengeduckte, widerstandsfähigere Legföhre bewegliche Böden tunlichst flieht. Auf festem, wenn auch ärmlichen Felsgrunde wagt die Fichte sich dagegen (beispielsweise auf Graten) ziemlich hoch hinauf. Doch in welchen Höhen haben wir eigentlich die Fichtenwaldgrenze aus klimatischen Gründen über-



Fig. 2. Arvenexemplare in gegen 2000 m M.H. in den wilden Felsknorren der Speckkar-Spitz-Ausläufer (Hochkarwendel), auf magerem, aber festen Standort angesiedelt. (Phot. KÖEGL.)

haupt zu suchen und wie weit wird diese natürliche Scheidelinie von der höhensteiferen Legföhre noch überboten, ist unsere nächste Frage? Meine Ammergauer Untersuchungen haben hier für Fichtenhochstämme eine natürlich-klimatische Grenzhöhe von rund 1800 m in Nordlage, rund 1900 m in Südlage ergeben. Des weiteren zeigten sie deutlich, daß ein regelmäßiger Abstand zwischen dem oberen Ende des Fichtenwaldes und der Einzelhochstämme nicht festgestellt werden kann. Der vielfach dafür angegebene mittlere Abstand von rund 100 m ist lediglich als ein Produkt künstlich, rechnerischer Mittelbildung anzusehen, vor der ich warnen muß. Auch das so oft in der Literatur erwähnte Ansteigen der Waldgrenzen? vom Gebirgsrande gegen das Innere der Berglandschaft zu fand im Ammergau keine Stütze. Bei genügend großräumiger Betrachtungsweise mag sich dem gegenüber wohl ein Ansteigen der Fichtenwald- bzw. Hochstammgrenze feststellen lassen; meine Beobachtungen in den Schie-

ferbergen haben dortselbst jedenfalls höhere klimatische Grenzwerte der Fichte ergeben, die stellenweise noch über 2000 m zu suchen sind.

In den Zentralalpen und Dolomiten ist es aber nicht die Fichte, die unter den Waldbäumen am höchsten ansteigt, sondern bald die Lärche, bald die Arve. Für letztere werden gelegentliche Standorte aus der Schweiz und dem Ortlermassiv von gegen 2400 m Höhe angegeben, ich selbst habe in den Südtiroler Dolomiten noch Arven bei rund 2300 m im Umkreis des Sellajochs eingemessen. Höhen über 2200 m sind aber wohl Ausnahmen, denken wir an die gleiche, auch in den einzelnen Expositionen sich nicht unterscheidende Grenzhöhe der Legföhre im Hochkarwendel. Dieser Grenzwert von 2200 m scheint somit allgemeinere Bedeutung für die alpine Pflanzendecke zu besitzen, was auf eine allgemeine Veränderung der klimatischen Faktoren in diesen runden Höhen hinweisen würde. Meine Schieferbergbeobachtungen sprechen völlig in diesem Sinne, denn Arven, Legföhren, Grünerlen, Wachholder werden alle durch diese 2200 m-Linie höhenwärts begrenzt. Die Alpenrose, vielfach als Waldzeuge aufgefaßt, verliert in dieser Grenzzone ihre üppigeren Wuchsformen, eine Erscheinung, die, nach der botanischen Fachliteratur zu schließen, für sehr weite Alpenräume Gültigkeit hat.

Nach dieser kurzen Besprechung charakteristischer, klimatisch bedingter Grenzwerte der Vegetation ist die Frage vordringlich, ob denn diese Grenzwerte auch tatsächlich recht häufig in der Natur angetroffen werden. Es mag überraschen, daß wir diese Frage rundweg mit einem „Nein“ beantworten müssen. In weitaus der überwiegenden Anzahl der Fälle erreichen die verschiedenen Vertreter der fraglichen, das Pflanzenkleid der Höhen besonders charakterisierenden Arten schon weit tiefer am Gehänge ihr oberes Ende.

Diese klar zutage tretende Erscheinung ist schwer zu erklären. Fürs erste dachte man an Eingriffe von seiten des Menschen, der den ursprünglich dort oben allorts höher reichenden Wald zurückgedrängt haben sollte. Vor allem in der Schweiz fand diese Auffassung, die von forstlicher Seite ausging, großen Anklang. An diesem Erklärungsversuch ist nun zweifelsohne viel Beachtenswertes und, wenn man für den rodenden Viehzüchter in vielen Fällen den noch holzgerigeren Bergmann einsetzt, so trifft man wohl teilweise die Sache. Doch dieser erste Erklärungsversuch reicht doch bei weitem nicht aus, um die durchgängig weit hinter den klimatischen Grenzhöhen zurückbleibenden Walddepressionen hinreichend zu erklären.

So wollte man zu einer großklimatischen Deutung neuerdings seine Zuflucht nehmen. Man spricht (auf Grund von fossilen Pflanzenresten in erster Linie) von Klimaveränderungen, die heute dem Walde nicht mehr so hohes Aufsteigen als ehemals gestatten sollen. Doch auch diese (gewiß

zur Erklärung mancher Vorkommen recht brauchbare) Theorie scheint mir noch nicht alle Dunkelheiten zu beheben. Vor allem passen die ange-deuteten, gelegentlich sehr hohen Standorte von Hochstämmen ganz und gar nicht in diese, alle Unterschiede nivellierende Vorstellung. Auf rein klimatischer Grundlage läßt sich offenbar die schwierige Frage ebensowenig voll befriedigend lösen wie mit Hilfe der Annahme sehr ausgedehnter, menschlicher Eingriffe. Ein anderes Element muß zu Hilfe genommen werden, ein solches nun aber, das neben allgemein tiefem Verlauf der Waldgrenze doch gelegentliche recht hohe Grenzwerte verstehen läßt. Eine solche Erklärungsmöglichkeit bietet die Mitberücksichtigung des alpinen Formenschatzes. Sein Einfluß auf den Vegetationsmantel ist ein hochinteressantes Studienobjekt des gerade für diese Aufgabe einzig in Frage kommenden, morphologisch geschulten Geographen.

Die Beziehungen zwischen Formenschatz und Vegetationsmantel waren nicht ganz leicht aufzudecken, mußten doch ohne nennenswerte Vorarbeiten erst alle anderen waldschädigenden Faktoren, vor allem der Mensch, sorglich ausgeschaltet werden. Lokale Störungen und allgemeinere Züge waren zu scheiden, gleichwohl ergab sich schließlich, wenigstens für das Spezialgebiet, die Ammergauer Berge, folgendes Bild: „Die vollkommene, vegetative Besiedelung eines Gehänges ist direkt meist eine Frage der Form, indirekt eine solche der Zeit.“ Die Pflanzendecke schiebt sich nämlich, im allgemeinen vom Tale aus langsam höhenwärts vor, voran die Grasnarbe, ihr folgt das Krummholz und als letztes Glied der Serie steigt der anspruchsvollere Koniferenwald hinterdrein. Doch die Platzwahl geht durchaus nicht etwa nach Maßgabe der Fruchtbarkeit und Bodenergiebigkeit vor sich, sondern die anspruchsvolleren Gewächse bevorzugen gesicherte, relativ gealterte Standorte¹⁾. Besonders die Fichte ist von Bergflanken ausgeschlossen, auf denen noch ein lebhafter Formveränderungsprozeß stattfindet. Ähnlich steht es mit der Legföhre, die aber ihr Hauptkampfgebiet in höheren Lagen, sagen wir rund 300 m höher als die Fichte, vorfindet. Die Grasnarbe faßt dagegen als kecker Erstbesiedler auch auf Böden mit einer noch vorhandenen Bewegungstendenz nicht ungerne Fuß, wenn es nur nicht allzu sehr an Befeechtung fehlt.

Mit der fortschreitenden Formausreifung, d. h. einem Übergehen übersteiler Wandfluchten durch Abwitterung und Schuttanlagerung in Bergflanken mit gemäßigten, ausgeglicheneren Neigungswinkeln (die somit nur noch stark verlangsamten, weiteren Formveränderungen unterliegen), fallen dann allmählich auch die ursprünglichen Grashänge innerhalb der klimatischen Waldzone mehr und mehr dem Waldwuchse anheim. Im Karwendel z. B. ließ sich gut verfolgen, daß in dem oben skizzierten Entwicklungsgange nicht

selten weiches Gestein dem härteren in Formausgleichung und nachfolgender Waldbesiedelung voranschreitet. Im allgemeinen Verbreitungsgebiet harter Gesteine treten dagegen schon frühzeitig, lange vor dem Formausgleich, Waldzungen auf gesicherten Felsstandorte da und dort auf. Diese letzteren Waldvorposten stellen engbegrenzte, örtliche Gunstgebiete in waldfeindlichen, unausgebalancierten Bergflanken dar. Solche Vorposten sind dann, vor Erreichung der allgemeinen Waldgunst, die Stellen, an denen die tatsächliche, rein klimatisch bedingte Waldgrenze schon in diesem frühen Stadium der Landschaftsentwicklung (dem häufigsten Falle im alpinen Gelände) festgestellt werden kann.

An dieser Stelle sei ein kurzer Seitenblick auf die Schädigung bzw. Herabdrückung der Höhengrenzen der Holzgewächse durch örtlich besonders mächtige und lange währende Winterschneelagen



Fig. 3. Beispiel für die Platzwahl der Vegetationsausläufer am Gehänge der Hochplatte und Hochblasse im Ammergau; die Fichten auf festen Felsknorren da und dort sich inselartig vorschubend, sonst der Legföhrenwuchs großräumiger dem Felsgehänge angeschmiegt. (Phot. KOEGEL.)

gestattet. Die früher beobachtete Waldlosigkeit der Muldenböden gehört hierher, doch auch das geschilderte, örtliche nach unter Ausweichen der Legföhrenfelder etwa an der Karwendel-Südkarflucht. Weniger als der fallende Neuschnee dürfte für diese Anhäufungen der verwehte und in den schattenden Mulden zusammengetriebene Schnee von Bedeutung sein. Minder scharf ausgeprägt, doch immer noch gut genug erkennbar, zeigt auch die Grasnarbe ein derartiges Vermeiden von Mulden und Karböden gegenüber freien Grat-, ja selbst Gipfelregionen. Die vorerwähnte Hinterautaler-Südkarflucht läßt uns zweierlei unterscheiden. Erstlich stellt sich, gut verfolgbar in schneearmen hochalpinen Herbstmonaten, eine gewisse Parallelität zwischen der temporären, orographischen Schneegrenze und dem oberen Ende der ausfasernden Grasnarbe der Karböden heraus. Beide Grenzen, in ähnlicher Weise durch

¹⁾ Vgl. auch unsere lehrreiche Fig. 3.

Reliefeinflüsse mitbedingt, heben und senken sich ziemlich gleichsinnig dort, woselbst sie nahe beieinander die breiten Karböden queren. Zum andern findet sich die ausklingende Grasnarbe, häufig durch die leuchtend hellroten Polster von *Silene acaulis* kräftig ins Auge springend, ausnahmslos auf den Rundbuckeln, Schuttwällen und allen ähnlichen Bodenauftragungen angesiedelt, während sie jede Art von Geländevertiefungen sorgfältig meidet. Auch für diese Erscheinung liegt es am nächsten, den einheitlichen Grund in der Vegetationsfeindlichkeit aller jener Örtlichkeiten zu suchen, die unter einer länger währenden Schneebedeckung noch zur Zeit der (in den Höhen ohnehin kurzen) Vegetationsperiode schmachten.

Noch seien einige Bemerkungen über den Krummholzgürtel erlaubt. *Pinus montana* kennen wir aus einigen Schweizer Gegenden aus Höhen bis gegen 2500 m, das sind Regionen, die wohl zur Not für Arven und Lärchen, niemals aber für Fichten noch in Frage kommen. Verschiedene Autoren, darunter Scharfetter, haben nun die Legföhrenbestände als „Hunger-“ oder als „Wind-facies“ zur Hochwaldregion geschlagen, gleichwohl tritt der Legföhrengürtel der Ostalpen oftmals als eine physiognomisch scharf begrenzte Einheit über der Zone des Hochwalds hervor. Ich selbst finde mich mit diesen Auffassungen hervorragender Botaniker hinsichtlich der großklimatischen Zugehörigkeit des Legföhrenreviers zum Hochwaldgürtel (auf Grund meiner Beobachtungen in den Schieferbergen und Dolomiten) völlig im Einklang. Dem Geographen aber will es um so mehr bedeutungsvoll erscheinen, daß trotzdem weithin ein scheinbar selbständiger Legföhrengürtel in Erscheinung tritt. Wir dürfen in dieser auffallenden Tatsache gewiß einen Beweis für die eminente und vielfach ausschlaggebende Wichtigkeit der Geländekonfiguration für den Vegetationsmantel der Hochgebirge sehen. Gerade die Boden- und Formeinflüsse haben ja weithin die Latsche allein zur Entwicklung kommen lassen, dort, wo nur sie noch über die nötige Anpassungsfähigkeit an ein extrem ungünstiges Gelände verfügte.

Nach dieser Abschweifung zurück zu unserer Schilderung der engen Zusammenhänge zwischen Formbildungsprozeß und Entwicklung des alpinen Vegetationsmantels. Vom Stadium der jugendlichen Unausgeglichenheit der Form, der eine ähnliche Unfertigkeit des Vegetationsmantels entsprach, schien nur eine einfach aufsteigende Linie hinüber zu führen zu den ausgereiften Alterszuständen der Form und ihrer lebendigen, angeschmiegtten Decke. Doch ganz so einfach dürfen wir uns das weite, hochalpine Naturlaboratorium doch nicht organisiert vorstellen.

Eine und vielleicht die wichtigste Komplikation dieses einfach aufsteigenden Entwicklungsganges haben wir dort vor uns, woselbst ein schon dem fortgeschrittenen Alterszustande genähertes Berggelände neuerdings einer Formverjüngung unterliegt. Dieser Fall liegt insbesondere dann

vor, wenn ein Bach der Nachbarschaft sich tiefer einkerbt, so das Gefälle seiner Zuflüsse vergrößert und dadurch Veranlassung gibt, daß auch diese Nebenbäche ihre Furchen neuerdings tiefer einsenken. Eine solche Störung des bisherigen Formgleichgewichts kann bereits weitgehend ausgeglichene und vegetativ besiedelte Gehänge neuerdings beunruhigen und verändern. Werden die Bergflanken von unten her aufgerissen, so werden untergrabene Schollen nachstürzen, es entstehen Breschen verschiedenen Ausmaßes, von denen dann neue Bewegungstendenzen sich weithin über das Gesamtgehänge ausdehnen können. In solchen Fällen pflegt auch die alte Pflanzendecke weitgehend zerstört zu werden. Bis der neue Gleichgewichtszustand erreicht ist, haben wir es in einem solchen Gelände mit einem in Formverjüngung begriffenen, beweglichen und somit ausgesprochen waldfeindlichen Gebiete zu tun.

Der Geograph, weniger der Botaniker, wird sich nun des weiteren dafür interessieren, woselbst solche Formverjüngungen mit ihren vegetativen Folgeerscheinungen vor sich gehen und ob sie sich vielleicht irgendwie gesetzmäßig, großräumig gruppieren lassen. Im Ammergau lieferte gerade das Tal der Ammer selbst ein gutes Beispiel großräumiger Gruppierung verschiedener morphologischer und vegetativer Landschaftstypen. Wer sehenden Auges im Tal der Ammer, etwa von Ettal kommend gegen Ammerwald wandert, wird unschwer folgende Landschaftstypen unterscheiden können. Aus einer ausgeglichenen, breiten, also formgeschichtlich gealterten Tallandschaft kommen wir zunächst in ein Gebiet, in dem jugendlich zerreißende und nagende Flußkräfte (hinaufgreifend an den Gehängeflanken) tonangebend werden. Zugleich können wir beobachten, wie sich hier auch der Vegetationsteppich, insbesondere das anspruchsvollere Waldkleid nur noch vielfach eingeeengt zu behaupten vermag. Endlich führt uns die Umgebung von Ammerwald ein früh gealtertes Verschüttungsgelände vor Augen, in dem übersteile, eiszeitliche Hohlformen ein vegetationsfeindliches Übermaß von Gesteinszerfallstrümmern lieferten.

Wir haben somit ein charakteristisches Beispiel großräumiger Gruppierung von Gehängebewachungstypen in Übereinstimmung mit dem Werdegange der Großformen kennen gelernt, das war Hauptzweck dieser Schilderung. Daneben möchte ich die Erfahrung nur streifen, daß wir hier den nicht gerade häufigen Landschaftstypus „verfrühter Formüberalterung“, wie man sich vielleicht kurz ausdrücken könnte, antreffen, ein Beweis für die Vielgestaltigkeit der alpinen Landschaftsprobleme. Ein Vergleich der Verhältnisse im Ammergau, im Hochkarwendel und in den Schieferbergen mag diese Buntheit der Bedingungen gleichfalls illustrieren.

Im Ammergau mußten neben den von oben her drohenden, feindlichen Einwirkungen des Höhenklimas auch die formverjüngenden Faktoren der

Fußregion berücksichtigt werden; im Hochkarwendel und den Schieferbergen kommt nur der erstgenannte Feind für die bewußten Kampfregionen in Betracht. Wohl arbeiten nämlich auch im Hochkarwendel, wenigstens den Randgebieten, verjüngende Kräfte sich allmählich höhenwärts vor, aber nirgends ist es ihnen in dem harten Gestein bislang gelungen, ihre zerstörenden Wirkungen bis in die Kampfzone der Holzgewächse vorzutragen. In den Schieferbergen mit ihren relativ ruhigen Formen, aber großenteils recht hohen Auftragungen ist gleichfalls die Verjüngung noch auf die unteren, besonders dem Innale genäherten Gehänge beschränkt. So kommt es, daß wir in beiden letztgenannten Fällen (zur Zeit!) allein die Klimahärte der Hochregion als Hemmnis für

die kämpfende Pflanzendecke zu berücksichtigen haben; während in den Vorbergen mit ihren geringeren Höhen und aufgefrischten Gefällsverhältnissen wir den Vegetationsmantel stets in einem Kampf auf zwei Fronten bewundern lernen müssen.

Unsere Darlegungen dürften gezeigt haben, in wie inniger Weise das Werden der grünen Decke, des Vegetationsmantels, mit der Entwicklung der alpinen Formwelt verknüpft ist. „Ohne Verständnis für die Gesetze des Entstehens und des Wandels der Bergformen kann es also auch kein restloses Erfassen der Pflanzendecke der Hochgebiete geben.“ Dieser Satz mag nach dem Vorausgeschickten nicht mehr als allzu kühn erscheinen.

Besprechungen.

EAST, EDWARD M., **Die Menschheit am Scheidewege.** Deutsch von Dr. HELENE SCHMID. Basel: Benno Schwabe & Co. 1926. 369 S. und 18 Figuren. Preis geb. RM 9.60.

Der Verf., Professor an der Harvard-Universität, ist einer der Führer der experimentellen Vererbungsforschung in Amerika, der die Objekte für seine Spezialstudien vorzugsweise unter den Kulturpflanzen, wie Tabak und Mais, wählt. Daß ihm die Rassefragen und die Probleme der Eugenik beim Menschen nahe liegen, versteht sich daraus von selber, aber da er sich früher auch mit praktischer Landwirtschaft beschäftigt hat, ist er wie kaum ein zweiter befugt, über den großen menschheitsbewegenden Fragenkomplex: Nahrungsproduktion, Menschenzahl, Rassenverteilung auf der Erde zu urteilen.

EAST sieht die Menschheit am Scheidewege (mankind at the crossroad) insofern, als sie im Begriff ist sich bis zu einer Bevölkerungszahl zu vermehren, die sich nicht mehr wird ernähren können, und vor der Wahl steht die Vermehrung hungriger Mäuler blind weiterzulaufen zu lassen oder aber weise zu beschränken. Alle seine Untersuchungen und Überlegungen bringen ihn dazu den Warnruf, den MALTHUS vor mehr als 100 Jahren erhoben hat, mit größtem Ernst zu wiederholen.

In den letzten 100 Jahren hat sich die Zahl der Menschen auf der Erde verdoppelt, sie ist von etwa 850 Millionen im Jahr 1800 auf etwa 1750 Millionen im Jahr 1916 (nach EASTS eignen genauen Schätzungen) angewachsen. Seit einiger Zeit nehmen die Geburtenziffern, auf die Zahl der Lebenden berechnet, fast überall deutlich ab, aber die Sterblichkeit ist ebenfalls vielerorten weit vermindert. Bei dem gegenwärtigen Stand der ärztlichen Kunst läßt sich die Sterblichkeit auf 16 pro Mille herunterdrücken. Um eine Bevölkerung stationär zu erhalten, genügt also eine Geburtenziffer, die nicht größer ist als 16 pro Mille; tiefer darf die Geburtenziffer nicht sinken, wenn eine gegebene Bevölkerungszahl sich erhalten soll, und EAST meint, die Zahl Sechzehn müßte uns heiliger werden als die alte heilige Sieben; ob an der strikten Festlegung der Zahl 16 aber nicht etwas Zahlenmystik mendelistischer Herkunft beteiligt ist? (Ref.) Heutzutage haben viele Länder noch Geburtenziffern von 25–30 pro Mille oder noch mehr (Frankreich nur 18,5), bei einer (für stationäre Bevölkerungen korrigierten) Sterblichkeitsziffer unter oder nicht viel über 20 pro Mille (Indien dagegen fast 44!), woran besonders die Säuglingssterblichkeit be-

teiligt ist), und alles in allem vermehrt sich die Menschheit in einem Tempo, daß in wenig mehr als 100 Jahren etwa 5000 Millionen Menschen da sein werden — wenn dieses Tempo nicht verlangsamt wird.

Die jetzt anbaufähige Fläche aller Erdteile beträgt nach des Verfassers sorgfältigen Schätzungen, die manchen optimistischen Wahn zerstören, etwa 5200 Millionen ha. Wieweit sich die Tropen werden bezwingen lassen, ist ganz unklar. Die landwirtschaftlichen Erträge sind gegenwärtig unter sehr günstigen Bedingungen so hoch, daß auf den Kopf 1 ha Anbaufläche gerechnet werden muß, wenn der Lebensstandard der bäuerlichen Bevölkerung Europas, nicht der japanische oder indische zugrunde gelegt wird. Die Erde ist also imstande etwa 5200 Millionen Menschen einigermaßen auskömmlich zu ernähren. Dabei ist schon in Rechnung gesetzt, daß stellenweise die Bodenerträge sich noch beträchtlich werden steigern lassen, freilich um den Preis einer viel härteren Arbeit, als sie heutzutage mit Ausnahme von Ländern wie China und Japan geleistet wird. Es ist auch schon vorausgesetzt, daß Ochsenfleisch von der Speisekarte verschwindet, weil Schlachtvieh als Konkurrent um das Getreide nicht geduldet werden kann. Aus der Verbesserung der Kulturpflanzenrassen durch Züchtung verspricht sich EAST, der hier sehr kompetent ist, eine Hebung der Erträge um höchstens 10–20%; dann dürften sich die Menschen eben, wenn sie es schon nicht anders haben wollen, noch um so viel dichter auf der Erde zusammendrängen. Ganz aussichtslos ist die Hoffnung auf neue, aus dem wilden in den domestizierten Zustand überzuführende, besonders ertragreiche Nutzpflanzen; der Mensch der Steinzeit hat uns hier nichts mehr zu entdecken übrig gelassen. Ebensowenig hat die menschliche Ernährung von den Fortschritten der Chemie zu erwarten.

Die Rasse die sich gegenwärtig viel rascher vermehrt als die anderen ist die weiße. Bei gleichem Verhältnis des Zuwachses wird sie etwa im Jahr 1950 schon die absolute Mehrheit gegenüber allen anderen Rassen haben, weil sie alle jetzt noch untervölkerten, anbaufähigen Gebiete der Erde unter ihrer Kontrolle hält. Die rein schwarze Rasse ist im freien Wettbewerb, wie in Amerika, ungefährlich, wegen ihrer unbezweifelbaren Inferiorität, und das eigentliche Farbenproblem in Amerika ist für EAST nicht das der Neger, sondern das der Mulatten; was sich unter den Farbigen hervortut, hat mindestens einen Schuß weißen Blutes in den Adern, und die Mulatten vermehren sich viel stärker

als die Reinschwarzen. Das indische Problem sieht EAST mit den Augen des Engländers; die englische (und holländische) Herrschaft hat Indien bloß Segen gebracht, die braune Rasse ist nicht viel wert, und sie lebt außerdem, wie ein großer Teil der schwarzen, in einem Klima, in dem alle Energie verdampft. Nur die gelbe Rasse kann der weißen gefährlich werden, wenn ihr gestattet wird, ihre Wohngebiete zu vergrößern. Daß die Weißen das nicht zulassen, verlangt ihr Selbsterhaltungstrieb. Wenn China und Japan ihren Völkern erträgliche Lebensbedingungen schaffen wollen, so sollen sie, die schon weit überbevölkert sind, mit der Beschränkung der Geburten den Anfang machen.

Aber die weiße Rasse tut selber gut, ihre eigne Vermehrung zu kontrollieren. Früher oder später muß der Nahrungsspielraum erschöpft werden, auch wenn die weiße Rasse allein das Geschäft der Vermehrung übernimmt. Nun ist die weiße Rasse durchaus nicht homogen, sie besteht aus Gliedern sehr verschiedenen Wertes. Die Bewohner der Vereinigten Staaten haben die schönste Gelegenheit an den Heeren europäischer Einwanderer Vergleiche anzustellen, und sie haben festgestellt, durch Prüfungen an Erwachsenen und an Kindern, daß die Einwanderer aus Spanien, Portugal, Italien (besonders Süditalien), Polen an Intelligenz weit hinter denen aus dem nördlicheren Europa zurückbleiben und, überraschenderweise, sogar den Negern nicht viel überlegen sind. EAST meint, daraus lasse sich vernünftigerweise keine andere Folgerung ziehen als: Ausschließung der südlichen und östlichen Europäer von der Einwanderung in Nordamerika.

Auch Nordeuropa ist schon überbevölkert. Es kann sich nur ernähren, weil es von anderswoher Nahrungsmittel erhält, es führt dauernd Menschen aus, und über kurz oder lang wird die Auswanderungsmöglichkeit wie die Einfuhr von Nahrung aufhören. Sieht man nun genauer zu, woher die unaufhörlich steigende Flut der Menschen auch innerhalb der besten Rassen in Europa wie in Amerika und sonst kommt, so zeigt es sich, daß selbst hier die menschlichen Populationen bei ihrer eigenen Fortpflanzung Methoden anwenden, die sie weit von sich weisen, wenn es sich um die Züchtung ihres Rindviehes handelt. Die Vermehrung kommt, wie jedermann weiß, zum größten Teil auf das Konto der sozial am tiefsten stehenden Teile der Bevölkerung, und daß unter ihnen die genetisch unterwertigen Elemente einen erschreckend hohen Prozentsatz ausmachen, belegt EAST für die Vereinigten Staaten mit zwingendem Material; die Vermehrung dieser Schichten wäre sogar noch größer als sie es ist, wenn nicht die Kindersterblichkeit rettend eingriffe. Der Gedanke eines Gebärwettstreites zwischen den oberen und den unteren Schichten, wie er oft verlangt wird, scheint EAST lächerlich. Das sicherste und einfachste Mittel zur Verbesserung der Rasse ist, neben der gewaltsamen Ausschließung der allergefährlichsten Minusvarianten von der Fortpflanzung, die Geburtenbeschränkung auf den unteren Stufen der sozialen Leiter. EAST meint, zur Verwirklichung dieser Forderung sei nichts anderes nötig als Aufklärung, Unterweisung über unschädliche Mittel zur Kleinhaltung der Familie, wie sie in Holland seit längerer Zeit als volkswohlfahrtliche Maßnahmen von Staats wegen gelehrt werden. Denn sehr dumme Menschen seien noch klug genug jedes Mittel zu ergreifen, das ihre materielle Lage zu verbessern geeignet ist. Geburtenbeschränkung gerade in diesen Schichten würde die Wohlfahrt zahlloser Familien heben, würde unendliches Leid verhüten — dieser soziale Aspekt des Problems, als die Sorge der Lebenden für die Mitlebenden, steht für EAST sogar im Vordergrund, und er

behandelt ihn mit größtem Nachdruck und mit sympathischer Wärme — aber sie würde zugleich den Durchschnittswert der Rasse verbessern.

Die Tatsache, daß die Beteiligung an der Fortpflanzung im allgemeinen um so geringer ist, je größer der ökonomische Erfolg im Leben und je höher die Bildung, daß gerade die Begabtesten ihr Erbgut oft gar nicht weitergeben, ist oft schon mit Sorge hervorgehoben worden. Aber die experimentelle Vererbungs-forschung weiß einen Trost dafür. Hohe Begabung scheint durch Kombination und Häufung günstiger Anlagen verursacht zu sein, und in den „soliden Reihen des gemeinen Volkes“ sind die Elemente für solche Qualitätskombinationen wohl noch immer vorhanden. Die enge Rassendogmatik der Gobineaujünger lehnt EAST mit kurzer Begründung scharf ab.

EAST übersieht nicht die Schwierigkeiten, die der Verwirklichung der MALTHUSSchen Forderung entgegenstehen: Das Rufen expansionistischer Tendenzen nach auswandernden Pionieren und nach Soldaten, das Verlangen engherziger Kapitalisten nach billiger Arbeitskraft, das Anathema der katholischen Kirche usw., aber er sieht in einer Geburtenbeschränkung, die bei Zeiten einsetzt, noch bevor der Bevölkerungsdruck auf der ganzen Erde unerträglich geworden ist, noch bevor eine riesige Geburtenzahl durch eine ebenso riesige Sterblichkeit wettgemacht wird, den einzigen Ausweg: Die Menschheit steht heute, wenn sie mit EASTS Augen sehen will, mit schenden Augen am Scheideweg.

Von der Fülle des statistischen Materials wie der geistvollen Verknüpfungen kann ein kurzes Referat keinen Begriff geben; Biologen seien besonders noch auf das Kapitel „Die Rolle des Todes im Drama des Lebens“ hingewiesen. Geschrieben ist das Buch in einem glänzenden Essaystil, der lieber beim Feuilleton eine Anleihe macht als bei der Pedanterie der Gelehrsamkeit. Die Übersetzung ist größtenteils sehr gut. Nicht bloß jeder Biologe und Mediziner, jeder Volkswirtschaftler und denkende Landwirt, sondern jeder Gebildete wird das Buch mit Spannung und Gewinn lesen.

O. RENNER, Jena.

BĚLAŘ, KARL, Der Formwechsel der Protistenkerne.

Eine vergleichend-morphologische Studie. Jena: Gustav Fischer 1926. 420 S., 203 Abbild. und 3 Tabellen. Sonderabdruck aus Ergebnisse und Fortschritte der Zoologie. 16 × 23 cm. Preis RM 22.—.

Gründliches Studium der Arbeit zeigt immer wieder von neuem, wie sehr der Verf. für seine Aufgabe befähigt ist. Neben ausgebreitetem durch eigene Beobachtungen vertieftem Wissen verfügt BĚLAŘ über eine scharfe, unbeirrbar, ja mitleidslose Kritik, welche jedoch nie in Skepsis ausartet. Ist eine Theorie einmal durch eine Anzahl zuverlässiger, zusammenstimmender Beobachtungen gesichert, so hält er an ihr fest, auch wenn neue Tatsachen bekannt werden, die ihr zu widersprechen scheinen. Das ist nicht dogmatischer Starrsinn, sondern kritische Umsicht und sinngemäße Ergänzung der induktiven Methode durch die deduktive. Über der Analyse vergißt er nie die ebenso notwendige Synthese.

Außer den Protozoen hat BĚLAŘ auch die Mehrzahl der pflanzlichen Protisten in den Kreis seiner Betrachtungen gezogen und nur die Bakterien und Cyanophyceen mit Recht beiseite gelassen. Denn wirkliche Kerne sind bei diesen beiden Gruppen noch nie mit Sicherheit nachgewiesen.

Der Kern besteht nach BĚLAŘ aus nur drei wesentlichen Substanzen: *Chromatin*, *Nucleolaresubstanz* (Pla-

Die überwiegende Mehrzahl der Protistenkerne teilt sich karyokinetisch. Zum *eumitotischen* Typus gehören alle Kerne mit Ausbildung von Chromosomen in distinkter Zahl, Zweiteilung und Trennung dieser auf einem Stadium weitgehender Oberflächenverkleinerung und bipolaren parallel faserigen Spindeln. Die *paramitotischen* Typen zerfallen in scharf abgegrenzte Untergruppen, die sich aber alle an den eumitotischen anreihen lassen. Zum *kryptomitotischen* Typ werden alle Kernteilungen mit Ausbildung des achromatischen Apparates aber ohne optisch isolierbare Chromosomen gerechnet. *Amitose* kommt nur bei den Macromelei der Ciliaten vor.

Die *Reduktionsteilungen* der Protisten lassen sich noch nicht in ein befriedigendes allgemeines Schema bringen.

Die Kernveränderungen während der *Ontogenese* der Protisten ähneln oft dem Eiwachstum der Metazoen. Die Umbildung der Mikro- in Makronuclei bei den Ciliaten besteht in Volumzunahme und Auflockerung, manchmal auch in Verschmelzung mehrerer Placenten. Die Entstehung von Mikro- aus Makronucleis er-

Der Kernplasmarelation legt BELAR keine große Bedeutung bei, weil erstens eine exakte zahlenmäßige Erfassung der Volumina von Kern und Plasma nicht möglich ist, und zweitens das gesammelte Tatsachenmaterial zur Zeit noch undeutbar ist.

material zur Zeit noch undeutbar ist. Obgleich alle Kriterien für die echte Chromosomen-natur eines Kernbestandteiles nur bei wenigen Protisten-chromosomen sicher festzustellen sind, glaubt BĚLAŠ sie doch alle als echte denen der Heteroplastiden gleichwertige Chromosomen auffassen zu dürfen, falls sie nur einer der Anforderungen genügen. Für das wichtigste Kriterium scheint er die Längsteilung zu halten. Wenigstens bemüht er sich mit großem Geschick, alle Fälle von Querteilung als „verkappte“ Längsteilungen zu enthüllen. In diesem Streben nach Vereinheitlichung geht der sonst so kritische Verf. wohl zu weit. Eingestandenermaßen steht er stark unter dem suggestiven Einfluß der berühmten Vererbungsexperimente MORGANS und seiner Schüler, deren theoretische Auswertung allerdings Längsteilung fordert. Die größere Weite der Auffassung WEISSMANN'S wurde der Mannigfaltigkeit

Größenunterschiede der Chromosomen sind bei Protisten erst in wenigen Fällen, Geschlechtschromosomen nirgends nachgewiesen.

Zum Schluß definiert Verf. den Kern noch einmal als „vom Cytoplasma abgegrenzten Bezirk, in dem bei seiner Teilung Chromosomen auftreten“. Er bildet mit dem Centrosom eine „taktische Einheit, die sich morphologisch fast mit HARTMANN'S Begriff der ‚Energide‘ deckt“. Diesen will Verf. als Provisorium beibehalten. Von den 4 Typen der monoenergidigen Kerne findet er jedoch nur den dritten (beide Komponenten im Außenkern) und vierten (mit extranucleärem Centrosom) bei den Protisten realisiert. Die meroenergidigen Kerne sind wohl sicher keine Kerne. Dagegen bilden die polyenergidigen den stärksten Punkt der HARTMANN'Schen Lehre, in dem sie gestatten, die multiple Kernteilung auf einfache sukzessive Zweiteilung zurückzuführen. Die *Chromidienlehre* in ihren verschiedenen Ausprägungen wird als von der Forschung überholt abgelehnt.

Nicht übergehen darf der Ref. die ungewöhnlich reiche Ausstattung mit Abbildungen. Jeder Protistolog wird dem Verf. für die große Mühe bei der Herbeischaffung des reichen weit verstreuten Materials und dem Verleger für die ausgezeichnete Wiedergabe dankbarste Anerkennung nicht versagen. Als einzigartig für eine zusammenfassende Arbeit muß noch hervorgehoben werden, daß nicht weniger als 43 Abbildungen unveröffentlichte Originale des Verf. sind. Als ein großer Vorzug des Werkes ist endlich zu erwähnen,

daß Verf., soweit es ihm möglich war, bei allen Abbildungen die Technik der ihnen zugrunde liegenden Präparate angegeben hat.

J. GROSS, Neapel.

HARMS, JÜRGEN W., Individualzyklen als Grundlage für die Erforschung des biologischen Geschehens. Schriften der Königsberger gelehrten Gesellschaft, Naturwissenschaftliche Klasse, Jg. 1, H. 1. Berlin: Deutsche Verlagsgesellschaft für Politik und Geschichte m. b. H. 1924.

Jeder Biologe wird, wenn er einen gewissen Überblick über die in seiner Wissenschaft erzielten Fortschritte der Forschung bekommen und selbst zum Fortschritt der Erkenntnis beigetragen hat, sich eines Tages vor die unabweisbare Notwendigkeit gestellt sehen, sich mit den großen Theorien auseinanderzusetzen, die sich mit der Gestaltung des Lebenden beschäftigen, und er wird sich unter Heranziehung der bekannten Tatsachen ein Weltbild formen, das naturgemäß in einem Licht erscheinen muß, das durch eigene Arbeiten ein gewisses subjektives Kolorit erhält.

In der vorliegenden Schrift entrollt nun der Königsberger Zoologe — für jeden gebildeten Laien verständlich — dieses sein Bild, indem er die interessantesten Ergebnisse der neueren Biologie, wie zu einer blumigen Girlande vereint, dem Gesamteindruck dienen läßt. Bei HARMS kann es nicht anders sein, als daß er der inneren Sekretion eine besonders wichtige Rolle im Gestaltungsgeschehen zuschreibt. Harmenzyme und Harmozone nennt er die wirksamen Stoffe, die, ohne Energiespender zu sein, den Ablauf der Lebensprozesse beziehungsweise der Formbildung beherrschen. Den SPEMANNschen Organisator sieht er als Quelle solcher formerzeugender Stoffe an. Die Gene sind für ihn Organellen, die Harmozone produzieren. Ja, er spricht sogar die Hoffnung aus, daß es gelingen möge, diese Stoffe zu isolieren, wie man etwa die wirksame Substanz der Schilddrüsen darstellen kann, die die Metamorphose zu willkürlicher Zeit zu erzwingen gestattet.

Solche determinierenden Stoffe kommen in der Tierreihe in verschiedener Weise zur Geltung. Es gibt streng determinierte Tiere, die in der ausgeprägtesten Form Konstanz der Zellenzahl besitzen. Es gibt Regulationstiere, die in weitestgehendem Maße Verlorengegangenes wieder ersetzen können, und die natürlich die Möglichkeiten neuer Artbildung in sich schließen. Es gibt schließlich eine in der Mitte stehende Tiergruppe, bei der eine bescheidene Regulationsmöglichkeit wohl vorhanden ist, die aber zum mindesten in einzelnen Organsystemen (z. B. dem Nervensystem beim Menschen) ihre Grenze hat. Im Anschluß an diese Gedanken wird der Versuch der systematischen Einteilung der Tierwelt auf dieser Grundlage gemacht.

Die weitere Verfolgung des Determinationsgedankens führt HARMS zu einem ähnlichen Schluß, wie ihn der Referent schon ausgesprochen hat, nämlich daß völlige Determination zum Tode führen muß. Nur durch dauerndes Intätigkeithalten des Regulationsprozesses kann das Altern verhindert werden. Ob wir daraus praktische Folgerungen ziehen können?

Das ganze Schiff segelt unter der Flagge: „Individualzyklen“. Das soll zum Ausdruck bringen, daß wir bei der Betrachtung eines organischen Wesens eben alle Erscheinungsformen vom befruchteten Ei bis zur Leiche nach dem physiologischen Tode und die Vorgänge in dieser Spanne betrachten und werten sollen. Damit hat HARMS durchaus recht. Es ist aber nicht recht, wenn er der heutigen Morphologie vorwirft, daß sie beim ausgebildeten Individuum auf der Höhe seiner Ausbildung halt macht. Mein Lehrer C. RABL pflegte z. B. stets zu betonen, daß die Ent-

wicklung bis zum Tode ginge, und nur aus äußeren Gründen wird in der Entwicklungsgeschichte der aufsteigende Ast des Individualzyklus betont und der absteigende in anderen Disziplinen abgehandelt.

Im ganzen genommen vermittelt die sehr lesenswerte Schrift eine Fülle von Anschauungen und Anregungen in angenehmer, leicht lesbarer Form.

L. GRÄPER, Jena.

KROGH, AUGUST, Physiological Papers. Kopenhagen: Levin & Munksgaard Publishers 1926. XVI, 375 S. 18 × 26 cm.

Zu Ehren des fünfzigsten Geburtstages des hervorragenden Kopenhagener Physiologen und aus Anlaß der Einweihung seines neuen, von der Rockefeller Foundation gestifteten Instituts, ist von seinen Schülern eine Festschrift erschienen mit einer stattlichen Anzahl bemerkenswerter Arbeiten, größtenteils solchen, welche dem Geiste der Werkstätte des Jubilars nahestehen. EBBECKE bringt eine Studie über den Elektrotonus, welche ganz neue Aufschlüsse über dieses Fundamentalphänomen der allgemeinen Elektrophysiologie bringt, insbesondere die bisherigen elektrototonischen Erregbarkeitsänderungen auf elektrototonische Reizänderungen zurückzuführen gestattet. GAARDE erweitert die KROGHsche Mikrorespirationsmethode für die Bestimmung von Kohlensäure in kleinen Mengen von Seewasser. HAGEDORN, dem wir die ausgezeichnete Mikromethode zur Bestimmung des Blutzuckers verdanken, benutzt diese zu einer gründlichen Studie über die Regulation des Blutzuckers. LILJESTRAND und SAHLSTEDT untersuchen an dem durch ZUNTZ klassisch gewordenen Objekt der Froschlunge in peinlich genauer Weise die Faktoren, welche Einfluß auf die Gasdiffusion haben und finden Tatsachen, welche geeignet sind, auf neue Weise die Lehre von KROGH über den Austausch in den Lungen zu stützen. So recht in ein neuestes Arbeitsgebiet von KROGH, das Gebiet der experimentellen und mathematischen Aufbaulehre der Muskelstruktur, führt die Arbeit von LINDHARD über die Struktur einiger Muskeln des Frosches. Sehr eng an KROGHs Arbeitsgebiet schließt sich auch die Untersuchung von WEISS an, der einen Vergleich der KROGH-LINDHARDSchen Methode der Minutenvolumenbestimmung mit der Blutgasanalyse anstellt und zeigt, daß die mit diesen beiden Methoden gewonnenen Werte innerhalb der Fehlergrenzen beider Methoden Übereinstimmung zeigen. Schließlich sei noch der schönen Arbeit von VIMTRUP über die Malpighischen Körperchen der menschlichen Niere gedacht, welcher zeigen konnte, daß entgegen den bisherigen Anschauungen die Malpighischen Körperchen einen gelappten Bau haben, wodurch die Oberfläche eines Glomerulus viele Male größer wird, als wenn es sich nach der alten Auffassung um eine einfache Kugelfläche mit einigen Einschnitten handle. Die Annahme freilich, daß dieser Bau zugunsten einer einfachen Filtration spräche, braucht nicht zutreffend zu sein; der gleiche Bau würde auch der Sekretion förderlich sein. LEON ASHER, Bern.

v. BUDDENBROCK, W., **Grundriß der vergleichenden Physiologie. II: Atmung, Effektoren.** Berlin: Gebr. Bornträger 1926. S. 277—523, 3 Tafeln und 96 Textabbildungen. Preis RM 17.25.

Während der erste, hier bereits besprochene Teil des „Grundriß“ Sinnesorgane und Nervensystem behandelte, bringt der hier vorliegende zweite anschließend die Physiologie der Erfolgsorgane; doch stellt er ihr, gleichsam als Exkurs, einen kurzen Abschnitt über den allgemeinen Stoffwechsel und einen ausführlicheren über die Physiologie der Atmung voran, während die übrigen speziellen Stoffwechselkapitel einer späteren

Lieferung vorbehalten bleiben. Nach kurzer Erörterung der Zellatmung wird die äußere Atmung als reiner Diffusionsvorgang dargestellt und ihre Abhängigkeit von der Temperatur, dem Sauerstoffdruck, der Körperarbeit, dem Lebenszyklus u. a. besprochen. Anschließend erörtert Verf. vergleichsweise die Bedeutung der oxydativen und anoxydativen Spaltungsvorgänge, der symbiontischen Algen, der respiratorischen Farbstoffe und bespricht endlich die Atemmechanik der einzelnen Tiergruppen. Den Beschluß macht die Beeinflussung der Atmung durch das Nervensystem und periphere Reize. Unter dem Obertitel Physiologie der Erfolgsorgane beginnt Verf. mit der Wärmeregulation, dem Winterschlaf usw. Es folgt die Physiologie des Farbwechsels (24 SS.), dann die vgl. Muskelphysiologie, wo der funktionelle Gegensatz zwischen Bewegung und Sperrung die Darstellung beherrscht, und auch dem Stoff- und Energiewechsel des Muskels (MEYERHOF), ein Abschnitt gewidmet ist. Bei der Besprechung der Geißel- und Cilienbewegung schreibt Verf. dem peripheren Hüllplasma („Kinoplasma“) dieser Organellen allein die Contractilität zu. Die Protoplasma-bewegung ist ebenfalls ganz kurz besprochen. Bei Erörterung der Lichtproduktion begrüßt Verf. die Bakterientheorie lebhaft, verhält sich aber gegenüber ihrer Verallgemeinerung insbesondere auf die Formen, deren Leuchten bestimmt als reflektorische Reizbeantwortung gelten darf, zurückhaltend. Die elektrischen Organe sind als Konzentrationsketten aufzufassen. Die Physiologie der Drüsen (unter Ausschluß der Blutdrüsen, die der dritten Lieferung vorbehalten bleiben) macht den Beschluß. Sehr begrüßenswert ist das Literaturverzeichnis, das auch für die erste Lieferung nachgetragen ist. Es läßt sich von der zweiten Lieferung dasselbe sagen, wie von der ersten: Für den jungen Studenten ist die Darstellung wohl zu hoch; umgekehrt mag der Spezialist in einem Kapitel, wo er selbst wirklich zu Hause ist, dies und das zu bemängeln haben. Wer aber im Stadium des „Fortgeschrittenen“ sich über eines der zahlreichen physiologischen Kapitel zu unterrichten wünscht, mit denen er nicht durch eingehende eigene Arbeit vertraut ist — und wie oft sind wir nicht fast alle in dieser Lage — der wird voll auf seine Rechnung kommen. Und es bedeutet wirklich eine Erholung nach allen den lose aus hunderterlei Artikeln zusammengestückten Handbüchern, einem und demselben Autor auf seinem Wege durch das Gesamtgebiet zu folgen.

O. KOEHLER, Königsberg.

HILL, A. V., **Muscular Activity**. John Hopkins University, School of Medicine, Lectures on the Herter Foundation, sixteenth course, 1924. Baltimore: The Williams & Wilkins Co. 1926. 115 S. und 47 Abbild. 15 × 22 cm. Preis 2,75 Dollar.

Die von Professor A. V. HILL London, im Oktober 1924 an der John Hopkins-Universität in Baltimore gehaltenen Herter-Vorträge über die Physiologie der Muskeltätigkeit bieten eine neue, sehr reichhaltige Zusammenstellung der wissenschaftlichen Fortschritte auf diesem Gebiet, welche besonders dank der Arbeit A. V. HILLS selbst und seiner Schüler noch immer sehr rege sind. Daß die neuen Ergebnisse zum großen Teil durch eine immer weiter verfeinerte Methodik, vor allem in der Messung und Analyse der Kontraktionswärme, erhalten sind, wird auch durch zahlreiche Abbildungen von Kurven und schematischen Versuchsanordnungen und Apparaturen belegt. In 4 Vorlesungen wird die Dynamik der Muskeltätigkeit, die Wärmeproduktion im Muskel, die chemischen Umsetzungen, die die Muskeltätigkeit begleiten und der

Erholungsvorgang nach der Arbeit des menschlichen Körpers behandelt. Die ersten beiden Vorlesungen enthalten viele neue Resultate von großer theoretischer Wichtigkeit, besonders bezüglich des Wärme- und Spannungsverlaufes im Muskel bei freier Verkürzung. Im letzten Kapitel kommt die englische Sportsgeinnung zu ihrem Recht. Die verschiedenen Formen von Muskelanstrengungen, besonders im Wettlaufen, sind hinsichtlich des Ermüdungsvorganges (Anhäufung der Milchsäure) und des Erholungsprozesses (oxydative Beseitigung der Milchsäure) im einzelnen analysiert. Jeder an diesem Gegenstand Interessierte und auch der auf dem Gebiete selbst tätige Fachmann wird es dankbar begrüßen, daß hier die schon sehr ausgedehnte und zerstreute Literatur in anregender Weise zusammengefaßt ist.

O. MEYERHOF, Berlin-Dahlem.

KATO, GENICHI, **The further studies on decrementless conduction**. (Weitere Studien über die dekrementlose Erregungsleitung.) Tokyo: Nankōdō 1926. 163 S. 15 × 22 cm.

Im Jahre 1924 machte GENICHI KATO in einer schönen Monographie in englischer Sprache die von ihm und seinen Schülern bis da nur japanisch erschienenen Untersuchungen „Über die dekrementlose Erregungsleitung im Nerven“ bekannt, worin der Verf. auf Grund von zahlreichen, nach verschiedenen Richtungen ausgebauten Versuchen zu der Aussprache kam, daß im Gegensatz zu der allgemein akzeptierten Ansicht auch im narkotisierten Nerven die Erregungsleitung dekrementlos geschieht. Die jetzt vorliegende Monographie ist eine direkte Fortsetzung der 1924 bekanntgegebenen, eine nähere Präzisierung und ein Ausbau der dort gegebenen Versuche, Befunde und Theorie.

Für den normalen markhaltigen Nerven gilt, wie wir durch die Arbeiten von KEITH LUCAS, ADRIAN und der VERWORNschen Schule wissen, das „Alles oder Nichts-Gesetz“, nach dem eine Erregung, falls eine solche in einer Nervenfasern durch einen beliebigen Reiz entsteht, maximal ist. Eine Grädierung in der Intensität der Erregung in der individuellen Nervenfasern gibt es somit nicht. Was bei verschiedenen starken Reizen variiert, ist nur die Anzahl der im Nerven erregten Fasern. Hierauf beruht die Grädierung der Muskelkontraktionen am Nervmuskelpreparate bei verschiedenen starken Nervenreizen; sind alle Nervenfasern im Nerven erregt, dann ist eine weitere Steigerung des Effektes am Muskel durch Verstärkung des Nervenreizes nicht mehr möglich. Die vom Reiz im Nerven gesetzte Erregung wird ungeschwächt, ohne Dekrement, über die ganze Länge des Nerven in den Nervenfasern fortgeleitet. Ganz anders lägen aber die Verhältnisse nach den genannten Untersuchern beim narkotisierten Nerven. Unter diesen Umständen trafe das Alles- oder Nichts-Gesetz nicht mehr zu; in der narkotisierten Nervenstrecke fände die Erregungsleitung mit Dekrement statt. Wie gesagt, war diese Ansicht allgemein akzeptiert, bis KATO in seiner ersten Monographie nachwies, daß diese Anschauung nicht richtig ist.

Der japanische Physiologe hat das Glück in seinem Vaterlande eine einheimische Riesenkrotze zur Verfügung zu haben, *Bufo vulgaris japonicus*; diese bis zu 350 g wiegenden Tiere liefern Nervmuskelpreparate mit bis über 10 cm Ischiadicuslänge. Es war KATO dadurch möglich die Länge der narkotisierten Nervenstrecken auf mehrere Zentimeter, ja bis zu 8 cm, auszudehnen und damit zu zeigen, daß die Resultate der europäischen Physiologen, obwohl an sich richtig, dennoch zu irrigen Schlußfolgerungen geführt hatten. Eine der Grundtatsachen aus KATOs Versuchen ist, daß die Länge der Narkosestrecke am Nerven, wenn diese größer als 6 mm

genommen wird, ohne Einfluß ist auf die Zeit, benötigt um die Erregungsleitung aufzuheben; wenn eine Erregung ein Stück eines narkotisierten Nerven von 7 mm durchsetzt, so kann dieselbe Erregung ebensogut ein gerade so tief narkotisiertes Nervenstück von 100 mm überschreiten. Es ist die Distanz von 6 mm was KATO die „Limit-length“ genannt hat und vielleicht am besten mit „kritische Strecke“ zu übersetzen. Bei den Froschversuchen der früheren Untersucher wurde das Vorhandensein dieser kritischen Strecke nicht berücksichtigt und die meisten Versuche mit Narkosestrecken vorgenommen, die kürzer waren als diese kritische Strecke. Auf Grund dieses Ergebnisses, nach dem oberhalb der kritischen Strecke die Länge des narkotisierten Nervenstückes ohne Einfluß auf die Auslöschungszeit der Erregungsleitung ist, kam KATO zu der Theorie, daß nicht nur für den normalen Nerven, sondern auch für den narkotisierten Nerven das Alles- oder Nichts-Gesetz der dekrementlosen Erregungsleitung gilt. Die Erregungsintensität erleidet zwar in der Narkosestrecke eine Erniedrigung, die mit allmählicher Vertiefung der Narkose zunimmt um schließlich bei einer gewissen Narkosetiefe zu erlöschen, wenn aber die Erregung im narkotisierten Nervenstücke noch nicht ganz erloschen ist, findet die Fortleitung dieser abgeschwächten Erregung dekrementlos statt und ist die Größe der Erregung auch dann unabhängig von der Reizstärke.

Nicht nur die zu kurze Narkosestrecke der früheren Untersucher an sich, sondern noch ein anderer Umstand gab dabei zu den Fehlschlüssen Veranlassung, wie KATO ausführlich dargetan hat. Durch die zu kurze Narkosestrecke kann ein zentral davon am Nerven applizierter elektrischer Reiz, wenn er stark genug ist, durch seine Stromschleifen, mehr peripher gelegene, nicht oder weniger narkotisierte Nervenabschnitte erreichen und so irreführen. Die Ausbreitung der Stromschleifen bei elektrischer Reizung und damit die Verlegung des tatsächlichen Reizortes ist tatsächlich, wie in den beiden Monographien ausführlich und überzeugend dargelegt wird, unerwartet weit. Bei weit supermaximaler Reizstärke bis zu 30 mm! KATO zeigt das durch Bestimmung der Latenzzeiten der Muskelzuckungen des Nerv-muskelpräparates bei elektrischen bzw. mechanischen Reizungen an denselben Nervenstellen. Bei gerade supermaximaler Reizung hat man praktisch nicht mit Stromschleifen zu rechnen.

Die Geschwindigkeit der Erregungsleitung im markhaltigen Nerven der japanischen Riesenkröte wurde mit mechanischer Nervenreizung auf folgende Werte festgestellt: bei 15° C auf 23 m/Sek., bei 14° C auf etwa 20 m/Sek., bei 13° C auf 16,5 m/Sek. und bei 12° C auf 14,5 m/Sek. Durch Narkose wird diese Leitungsgeschwindigkeit zwar herabgesetzt, erleidet aber kein Dekrement, was daraus hervorgeht, daß die Geschwindigkeitsherabsetzung in einem beliebigen Stadium der Narkose unabhängig von der Länge der Narkosestrecke ist. Die alte Streitfrage (GRÜNHAGEN) ob Erregbarkeit und Leistungsvermögen im Nerven getrennte Eigenschaften sind, wird durch die Untersuchungen KATOs dahin entschieden, daß unter geeigneten Versuchsbedingungen die Erregbarkeit und die Erregungsleitung immer genau zur selben Zeit erlöschen; eine solche Trennung ist somit nicht gestattet.

Es gilt diese Theorie der dekrementlosen Erregungsleitung, wie in dieser zweiten Monographie dargelegt wird, nicht nur für den normalen und narkotisierten markhaltigen Nerven des Kaltblüters, sondern auch für prä- und postganglionäre sympathische und parasympathische Nervenfasern des Warm- und Kaltblüters. Experimentiert wurde für präganglionäre Fasern am

Halssympathicus des Kaninchens mit dem Musculus dilatator pupillae als Indikator, für postganglionäre Fasern an den Hinterpfoten der Kröte mit den Schweißdrüsen im neurogalvanischen Phänomen als Effektoren. Als parasympathische Systeme wurden die hemmenden Vagusfasern für das Kaninchenherz genommen. Auch für den normalen und den narkotisierten quergestreiften Skelettmuskel und den Herzmuskel gilt das Alles- oder Nichts-Gesetz. Am suspendierten Schildkrötenherzen wurde scheinbar eine Abweichung dieses Gesetzes aufgefunden, die aber auf die in der Narkose herabgesetzte Geschwindigkeit der Erregungsleitung in den Herzmuskelzellen zurückgeführt werden konnte, um so mehr so, als bei Benützung einer anderen Methodik, die im wesentlichen auf Volumschreibung der Herzkontraktionen hinauskommt, Resultate erzielt wurden, die in voller Übereinstimmung mit dem Grundgesetz sich zeigten.

Es sind mit diesen kurzen Angaben nur die Hauptpunkte des Inhaltes der beiden Monographien angegeben; auf Details kann an dieser Stelle natürlich nicht eingegangen werden. Es genügt wenn aus diesem Referate hervorgeht, daß diese 2 Monographien, die zusammen ein Ganzes bilden, einige der Grundfragen der allgemeinen Nerven- und Muskelphysiologie behandeln und darauf ein unerwartet neues Licht werfen. Jedem, der an diesem Stoff Interesse hat, sei daher das eingehende Studium dieser Veröffentlichungen dringend empfohlen.

DUSSER DE BARENNE, Utrecht.
HOFMANN, FRANZ BRUNO, *Die Lehre vom Raumsinn des Auges. 2. Teil.* Berlin: Julius Springer 1925. S. 215–667 und 77 Textfiguren. 16 × 24 cm. Preis geh. RM 24.—.

Dem ersten Teile von HOFMANN'S *Lehre vom Raumsinn des Auges* (besprochen vom Ref., diese Zeitschrift Jg. 9, S. 37, 1921) ist jetzt der wesentlich größere zweite Teil gefolgt. Über die prinzipielle Stellung dieses Werkes und des Autors versuchte das soeben genannte Referat zu orientieren.

Die erste Abteilung des zweiten Teiles behandelt die Netzhautkorrespondenz. Durch EWALD HERING haben die in der Netzhautkorrespondenz enthaltenen Probleme ihre heute noch gültige Formulierung erhalten und in dieser Formulierung sind sie recht eigentlich das wesentliche Fundament für das Verständnis des binokularen Sehaktes und des Raumsinnes des Auges geworden. In seiner bekannten didaktisch klaren Weise gibt HOFMANN eine erschöpfende Darstellung der Netzhautkorrespondenz, und einige treffliche schematischen Zeichnungen tragen außerordentlich viel zum Verständnis bei. In dem nachfolgenden großen Abschnitt über die Augenbewegungen bot sich dem Autor die Gelegenheit, neben dem vielen schon in den vorausgegangenen größeren Handbüchern niedergelegten Sachverhalten und Lehren, ein ungemein reiches Material neuer Erfahrungen, an deren Gewinnung die anatomische, physiologische und klinische Erforschung der Augenbewegungen und ihrer Innervation ihren Anteil hat, kritisch zu bearbeiten. Es ist das auch in der Art geschehen, welche überall den durch eigene zahlreiche, experimentelle Forschungen berufenen Fachmann erkennen läßt. Die beiden nachfolgenden Abschnitte Richtungs- und Tiefenlokalisation befassen sich mit besonders schwierigen Fragen und verlangen zu ihrer richtigen Darstellung die Beherrschung sowohl der experimentell-physiologischen wie experimentell-psychologischen Probleme. HOFMANN verfügt, wie diese beiden Abschnitte lehren, über beides und versteht in sehr ansprechender Weise die neueren Ausgestaltungen in der Lehre von der Tiefenlokalisation mit den alten

bewährten Lehren harmonisch zu verbinden. In den beiden letzten Abschnitten Bewegungssehen und Gestalttheorie und der optische Raumsinn im Verband des Gesamtorganismus bewegen wir uns überwiegend in einem Gebiete, wo sehr viel Neugeschaffenes vorliegt und wo die Berührungspunkte zwischen Sinnesphysiologie und Psychologie besonders innig sind. HOFMANN'S Darstellung wird den hierdurch gestellten Anforderungen in jeder Beziehung gerecht und er versteht das manchmal spröde Material in einer jeder Zeit Interesse erweckender Weise wiederzugeben. Ein besonderes Verdienst hat sich der Autor durch die ungemein reichhaltige Literatur erworben. Das jetzt abgeschlossene Werk wird allen denen, die ein Interesse an der Lehre vom Raumsinn des Auges mit ihren Ausblicken nach der psychologischen und klinischen Seite nehmen, ein nicht zu entbehrender Helfer sein.

LEON ASHER, Bern.

NORDENSKIÖLD, E., Die Geschichte der Biologie. (deutsch von G. SCHNEIDER). Jena: G. Fischer 1926. VII, 648 S. 16 × 23 cm. Preis geh. RM 25.—, geb. RM 27.—.

Das Thema wird in der Hauptsache in Form zahlreicher, relativ ausführlicher Biographien von Männern, deren Wirken für die Entwicklung der Biologie von Bedeutung war, behandelt. Dabei mögen die „überpersönlichen“ Zusammenhänge vielleicht etwas zu kurz gekommen sein; doch wird dieser Mangel (wenn er diese Bezeichnung überhaupt verdient) dadurch wettgemacht, daß die (geschichtlichen) Beziehungen der Biologie zu andern Wissenschaften, also der Einfluß von Nichtbiologen auf die Entwicklung der Biologie, weitgehend berücksichtigt wird. Wer sich für die Geschichte der Biologie überhaupt interessiert, wird das Buch nicht ohne Gewinn aus der Hand legen; schon allein dank der Ausführlichkeit, mit der das biographische Material dargestellt ist. Ref. möchte nur bedauern, daß eine der Darstellungsweise angemessene Illustrierung des Werkes unterblieben ist.

KARL BĚLAŠ, Berlin-Dahlem.

JOEL, ERNST, Das kolloide Gold in Biologie und Medizin. Kolloidforschung in Einzeldarstellungen, herausgegeben von R. ZSIGMONDY. 2. Band. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. 1925. 115 S. 14 × 22 cm. Preis geh. RM 6.—, geb. RM 7.50.

Durch die Entdeckung von LANGE (1912), daß die Rückenmarksflüssigkeit (Liquor cerebrospinalis) Syphilitischer eine empfindliche und charakteristische Reaktion mit kolloidem Gold gibt, hat die Frage der Goldsolreaktionen mit den Eiweißkörpern ein stärkeres praktisches und theoretisches Interesse erhalten. In bezug auf die medizinische Bedeutung der Liquorreaktionen (mit koll. Gold und anderen negativen Solen) existiert eine außerordentlich reiche Fachliteratur, die auch wiederholt zusammenfassend dargestellt worden ist.

Das Buch von JOEL setzt sich das weiter gesteckte Ziel „eine rationelle Theorie der bei Einwirkung von Gold auf Gelatine, Globuline und andere hydrophile Kolloide beobachteten, scheinbar widerspruchsvollen Phänomene“ zu geben. Zu diesem Zwecke wird die Beobachtung von ZSIGMONDY und JOEL in den Mittelpunkt gestellt, daß französische Gelatine nur bei einem bestimmten Dispersitätsgrad, den man durch Verdünnen einer abgekühlten Lösung erhält, das Goldsol flockt, während dieselbe Konzentration der Gelatine im Zustande feinerer Verteilung — bei Herstellung aus der warmen Lösung — nicht flockend, sondern schützend wirkt. Durch die angenommene Verallgemeinerung

dieser Erfahrung für alle Eiweißkörper und durch die Hypothese, daß sich diese „konduktorartig“ mit anwesenden Elektrolyten bedecken, wobei sie den Flockungswert derselben steigern, wird eine theoretische Deutung der Vorgänge bei der Liquorreaktion versucht.

Auf diesem Wege werden jedoch vom Verf. die zahlreichen diesen Hypothesen entgegenstehenden Beobachtungen an reinsten Eiweißkörpern und unsere heute schon weit vorgeschrittenen Kenntnisse von der physikalischen Chemie dieser Proteine und von deren Beziehungen zu Salzen nicht berücksichtigt oder gänzlich mißdeutet. So wird z. B. die Grundtatsache, daß sämtliche Eiweißkörper (bis auf das Glutin) mit hochgereinigten Goldsolen flocken, auf die gleichzeitige Säuerung der Eiweißkörper (durch im Goldsol enthaltene H-Ionen $1 \cdot 10^{-5}$ n) bezogen, während das Fällungsvermögen des Goldsols von seiner Neutralisation ganz unberührt bleibt. Durch inzwischen erschienene anderweitige Arbeiten über die Konstitution reiner Goldsole und über die beliebige Beeinflussbarkeit der Liquorreaktion durch Änderung des p_H sind indessen wichtige Fortschritte in unserer Erkenntnis der Beziehungen von Proteingemischen zu gewissen negativen Kolloiden und eine alle Tatsachen auf diesem Gebiete umschliessende Erklärung angebahnt worden, in welcher auch die bemerkenswerten Beobachtungen von JOEL und ZSIGMONDY ihren Platz finden werden. W. PAULI, Wien.

OPPENHEIMER, C. und L. PINCUSSEN, Tabulae Biologicae. Band II. Berlin: W. Junk 1925. VIII, 567 S., 47 Abbild. und 25 Taf. 18 × 27 cm. Preis RM 55.—.

Der zweite Band des Werkes enthält in bunter Folge rein physikalische, chemische und biologische Abschnitte. Die wesentlichsten darunter betreffen: Thermochemie; Beziehungen der Temperatur zu den Lebensvorgängen; physikalische Chemie und Kinetik der Fermente; Elektrizität und Elektrochemie; Capillarchemie; Photochemie; Röntgenstrahlen und Radioaktivität; Phonetik; Tastsinn, Geruch und Geschmack; Muskel- und Nervenphysiologie; Morphologie und Physiologie des Blutes; Integument; Sekrete; Chemie der Lymphe, des Knochenmarkes, der Lymphdrüsen und Milz; Milch.

Die Fülle der aufgenommenen Formeln und Tabellen ist wieder erstaunlich. Auch ist der vorliegende Band reich illustriert. Dem Abschnitt Nervenphysiologie sind allein 25 Tafeln beigegeben mit instruktiven Abbildungen der für den Physiologen wichtigsten anatomischen und histologischen Verhältnisse des Zentralnervensystems des Menschen und einiger Säugetiere. Daneben finden sich aber auch Schemata des Nervensystems von Wirbellosen (Meduse, Heuschrecke, Flußkrebs). Überhaupt ist hervorzuheben, daß die Bearbeiter der einzelnen Abschnitte sich durchaus nicht auf den kleinen Kreis der gebräuchlichen Versuchstiere der Physiologen beschränken. In dem die Beziehungen der Temperatur zu den Lebensvorgängen behandelnden Kapitel wird z. B. eine reichhaltige Auswahl verschiedenartiger Organismen, von den Bakterien bis zu den Phanerogamen und von der Amöbe bis zum Menschen berücksichtigt. Und ähnlich weit gespannt ist der Rahmen der behandelten Tiere in vielen anderen Teilen des Bandes. Natürlich sind es von den „niederen“ Organismen immer nur wenige, über die irgendwelche Daten mitgeteilt werden können, weil die Literatur, aus denen die Mitarbeiter der „Tabulae“ schöpfen konnten, in vielen Fällen noch versagt. In manchen Abschnitten ist infolgedessen die Aufzählung der bereits bekannten Tatsachen eigentlich hauptsächlich ein Hinweis auf die gewaltigen noch klaffenden Lücken.

Aber auch als solcher kann die Aufzählung des wenigen bereits Bekannten von großem Nutzen sein und zu neuen Forschungen anregen.

Um so mehr muß es auffallen, daß in den Abschnitten Tastsinn, Geruch und Geschmack allein der Mensch berücksichtigt wird. Allerdings handelt es sich hier ja vielfach um Analyse von Empfindungen, die sich in völlig befriedigender Weise natürlich nur beim Menschen vornehmen läßt. Eine Beschränkung auf diesen wäre also von einem streng erkenntniskritischen Standpunkt prinzipiell vielleicht zu rechtfertigen. Da es nun aber einmal eine vergleichende Sinnesphysiologie mit einer nicht unbedeutlichen Literatur gibt, dürfte diese in einem Buche wie die „*Tabulae Biologicae*“ nicht außer acht gelassen werden, selbst wenn der Verfasser der betreffenden Abschnitte ihr nur beschränkten Wert beilegen sollte.

Mit Spannung werden viele Biologen den noch ausstehenden 2 Bänden des Werkes entgegensehen und gleich dem Referenten wünschen, daß sie dem zweiten ebenso schnell folgen wie dieser dem ersten.

J. GROSS, Neapel.

Verhandlungen des Naturhistorischen Vereins der preußischen Rheinlande und Westfalens. 82. Jahrgang. Bonn: Naturhistorischer Verein 1926. XII, 455 S., 1 Bildnistafel, 7 Tafeln und 52 Textabbildungen. Preis RM 9.—.

Der 82. Jahrgang der Verhandlungen legt beredtes Zeugnis dafür ab, wie kräftig trotz der schweren Zeit das wissenschaftliche Leben in den Rheinlanden blüht.

Der stattliche Band ist Prof. WALTER VOIGT zum siebenzigsten Geburtstag gewidmet, dem unermüdlischen Förderer der rheinischen Naturkunde, dem hervorragenden Planarienforscher, dessen Arbeiten klassische Vorbilder für tiergeographische Einzelforschung sind.

Entsprechend der Eigenart des Vereines wird ein großer Teil des Bandes von faunistischen und geologischen das Vereinsgebiet betreffenden Arbeiten eingenommen. Doch enthält er auch nicht wenige Aufsätze, die allgemeineres Interesse beanspruchen dürfen. So behandelt A. BÖRGERT die zum Teil noch kontroversen Vorgänge bei der Mitose von *Ceratium*. H. KRIEG berichtet über Versuche zur Bekämpfung forstschädlicher Insekten vom Flugzeug aus durch Gifte. Der durch seine Arbeiten über das Verhalten von Tieren, die durch Trockenis oder Kälte in Totenstarre verfallen, bekannte Pater G. RAHM erörtert die Frage, ob die Lebensvorgänge solcher Tiere nur herabgesetzt oder ganz unterbrochen sind und entscheidet sich für völligen Stillstand der Lebensfunktionen während des anabiotischen Zustandes. W. J. SCHMIDT teilt eingehende Untersuchungen über das Glanzepithel und die Schillerfarben der Saphirinen mit, jener schönen Krebschen, die an Farbenpracht und -glanz mit Kolibris und tropischen Schmetterlingen wetteifern. Auch die Arbeit von E. TITSCHAK über die Lebensdauer der Kleidermotte dürfte manchen Leser interessieren, ist doch bisher überhaupt sehr wenig Zuverlässiges bekannt über das Lebensalter, das Insekten im Imagozustande erreichen.

J. GROSS, Neapel.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

Am 8. Mai 1926 berichtete der Gesandtschaftsattaché PH. C. VISSER, Stockholm, über seine **Forschungsreise zwischen Hindukusch und Karakorum**, in jenem Nordzipfel von Britisch-Indien, der östlich von Chitral an Chinesisch-Turkestan grenzt.

Mit seiner Frau, einem Freunde, 2 Schweizer Führern, einem indischen Topographen, den die Survey of India zur Verfügung gestellt hatte, und 90 Kulis bereiste er mit Erlaubnis der Britischen Regierung und des Fürsten von Hunsä, dessen Gebiet 30 Jahre lang jedem Fremden verschlossen gewesen war, die nördlich der Hauptkette des westlichen Karakorum gelegenen Gebirge. Es wurden in mehrmonatigen Fußtouren von 2000 km Gesamtlänge 6000 qkm völlig unbekannten Gebietes erforscht und kartiert. Der Vortragende hat ethnologische, zoologische, botanische und geologische Sammlungen angelegt, meteorologische Beobachtungen gemacht und prächtige Hochgebirgsphotographien aufgenommen, die er in Lichtbildern vorführte. Besonderen Wert legte er auf physiologische Beobachtungen, welche den Einfluß des Höhenklimas auf das Zentralnervensystem feststellen sollten. Zu diesem Zweck wurden vor der Reise vergleichende Experimente sowohl am Erdboden wie im Flugzeug in 6000 m Höhe angestellt, die man dann auf der Expedition bei gleicher Höhe im Gebirge wiederholte.

Von Srinagar in Kaschmir fuhr die Expedition auf 4 Schiffen stromabwärts zum Indus und erreichte den Ort Gilgit, wo der ostwärts fließende Gilgitfluß sich mit dem von Norden kommenden Hunsä vereinigt.

Der Ort Hunsä liegt in 1600 m Höhe in wunderbarer Lage mit prächtigem Ausblick auf einen gewaltigen, eisgepanzten, 7500 m hohen Hauptgipfel des Karakorum. Der Hunsäfluß durchbricht das Gebirge in einer 2000–3000 m tiefen steilwandigen Schlucht. Nicht der Himalaja, der von den meisten großen

Strömen Indiens durchquert wird, ist die Hauptwasserscheide Zentralasiens, sondern der Karakorum, der jedoch hier an seinem westlichsten Ende, wie der Durchbruch des Hunsäflusses zeigt, diese Rolle an jene noch unbekannte Gebirgskette abgeben muß, welche die Grenze zu Chinesisch-Turkestan bildet. Von einem 5500 m hohen Paß dieses Kammes eröffnete sich eine Aussicht in das chinesische Gebiet. Die nördlich der Hauptkette des Karakorum gelegenen linken Seitentäler des Hunsäflusses wurden bis zur chinesischen Grenze erforscht.

Nachdem die Expedition in das nördlichste dieser Täler eingedrungen war, hatte ein durch schnelles Abschmelzen der Gletscher hervorgerufenen Ansteigen des Flusses den Ausgang versperrt, so daß man nun in fünfwöchiger Tour über die trennenden Gebirgsketten und die südlicheren Paralleltäler zurückkehren mußte. In dem südlichsten, dem Schimschatal, entdeckte die Expedition gewaltige Gletscher von 25, 35, 43 und 52 km Länge, die sich von der Nordabdachung der Hauptkette in das Tal hinabzogen. Stellenweise waren sie in 60 m hohe Eiszacken aufgelöst. Der höchste Gipfel erreichte hier 7800 m.

Das Schimschatal ist das längste der Seitentäler, so daß der Vortragende den hier strömenden Fluß als den Quellfluß des Hunsä betrachtet, dessen Ursprung aus einem Gletschertor festgestellt wurde.

Die Größe der Gletscher war überraschend, denn man glaubte allgemein, daß auf der Nordseite des Karakorum die Entstehungsbedingungen für Gletscher ungünstig seien. Den feuchten Südwestwinden stellt sich nämlich erst der Himalaja, dann zwei weitere Gebirgsketten und schließlich der Karakorum selbst entgegen. An den Luvseiten dieser hohen Kämme schlägt sich der Wasserdampf der Luft nieder und bildet so u. a. an den Südhängen des Karakorum jene bekannten lang-

gestreckten Talgletscher, den Hispar-, Biafo-, Baltoro- und Siatschengletscher. Auf der Leeseite hätte man also eigentlich ein trockenes Klima ohne erhebliche Gletschervorkommen erwarten müssen.

Ein Gletschersee, ähnlich dem Märjensee der Schweiz, zeigte Strandlinien, die auf einen zeitweilig um 200 m höheren Wasserstand schließen lassen. In den Tälern entzückte mitunter eine Fülle prächtiger Blumen wenige Meter vor den Enden der Gletscher. Rosensträucher von gewaltigem Umfange trugen viele hundert Blüten.

Später drang die Expedition noch in das rechte Nebental des Hunsflusses vor, das sich an der Nordseite der Hauptkette, die hier fast nirgends niedriger als 7000 m ist, westwärts erstreckt. 20 Tage brachte man auf dem Eise des neu entdeckten Baturagletschers zu, der eine Länge von 60½ km aufwies. Auch hier zeigte sich an den der Sonnenstrahlung exponierten Nordhängen eine üppige Vegetation. Schließlich wurde noch der Hispargletscher am Südhang der Hauptkette besucht.

In dem ganzen Gebiet sind Schnee- und Steinlawinen überaus häufig. Sie traten mehrmals täglich auf, so daß die Expedition sich häufig in großer Gefahr befand und zweimal nur mit knapper Not einer Katastrophe entging. Nachts konnte man bei Steinlawinen das Funksprühen der mit großer Gewalt übereinander stürzenden Steinblöcke beobachten. Entfernungen wurden in der klaren Luft bis zu ihrem zehnfachen Betrage unterschätzt.

Schwierigkeiten machte auch die Verständigung mit den Eingeborenen. Der indische Topograph übersetzte das Englische in Urdu, dann mußte durch andere Dolmetscher das Urdu in Hunsä und dieses endlich in Schimschari übersetzt werden.

In der Fachsitzung am 17. Mai sprach Professor ALFRED RÜHL, Berlin, über den **amerikanischen Wirtschaftsgeist**. Die spezifisch amerikanischen Züge des kapitalistischen Wirtschaftsgeistes bilden aus dem Grunde ein ausgezeichnetes Feld für völkerpsychologische Untersuchungen, weil eine ungeheure Gleichförmigkeit der Lebensführung das ganze große Gebiet der Vereinigten Staaten von Amerika durchzieht. Schon der Aspekt der Städte zeigt den Schematismus. Gleichartig sind die Häuser, deren innere Ausstattung, die Kleidung, das Essen usw. Alles ist mehr oder weniger Massenware, die fertig bezogen wird. Schon BRILLAT-SAVARIN prägte das treffende Wort: „In den Vereinigten Staaten gibt es 40 Religionen, aber nur eine Sauce.“ Die Ähnlichkeit in den Lebensformen offenbart die Homogenität einer ursprünglich inhomogen zusammengefügten Masse. Die eingewanderten Europäer hatten die Absicht, neue Menschen zu werden, aber sie fanden die angelsächsische Kultur vor, der sie sich unter dem Zwange der Konvention fügen mußten. Die Standardisierung der Menschen erreicht einen beispiellosen Grad. Verwischt sind die Unterschiede zwischen ländlicher und städtischer, landwirtschaftlicher und industrieller Auffassung. An dieser Homogenisierung hatte die Schule einen großen Anteil. Die Unterschiede in der Aussprache sind geringer als innerhalb Großbritannien. Ebenso uniform ist die geistige Kost. Die Zeitungen sind wie von derselben Hand geschrieben, die beliebtesten Bücher überall die gleichen.

Früher bestand ein Gegensatz zwischen zwei Wirtschaftsgesinnungen. An der atlantischen Küste herrschte der puritanische Geist. Die Einstellung des Lebens auf Religion, Nüchternheit und Arbeit gab diesem Teil des Volkes die Kraft zur Erschließung des Kontinents. Im Süden machte der fruchtbare Boden,

das subtropische Klima und die Sklavenhaltung das Leben leichter. Hier entwickelte sich jener Typus des Großgrundbesitzers, der nicht selbst arbeitet. Der Sezessionskrieg brachte den Sieg des Wirtschaftsgeistes der Nordstaaten. Allerdings wurde beim Vordringen der Kolonisation nach der Mitte des Kontinents der Puritanismus abgeschwächt. Das Pionierleben in den Prärien zwang zur Einsamkeit. Westlich des Missouri gestattete der Regenmangel zunächst keine weitere Ausbreitung der Kolonisation, bis die Entdeckung des kalifornischen Goldes neue Wirtschaftsmöglichkeiten eröffnete, allerdings auch minderwertigeres Menschenmaterial anzog. So gilt der Westerner als der unkultivierte Mensch mit schlechten Manieren, aber der Grenzergeist ist auch nicht ohne Einwirkung auf den Easterner geblieben.

Der Amerikaner lebt in der Zukunft. Er ist Optimist, der den Erfolg als das Normale ansieht, und tief durchdrungen von der Unübertrefflichkeit der eigenen Kultur. Eine Umfrage bei den amerikanischen Truppen, die den Weltkrieg in Europa mitgemacht hatten, ergab, daß ihnen keine einzige Seite des europäischen Lebens für die Vereinigten Staaten begehrenswert erschien. In den Augen des Amerikaners ist der Fortschritt eine Selbstverständlichkeit. Die Nützlichkeitswerte stehen oben an. Glück und Wohlstand sind identisch. Die Technik, insbesondere die Elektrizität, ist der amerikanische Messias, und die Heroen des Volkes sind die Erfinder. Alles sucht man in Zahlen zu fassen und kommt so zu einer superlativistischen Ausdrucksweise.

Die Wirtschaft erscheint nicht als notwendiges Übel, sondern als der Wert an sich. Der wirklich Tüchtige betätigt sich nur im business, und business-like ist die größte Schmeichelei. Selbst das Landschaftsbild wird daraufhin betrachtet, wie es das Wirtschaftsleben beeinflusst. Der Amerikaner sieht nicht die Getreidefelder, sondern die Ernte, nicht den Wald, sondern das Holz, nicht das Gelände, sondern die Grundstücke, nicht den Wasserfall, sondern die Pferdekraft. In der Arbeit findet er die Erfüllung und Ausfüllung seines Daseins und ist überzeugt, daß dem Fleiß auch der Erfolg blühen muß.

Diese allgemeine Arbeitswütigkeit hat einen großen Einfluß auf die soziale Atmosphäre ausgeübt. Sie bringt eine rasche Abnutzung der Kräfte mit sich, so daß ein Mensch über 40 Jahren schon als verbraucht gilt. Charakteristisch ist, daß die Neurasthenie zuerst von einem amerikanischen Arzte als selbständiges Krankheitsbild beschrieben wurde. Ein scharfes Arbeitstempo durchzieht das ganze Leben und läßt keine Ruhe und Behaglichkeit aufkommen. Aber andererseits begünstigt dieses Hetzen und Jagen, das keine Pausen duldet, auch eine gewisse Flüchtigkeit und Ungründlichkeit. Minutiöse und daher langsame Arbeit ist nicht beliebt. Wer arbeiten kann, muß auch arbeiten. Müßiggang gilt als Versündigung am amerikanischen Ideal, und daher verfällt das Leben eines Rentners der Mißachtung. Früher galt dies auch von Vergnügungen, und die Anschaffung eines Billards im Hause des Präsidenten konnte zu einem politischen Vorstoß ausgenutzt werden.

Neuerdings ist in derartigen Anschauungen eine Milderung eingetreten, aber auch heute noch muß jedes Nichtarbeiten den Charakter einer Erholung von der Arbeit haben. Eine innere Beziehung zum Beruf existiert in der Regel nicht, wodurch ein Wechsel desselben erleichtert wird. Der Mensch gilt als Dollar erzeugender Automat, und der Zahlenfetischismus projiziert alles auf die Dollarebene. Ererbtes Vermögen und rein spekulative Gewinne werden wenig geachtet, weshalb

es auch keine Lotterie gibt. Nicht der Reichtum erfreut den Amerikaner, sondern der Erwerb. Wohlstand ist das Spiegelbild der Tüchtigkeit, und daher imponiert nicht der Besitz, sondern die Eigenschaften des Besitzers. Armut beruht auf einem Fehler der Persönlichkeit, welcher die Kraft zum Erwerb fehlt. Daher gilt der Sozialismus als die Philosophie des Mißerfolges und findet keinen Nährboden in den Vereinigten Staaten.

Immerhin aber hat die moderne Entwicklung der Wirtschaft eine Änderung des ökonomischen Antlitzes und dementsprechend auch des Wirtschaftsgeistes zur Folge gehabt. Man merkt, daß etwas Neues im Werden ist. Alles fruchtbare Land ist fortgegeben, und es findet eine Abwanderung vom Lande in die Städte statt. Im Jahre 1922 sind 2 Millionen Farmer in die Städte übersiedelt, deren Bevölkerung schon 1920 51% sämtlicher Einwohner ausmachte. Die Art und Weise, wie man mit den scheinbar unerschöpflichen Hilfsquellen des Bodens Raubbau trieb, hat sich gerächt. Viele Bergwerke liegen heute still. Die Wälder sind stark dezimiert worden, so daß bereits Holz eingeführt werden muß. In den landwirtschaftlichen Betrieben des Ostens hat man zur künstlichen Düngung, Einführung des Fruchtwechsels und anderen Maßregeln der intensiven Bewirtschaftung übergehen müssen. Der Aufstieg ist heute schwerer als früher, was auch dadurch zum Ausdruck kommt, daß man das steuerfreie Einkommen von 2500 auf 3000 Dollar erhöht hat. Der Erfolg hängt nicht mehr von der Tüchtigkeit ab.

Geändert haben sich auch die Menschen. Insbesondere hat die Einwanderung von Bewohnern Süd- und Osteuropas zugenommen. Der Zuwachs umfaßt vielfach nur arme Hungerleider, die sich auch nicht mehr so leicht wie früher assimilieren. Die Amerikanisation solcher Einwanderer ist eines der wichtigsten Probleme der Gegenwart. Der Prozentsatz der nicht englisch sprechenden Bevölkerung ist schon auf 11% angewachsen. Diese Umwälzung des demographischen Bildes hat zur Beschränkung der Einwanderung geführt.

Auch die gesellschaftlichen Verhältnisse haben eine Umwertung erfahren, indem die Handarbeit nicht mehr so hoch geschätzt wird. Eine neue Wirtschaftsmoral bürgert sich ein. Früher war der Erfolg die einzig entscheidende Instanz. Jetzt, wo die Geschäftsmoral im Sinken begriffen ist, macht sich ein Drang nach moralischer Reinigung geltend. Auch die Schenkungen und Stiftungen der sehr reichen Leute, von denen das ganze kulturelle Leben abhängig ist, werden gegenwärtig skeptisch bewertet. Im Verhältnis des Unternehmers zum Arbeiter hat sich eine durchgreifende Wandlung vollzogen. Man sucht die Arbeiter durch Aktien an das Unternehmen zu fesseln, ein Vorgehen, das sich bewährt hat, denn mehrfach entfällt fast die Hälfte des Aktienbesitzes auf die Arbeiter, die so allmählich ihre eigenen Kapitalisten werden. Auf solche Weise glaubt man zu einer Lösung der sozialen Frage gelangen zu können.

O. B.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft. (Berliner Zweigverein.)

Am 4. Mai sprach Herr Postrat Dr. MÖNCH über das Thema: **Meteorologie und Nachrichtentechnik unter Berücksichtigung der Bildübertragung.** Einleitend hob der Vortragende die Berührungspunkte zwischen Meteorologie und Nachrichtentechnik hervor; sie zeigten sich bereits in der Fackel- und Feuer-telegraphie, die sich vom Altertum bis zur Neuzeit in einigen Resten hinübergerettet hat und heute noch in abgeänderter Form in der Signalgebung der Eisenbahn fortbesteht und auch in der optischen Telegraphie des Weltkrieges weite Verbreitung fand. Die Einführung des elektrischen Telegraphen im Jahre 1849 machte die Nachrichtenübermittlung von der Einwirkung der Vorgänge in der Atmosphäre ziemlich unabhängig. Erst nach der schnellen Entwicklung der drahtlosen Telegraphie sah man sich gezwungen, die Einflüsse der Atmosphäre auf die Ausbreitung der elektrischen Energie näher zu studieren. Hierher gehören die großen Unterschiede in der Intensität des Tag- und Nachtempfanges, die Festlegung der verschiedenen Arten von Störungen, der Einfluß der oberen Luftschichten, die zur Annahme der stärker ionisierten Schicht in der höheren Atmosphäre, der sog. Heavisideschicht führten, und anderes mehr.

Aus der Entwicklung der Funktelegraphie hat der praktische Wetterdienst bei der Übermittlung der Nachrichten großen Nutzen gezogen. Es empfiehlt sich daher, auch die weitere Entwicklung der Nachrichtentechnik zu beachten. Da in dieser Beziehung die Anwendung der Bildtelegraphie in erster Linie in Frage kommen dürfte, bespricht der Vortragende die Verbesserungen, die die Bildtelegraphie in letzter Zeit erfahren hat.

Das hierbei seit den ersten Versuchen in den Jahren 1843 und 1848 angewandte Verfahren ist im Prinzip auch heute noch das gleiche. Es besteht in einer Zerlegung des Bildes in eine Folge von Punkten am Sender und deren zeitlich aufeinanderfolgende Wiedergabe

am Empfangsort. Ein hierfür geeignetes, sehr leicht zu bedienendes Gerät ist von DIECKMANN, München, gebaut und soll vor allem zur Übertragung der Wetterkarte dienen. Praktische Versuche mit genügendem Erfolg liegen bereits vor. Am Bildsendegerät wird hierbei das mit einer schnell trocknenden, isolierenden Tinte oder einem Fettstift auf Metallpapier gezeichnete Bild durch einen Kontaktstift auf rotierender Trommel nach und nach abgetastet, während die veränderten Stromimpulse an der Empfangsstelle in einem dort eingeschalteten Funkbildgerät in etwa 5 Minuten ein Abbild des Originals wiedergeben. Es ist dabei gelungen, die Synchronisierung des Umlaufes der beiden Trommeln automatisch durchzuführen. Das Schreibverfahren im Empfänger besteht darin, daß ein elektrisch geheizter Stift die schmelzbare Farbe von Schreibmaschinenkohlepapier auf die Schreibfläche überträgt. Technische Einzelheiten des Bildsendegeräts (Umdrehungszahl der Walze etwa 33 in der Minute), des Gleichrichtegerätes sowie des Bildempfangsgerätes werden an Hand von Photographien besprochen und Proben der DIECKMANNschen Bildübertragung im Lichtbild vorgeführt.

An zweiter Stelle schildert der Vortragende das von der Firma Telefunken in Gemeinschaft mit Dr. KAROLUS, Leipzig, ausgearbeitete Verfahren der Bildübertragung. Dieses arbeitet nicht mit einem das ganze Bild abtastendem Gleitkontakt, sondern verwendet die photoelektrische Zelle und damit den Wechsel von Lichtintensitäten.

Diese Methode ist in der naturgetreuen Wiedergabe des Originals außerordentlich weit gekommen. Proben von Übertragungen von Schrift- und Bildoriginalen, die in der kurzen Zeit bis zu 20 Sekunden durchgeführt worden waren, führten dies sehr eindringlich vor Augen.

KN.

Biologische Mitteilungen.

Alle entomologischen Probleme, die mit der **Pestverbreitung** zusammenhängen, beanspruchen nach wie vor die größte Aufmerksamkeit von seiten der Hygieniker und Entomologen. Sehr beachtliche Untersuchungen veröffentlichten soeben BACOT und MARTIN in einer Arbeit, die sich mit dem *besonderen Einfluß von Temperatur und Feuchtigkeit auf das Überleben des Rattenflohes, der von seinem Wirtstier getrennt ist*, befaßt (vgl. BACOT, A. W., and C. J. MARTIN: The respective influences of temperature and moisture upon the survival of the rat flea „*Xenopsylla cheopis*“ away from its host. Journ. of hyg. 23, Nr. 1, S. 98–105, 1924). Wir entnehmen der Arbeit folgendes. Zunächst weisen die Verfasser auf die Tatsache hin, daß bei heißem und trockenem Wetter die Pest stark zurückgeht. Es wird mit Recht vermutet, daß hier tiefere Zusammenhänge vorliegen und daß von den Wetterumschlägen die Pestratten, deren Flöhe und damit am Ende die Pestbacillen irgendwie betroffen werden. Die Verfasser meinen die wandernden Rattenflöhe, also diejenigen Flöhe, welche ihren gewöhnlichen Wirt, die Ratte, verlassen haben, müssen von dem heißen und trockenen Wetter stark beeinflusst werden. Die Untersuchungen, die sehr sorgfältig durchgeführt wurden, haben der Annahme recht gegeben. Frühere Untersuchungen, die sich mit dem Einfluß der Temperatur auf die Lebensdauer der Rattenflöhe beziehen, berücksichtigen die Feuchtigkeitsverhältnisse der Luft ungenügend. Letzterer Umstand ist von bedeutendem Einfluß und deshalb wurde in der genannten Arbeit die Frage auf experimentellem Wege geprüft.

Methodik. Es wurde mit einem sehr großen Versuchsmaterial gearbeitet. Zumeist befanden sich in jedem Versuch 100 Flöhe, und zwar stets Tiere gleichen Alters und von gleichem Ernährungszustand. Die Tiere wurden einem ganz langsamen Luftstrom ausgesetzt, dessen Feuchtigkeitsgehalt genau bestimmt war. Der Feuchtigkeitsgrad der Luft wurde in der Weise geregelt, daß man die Luft durch Schwefelsäure von bekanntem Prozentgehalt leitete. Hierdurch ist bekanntlich ein bestimmter Sättigungsgrad mit Wasser zu erreichen. Dieser Sättigungsgrad, d. h. Dampfdruck, wird ausgedrückt durch Millimeter der Quecksilbersäule. Die Verfasser geben in ihren Kurven an, wieviel Millimeter Quecksilber bei den jeweiligen Versuchsbedingungen an der Sättigung noch fehlen. Die Apparatur wurde vor den Versuchen durch entsprechende gewichtsmäßige Bestimmungen geprüft.

Man führte drei Versuchsgruppen aus, und zwar:

Gruppe A: es bleibt die Temperatur konstant und auch der Feuchtigkeitsgrad konstant;

Gruppe B: es bleibt die Temperatur konstant und der Feuchtigkeitsgrad wechselt;

Gruppe C: es wechselt die Temperatur und der Feuchtigkeitsgrad bleibt konstant.

Folgende Ergebnisse wurden erzielt:

I. Der Gewichtsverlust der Flöhe in trockener Luft bei konstanter Temperatur und konstanter Feuchtigkeit wird durch nachfolgende Tabelle ausgedrückt. Die Temperatur = 32°, das Sättigungsdefizit = 10 mm.

Zeit Std.	Gewicht von 50 Flöhen	% Verlust vom Gewicht	überlebende Tiere
0	0,0308	—	50
2	0,0288	0,0020	50
4,5	0,0284	0,0024	50
20	0,0250	0,0058	48
25	0,0240	0,0068	43

Zeit Std.	Gewicht von 50 Flöhen	% Verlust vom Gewicht	überlebende Tiere
46	0,0206	0,0102	34
51	0,0198	0,0110	33
67	0,0180	0,0128	20
100	0,0148	0,0160	8
125	0,0136	0,0172	4
142	0,0130	0,0178	0

Daraus geht hervor, daß nach 125 Stunden in der trockenen Luft nur noch 4 Tiere überlebten.

II. Betreffend des Einflusses des wechselnden Sättigungsgrades der Luft bei konstanter Temperatur erhält man folgende Tabelle. Temperatur = 32°, und

das Sättigungsdefizit = 4 mm = 89% rel. Feuchtigkeit
das Sättigungsdefizit = 10 mm = 72% rel. Feuchtigkeit
das Sättigungsdefizit = 16 mm = 55% rel. Feuchtigkeit
das Sättigungsdefizit = 26 mm = 27% rel. Feuchtigkeit

Das Ergebnis der Versuche ist in nachfolgender Tabelle wiedergegeben.

Sättigungsdefizit in mm	mittlere Lebensdauer in Stunden	mittlere Sättigungsdauer mal Sättigungsdefizit
4	152	608
10	68	680
16	44	704
26	27	702

Durch Multiplikation des Sättigungsdefizits mal mittlere Lebensdauer ergibt sich eine Zahl, die fast konstant ist in den Fällen, wo das Sättigungsdefizit 10 und mehr Millimeter Quecksilberdruck beträgt. Wesentlich abweichend wird dieses Produkt dann, wenn das Sättigungsdefizit nur noch 4 mm beträgt. Das heißt bei sehr feuchter Luft leben die Flöhe doppelt so lange als bei gleicher Temperatur aber bei trockener Luft.

III. Schließlich untersuchte man den Einfluß der Temperatur auf die Langlebigkeit der Flöhe, wenn das Sättigungsdefizit konstant ist. Die Versuche wurden bei einer wechselnden Temperatur von 32 und 21° ausgeführt. In beiden Fällen betrug das Sättigungsdefizit = 10 mm. Aus diesen Versuchen ergab sich, daß die mittlere Lebensdauer betrug bei

- a) 32° = 68 Stunden,
- b) 21° = 115 Stunden.

Mit andern Worten: bei tiefer Temperatur und trockener Luft ist die Lebensdauer von Flöhen, die von ihrem Wirt (Ratten) getrennt sind, ungefähr 1,78mal so groß, d. h. rund zweimal so lang, als bei höherer Temperatur aber bei gleicher Trockenheit der Luft.

Aus allen diesen Versuchen ist der Schluß zu ziehen, daß heißes und trockenes Wetter verheerend auf die wandernden Pestflöhe einwirkt, und damit werden gefährliche Infektionsquellen ausgeschaltet. So bald diese aber ausgeschaltet sind, erfährt die Verbreitung der Pest einen starken Rückgang. Die vorliegende Arbeit hat also wesentlich zur Klärung gewisser praktischer Pestfragen beigetragen.

In der Zusammenfassung der Arbeit weisen B. und M. kurz darauf hin, daß sie ihre Untersuchungen über dieses Thema noch weiter fortführen werden. Aufschlüsse über den Zusammenhang von Klima und Pestverbreitung und Entstehung von Pestepidemien sind durch derartige Untersuchungen zu erhoffen. Der Arbeit ist ein Literaturverzeichnis und sehr anschauliches Kurvenmaterial beigegeben.

Beitrag zur Naturgeschichte der dänischen Simuliidenarten. (AXEL PETERSEN, Bidrag til de Danske Simulierts Naturhistorie. Mit 2 Tafeln, 53 Figuren und 1 Karte im Text. Det kongelige danske videnskabernes selskabs skrifter, ottende Raekke, naturvidenskabelig og matematisk afdeling, femte bind, København, 1924, S. 237—339.) Es liegt eine monographische Bearbeitung der dänischen Simuliiden (Kribbelmücken) vor. Die Einleitung ist historischen Erörterungen gewidmet. Im 1. Teil wird dann zunächst die Morphologie der Eier, Larven, Puppen und Vollkerfen behandelt unter Anlehnung an bereits Bekanntes. Der 2. Teil enthält Bestimmungstabellen der verschiedenen Arten; der 3. Teil bringt eine eingehende Systematik der bisher bekannten dänischen Formen. In Teil 4 werden faunistische Fragen behandelt; Teil 5 bis 7 beschäftigen sich mit der Biologie der einzelnen Formen, und im 8. Teil wird auf die Bekämpfung kurz eingegangen. Die wichtigsten Ergebnisse der großangelegten Untersuchungen sind folgende:

In Dänemark (Festland und insularer Teil) kommen 10 Arten der Gattung *Simulium* vor, und zwar die Formen: *S. ornatum*, *S. subornatum*, *S. morsitans*, *S. venustum*, *S. argyreum*, *S. equinum*, *S. costatum*, *S. latipes*, *S. angustitarse*, *S. aureum*. Als blutsaugend, in erster Linie an den weidenden Haustieren, kommen aber nur folgende 6 Formen in Betracht: *S. ornatum*, *S. morsitans*, *S. venustum*, *S. argyreum*, *S. equinum*, *S. latipes*, und auch von diesen 6 nur die Weibchen. Nachgewiesen wurde ferner, daß die Weibchen mehr als einmal ihre Wirtstiere besuchen. Die schwersten Angriffe auf das Vieh, bisweilen in ungeheuren Schwärmen, unternehmen: *S. ornatum*, *S. venustum* und *S. argyreum*, zeitweise ist den Schwärmen *S. equinum* untermischt. Letztere Form kann aber auch in eigenen Schwärmen auftreten. Weiterhin ging durch die Untersuchung hervor, in Übereinstimmung mit dem, was man in England und Deutschland bereits festgestellt hat, daß *S. equinum* fast ein ausschließlicher *Ohrparasit* ist. Diese Kribbelmücke kriecht in die Ohren der Pferde, Rinder und Schafe, einmal um Blut zu saugen, und zweitens, um auch an dieser Stelle die Begattung zu vollziehen. *S. venustum* ist besonders im nordwestlichen Teil von Seeland als Plagegeist bekannt.

Was die Frage der Virulenz des Simuliidengiftes anbelangt, so wurde ermittelt, daß sie von Art zu Art verschieden ist. Am virulentesten scheint das Gift von *S. argyreum* zu sein. Diese Form hat auch den Tod von Haustieren in Dänemark, wie anderwärts, veranlaßt. Weiterhin geht Verfasser auf die Frage der Immunität gegen Simuliidenstiche ein, und er weist darauf hin, daß immune Tiere auch in Dänemark beobachtet worden sind. Über die Bekämpfung von Simuliidenplagen äußert sich P. verhältnismäßig kurz. Er hält vor allen Dingen die Frage der aktiven oder passiven Immunisierung von Haustieren für wichtig. Eigene Versuche in dieser Richtung sind jedoch nicht unternommen worden. Ein Literaturverzeichnis, zahlreiche Textfiguren und 2 Tafeln sind der Arbeit beigegeben.

Es ist bekannt, welche wichtige Rolle bestimmte symbiontisch lebende Protozoen bei manchen Formen spielen. Auf sehr interessante Einzelheiten weist CLEVELAND in seiner kürzlich erschienenen Arbeit hin (**Les effets de l'inanition et de l'oxygénation sur la symbiose entre les termites et leurs flagellés intestinaux.** Ann. de parasitol. 3, Nr. 1, S. 35—36. 1925). Bekanntlich beherbergen die holzfressenden Termiten eine reich-

liche Fauna von Protozoen. CLEVELAND bringt nun durchentsprechende Mittel die Protozoen zum Absterben. Dieses Vorgehen hat im allgemeinen in einer Zeit von etwa 4 Wochen den Tod des Wirtes zur Folge. Sorgt man aber dafür, daß vorher die geeigneten Protozoen wieder aufgenommen werden (natürlich in Form von Dauercysten), dann bleiben die Termiten leben. Man kann die Protozoen durch Aushungern (Erschöpfung) zum Absterben bringen oder durch Einwirken von Sauerstoff („Oxygenation“). Dieses Verfahren wurde von CLEVELAND angewendet. Leider gibt er seine Versuchstechnik nicht genau an. Er experimentiert mit der großen Termiten *Termopsis nevadensis* HAGEN, die an der Küste des stillen Ozeans vorkommt. In dieser Termiten leben 4 Protozoenarten: *Trichonympha campanula*, *Leidyopsis sphaerica*, *Trichomonas termopsis* und *Streblo mastix strix* (wir nennen hier die Protozoen gleich nach ihrer Größe geordnet). Die von CLEVELAND angewandte Methode gestattet, die einzelnen Protozoenarten ganz oder zum Teil zum Absterben zu bringen und dann genau festzustellen, welche Rolle jede der genannten Arten bei ihrem Wirtstiere spielt. Er berichtet selbst weiterhin darüber folgendes: Schaltet man *Trichonympha* aus, so vermehren sich die *Leidyopsis* sehr stark und ersetzen die *Trichonympha*. Schaltet man *Trichonympha* und *Leidyopsis* beide aus, so tritt *Trichomonas* an deren Stelle. *Streblo mastix* scheint die geringste Bedeutung für den Wirt zu haben. Man darf den weiteren angekündigten Mitteilungen des Verfassers über diesen Gegenstand mit Interesse entgegensehen.

In einer früheren Arbeit hat MERCIER nachgewiesen, daß Naphthalindämpfe die **Entwicklung der gewöhnlichen Schmeißfliege** *Calliphora erythrocephala* Meig. zu schädigen vermögen. Behandelt man Puppen dieser Fliege mit Naphthalindämpfen, so schlüpfen regelmäßig Fliegen, die besonders an den Flügeln Mißbildungen zeigen (Mercier: *Malformations produites chez une mouche* [*Calliphora erythrocephala* Meig.] par l'action de vapeurs de naphthaline: réapparition des anomalies dans une seconde génération élevée dans des conditions normales. Cpt. rend. hebdom. des séances de l'acad. des sciences 178, Nr. 15, S. 1326 bis 1329. 1924). Erneut hat sich MERCIER in einer kürzlich veröffentlichten Arbeit mit dieser Frage befaßt (L. MERCIER, *Actions des vapeurs de naphthaline sur Calliphora erythrocephala* Meig. Étude des lésions microscopiques présentées par les individus mal formés. Cpt. rend. hebdom. des séances de l'acad. des sciences 179, Nr. 21, S. 1202—1205. 1924). Er untersucht die histologische Struktur derartig mißgebildeter Tiere und er findet, daß die Längsflugmuskeln in der Brust und die Muskeln des Hinterleibes, dann aber auch die Tracheen bei diesen flügelmißgebildeten Fliegen zurückgeblieben sind. Die Flügelmißbildungen entstehen nach der Auffassung von MERCIER dadurch, daß die pathologisch veränderten Muskeln, ebenso wie die Tracheen beim Ausschlüpfen der Fliegen nicht den nötigen Blutdruck erzeugen können, um die Flügel zur Entfaltung zu bringen. Infolgedessen verkümmern die Flügel bzw. sie bleiben im Faltungszustand liegen. Das Merkwürdigste ist nun, daß unter Umständen die Nachkommen dieser flügelmißgebildeten Tiere ebenfalls Mißbildungen derselben Art aufweisen. MERCIER glaubt von einer „Erblichkeit der Naphthalinvergiftung“ (l'hérédité de l'intoxication naphthalinique) sprechen zu können. Ob diese Annahme richtig ist, bedarf meines Erachtens eingehender Nachprüfung.

Über einen merkwürdigen Fall von **Umkehr der Funktion** bei einer bestimmten Art berichtet HARRIS (Reversal of function in a species of *Oligarces*. Biol. bull. of the marine biol. laborat. 48, Nr. 2, S. 140—144. 1925). Es liegen folgende Beobachtungen und Versuche vor. Bei der Fliege *Oligarces* kommen 2 Arten von Fortpflanzung vor: a) Pädogenese und b) geschlechtliche Fortpflanzung. Man findet auch 2 Arten von Larven, und zwar die „pädogenetischen Larven“, welche dauernd wieder Larven erzeugen, und „Puppenlarven“, aus denen später die richtigen Fliegen hervorgehen. Morphologisch sind beide Arten von Larven genau zu unterscheiden. Die Ursache, warum pädogenetische Larven zum Teil zu Puppenlarven werden, glaubt Verfasser gefunden zu haben. Er meint durch die Massenhaftigkeit der Larven in den Kolonien und die dadurch bedingte Anhäufung der eigenen Stoffwechselprodukte würden die pädogenetischen Larven veranlaßt, zum Teil zu Puppenlarven zu werden. Er nimmt nun Puppenlarven und bringt sie in neue Kulturschalen, und zwar einzeln; die Stoffwechselprodukte wirken also auf die Puppenlarven nicht mehr ein. Nun findet er, daß die so isolierten Puppenlarven wieder zu pädogenetischen Larven werden. Die Funktion der Larven ist also umgeschlagen, das besagt mit anderen Worten: durch das Aufheben der ungünstigen Lebensbedingungen in den Massenkulturen kann eine Puppenlarve veranlaßt werden, wieder zur pädogenetischen Fortpflanzung zurückzukehren. Durch weitere Untersuchungen muß festgestellt werden, ob die merkwürdigen Befunde von HARRIS so zu erklären sind, wie er es angibt, oder ob nicht noch andere Bedingungen den Funktionswechsel der Larve verursachen.

Mit der Spinne *Dolomedes fimbriatus* Cl. machte BONNET eine Reihe von bemerkenswerten Versuchen, deren Ergebnisse hat er soeben veröffentlicht (**Sur la nature des aliments que les araignées peuvent absorber et sur le sens de goût chez ces animaux**. Cpt. rend. des séances de la soc. de biol. 91, Nr. 34, S. 1194 bis 1196. 1924). Das Wichtigste aus der Arbeit sei mitgeteilt. BONNET beobachtete zunächst, daß diese Spinnen Wasser aufnehmen, welches er auf einen Wattebausch tropfte. Von diesen Beobachtungen ausgehend, versuchte Verfasser seine Versuchstiere — allerdings ohne Erfolg — mit einem Fleischextrakt „Viandox“ zu füttern. Nach dem ersten Mißerfolg versuchte er nun mit einer Reihe von gewöhnlichen Nahrungsmitteln die Spinne zu füttern, was ihm auch gelang. Die Spinnen nahmen willig Rind-, Pferd-, Kalb-, Hühner-, Kaninchen- und Schweinefleisch an. Ferner fraßen sie Hühnerpastete, Blutwurst, Langusten, Fleisch von Fröschen und Weinbergschnecken; ebenso hart gekochte und rohe Eier, nebst Milch und Zuckerwasser. Ferner hat Verfasser versucht, die Spinnen mit Fleischstücken zu füttern, die vorher in Formol getaucht oder angefault waren. Die Tiere nahmen diese Nahrung an, ließen aber bald davon ab. Auch in Petroleum getauchte Fliegen wurden verschmäht. Aus diesen Versuchen zieht BONNET den Schluß, daß die Spinnen einen Geschmackssinn besitzen, der allerdings nicht sehr hoch entwickelt ist. Letztere Ansicht glaubt er noch besonders stützen zu können durch die Beobachtung, daß die Dolomedesspinne Wanzenarten und Schmetterlinge der Gattung *Zygaena* verschmäht. Bekanntlich besitzen diese Formen besondere Stinkdrüsen. Weitere Veröffentlichungen über derartige Fütterungsversuche sollen in Kürze erscheinen.

PRUTHI untersucht den **Einfluß von Verletzungen auf die Verwandlung von Insekten** (Recherches sur la métamorphose des insectes. II. Influence des traumatismes. Cpt. rend. des séances de la soc. de biol. 92, Nr. 2, S. 76—77. 1925). Die Versuche wurden mit Wachsmottenraupen (*Galleria mellonella*) durchgeführt. Den erwachsenen Raupen wurden kleine Verletzungen in verschiedener Weise beigebracht. Entweder entfernte PRUTHI die Fühler, oder die Maxillen oder die Afterfüße. Entsprechende Kontrollstämme wurden gehalten. Das Ergebnis der Versuche war: alle verletzten Raupen verpuppten sich eher als unverletzte. Und besonders merkwürdig war, daß **die am meisten verletzten** Raupen von allen Versuchstieren sich **zu allererst** verpuppten. Verfasser schließt daraus, daß Körperverletzungen überhaupt die Verwandlung von Insekten beschleunigt. Er glaubt, diese Erscheinungen in Parallele setzen zu müssen mit der Encystierung. Nach seiner Meinung will der Organismus ihm ungünstigen Lebensbedingungen ausweichen durch Eingehen eines anderen Zustandes. In vorliegendem Falle durchliefen die Raupen einen ungünstigen Zustand schneller, als es bei nicht verletzten Formen der Fall ist. Ob die Deutung, welche PRUTHI seinen Befunden gibt, völlig zutrifft, müssen weitere und auf breiterer Grundlinie durchgeführte Versuche m. E. erst noch lehren. ALBRECHT HASE.

Pollenanalyse und Urgeschichtsforschung¹⁾. (Von J. KISSER, Wien). Durch den Ausbau der Methodik der quantitativen Pollenanalyse durch L. v. POST²⁾ wurde die Moorforschung auf eine ganz neue Basis gestellt. Das Prinzip dieser Methodik³⁾ besteht darin, daß die im Moore erhalten gebliebenen Pollenkörner quantitativ untersucht werden. Die das Moor in engerer und weiterer Entfernung umgebenden, auf Windbestäubung angewiesenen Waldbäume produzieren eine Unmenge von Pollen; gelangen diese auf ein Moor, so können sie unter Wasserabschluß nicht der Verwesung anheimfallen und bleiben so fossil erhalten. Nach Behandlung der Torfproben mit Salpetersäure, wodurch das Material aufgehellt und gleichzeitig zum Zerfall gebracht wird, wird der Feinschlamm untersucht. Die darin enthaltenen Pollenkörner werden unter dem Mikroskop gezählt und ihre gegenseitige prozentuelle Zusammensetzung bestimmt. Um die gefundenen Prozentsätze der einzelnen Pollen praktisch auswerten zu können, werden die Zählergebnisse graphisch dargestellt. Im entsprechenden Verhältnis ihres Abstandes werden auf der Ordinate die Tiefenlagen der ent-

¹⁾ J. KISSER, Die quantitative Pollenanalyse im Dienste der Urgeschichtsforschung. Wien. prähistor. Zeitschr. 12. 1925.

²⁾ L. v. POST, Skogstrådpollen i sydsvenska torvmosselagerföljder. Forhandl. ved. 16. skand. naturforskermöte 1916, S. 433.

³⁾ Zusammenfassende Darstellungen bei J. KISSER (l. c.); K. RUDOLPH und FR. FIRBAS, Paläofloristische und stratigraphische Untersuchungen böhmischer Moore. Die Hochmoore des Erzgebirges. Beih. z. bot. Zentralbl. 41, Abt. II. 1924; P. STARK, Der gegenwärtige Stand der pollenanalytischen Forschung. Zeitschr. f. Botanik 17. 1925; C. MALMSTRÖM, Degerö Stormyr, en botanisk, hydrologisk och utvecklingshistorisk undersökning över ett nordsvenskt myrkomplex. Meddel. Stat. Skogsförsöksanst. 20. 1923; O. G. E. ERDTMANN, Pollenanalytische Untersuchungen von Torfmooren und marinen Sedimenten in Südwest-Schweden. Arkiv för Botanik 17. 1922.

nommenen Moorproben aufgetragen, auf den dazugehörigen Abszissen die den Proben entsprechenden Prozentsätze der Pollensorten, die das sog. Pollenspektrum der betreffenden Probe und des dazugehörigen Horizontes bilden. Durch Verbindung der Prozentzahlen der einzelnen Pollen erhält man die Pollenkurven. Die so gebildeten Kurvendigramme geben einerseits ein Bild über die Verschiebungen der prozentuellen Pollenzusammensetzungen während der Moorbildung, andererseits zeigen sie gleichzeitig die relativen Mengen der zu diesen Zeiten vorhandenen Waldbäume an.

Daß dadurch die Methode der quantitativen Pollenanalyse für die verschiedensten Wissenszweige von weittragender Bedeutung geworden ist, ist klar. Durch die Schaffung eines lückenlosen Bildes von der Waldzusammensetzung postglazialer Perioden, ihrem Wechsel und ihrem Veränderungen, erfährt nicht nur die Pflanzengeographie eine bedeutende Bereicherung, sondern durch die Ergründung der kausalen Zusammenhänge greift die Pollenanalyse auch auf weitere Disziplinen über. Da das Vegetationsbild in erster Linie von klimatischen Faktoren abhängig ist (Luft- und Bodenfeuchtigkeit, Temperatur usw.), so zeigt uns ein bestimmtes Wald- oder Vegetationsbild gleichzeitig auch die damaligen klimatischen Verhältnisse an, die ihrerseits wieder eine Einreihung in die Phasen der Postglazialzeit ermöglichen.

Die Einreihung eines bestimmten Horizontes eines Moores in eine pflanzengeographische, geologische oder klimatologische Chronologie¹⁾ ist demnach möglich und bietet gleichzeitig sichere Anhaltspunkte für eine Präzisierung innerhalb eines archäologischen Zeitalters, wobei durch die quantitative Pollenanalyse gerade in diesem Falle beachtenswerte gleichzeitige Zusammenhänge mit den Vorgängen in der Umgebung des Moores geschaffen werden.

Bei prähistorischen Funden in einem Moore wird daher auch durch die Lagerung des Fundes allein, abgesehen von ihm eigenen charakteristischen Merkmalen, noch eine weitere Charakterisierung möglich sein. Dieser Umstand ist für Moorfunde natürlich von großer Bedeutung und es ist klar, daß jeder Fortschritt auf dem Gebiete der Moorforschung auch der prähistorischen Forschung zugute kommen kann, wie dies die quantitative Pollenanalyse in einigen Fällen bereits gezeigt hat. Ein prähistorischer Fund in einer bestimmten Schichte des Moores gehört naturgemäß jener Zeit an, in der dieser Horizont entstanden ist, wobei allerdings zu berücksichtigen ist, ob der Fund nicht durch seine Schwere in tiefere Schichten gesunken ist und dadurch eine Verlagerung erfahren hat. In einem solchen Falle läßt sich eine Altersbestimmung nur einseitig führen. Es kann der Zeitraum festgestellt werden, innerhalb dessen der Fund in das Moor gelangt ist, was ein nicht zu unterschätzender Vorteil ist, da

manche prähistorische Funde, z. B. Moorbrücken, auf rein archäologischem Wege nicht leicht zu datieren sind. Auch bei Verlagerungen und Verwerfungen einzelner Schichten eines Moores durch elementare Ereignisse kann durch die quantitative Pollenanalyse deren Ursprung festgestellt werden.

WEBER¹⁾ nahm im Anschluß an das von JACOB-FRIESEN (l. c.) beschriebene Steinkammergrab eine moorgeologische Untersuchung des Moores von Hammah vor, wobei er auch die Pollenanalyse heranzog, die in Anbetracht der sehr verwickelten Verhältnisse wertvolle Dienste leistete. Der jüngere Bleichmoorstorf war durch langjährige Torfgräberei fast vollständig beseitigt; weiter waren durch einen Moorausbruch, der, wahrscheinlich durch einen Flurbrand ausgelöst, in den ersten Jahrhunderten unserer Zeitrechnung erfolgte, Schollen und Fetzen von jüngerem Bleichmoorstorf verlagert worden.

Mit Hilfe der Pollenanalyse hat L. v. POST²⁾ bereits in 2 Fällen sehr schöne Altersbestimmungen von prähistorischen Funden durchgeführt. Auf einen Fall sei hier eingegangen. Es handelte sich hierbei um einen Wollmantel, der im Hjortmose in Västergötland gefunden wurde. Spuren von dem am Gewebe haftenden Dopplerit (in den Gelzustand übergegangene kolloidale Humussäure) wurden pollenanalytisch untersucht und die gewonnenen Pollenspektren in die aus dem Moore selbst entnommenen Profile eingepaßt. Dadurch konnte nicht nur auf 1 cm genau die Tiefe des Fundes, sondern gleichzeitig auch die Zugehörigkeit zur früheren Bronzezeit, der auch die bekannten Textilien aus den dänischen Eichensärgen angehören, festgestellt werden. Ein in etwa 400 m Entfernung schon früher gefundener Goldring, der archäologisch sicher datierbar war und der Bronzezeit IV angehörte und analysierbare Schlammreste enthielt, ermöglichte die genauere Datierung des Mantels innerhalb der Bronzezeit. Ohne Hilfe der Pollenanalyse wäre eine Datierung des Mantels nicht möglich gewesen, da er von allen bisher bekannten in seinem textilen Aufbau abweicht. Die Grube, in die der Mantel versenkt worden war, war eine Zeit hindurch offen geblieben, und auch diese Zeit ließ sich mit Hilfe der Pollenanalyse bestimmen.

Diese angeführten Beispiele zeigen, daß die Urgeschichtsforschung sich mit Erfolg der Pollenanalyse bedienen kann und für sie bedeutungsvoll zu werden verspricht. Von verschiedener Seite ist dies bereits erkannt worden und so umfaßt die Pollenanalyse ein ziemlich weit begrenztes Gebiet. Nach VÄINÖ AUER³⁾ soll die künftige Moorforschung nicht nur im Dienste der Praxis stehen, sondern auch helfen, wissenschaftliche Fragen zu lösen, wie Aufklärung der Moor-, Wald- und Klimageschichte auf pollenanalytischem Wege; weiter wird die Zusammenarbeit von wissenschaftlicher Moorforschung und Archäologie und schließlich die Schaffung einer absoluten Chronologie gefordert. Gerade der letzte Punkt ist von größter Wichtigkeit, an dem die verschiedensten Disziplinen höchst interessiert sind, insbesondere die Urgeschichtsforschung. Und sollte auch die Pollenanalyse nicht allein imstande sein,

¹⁾ Siehe K. H. JACOB-FRIESEN, Die Steinkammern im Moore von Hammah (Kreis Stade). *Prähistor. Zeitschr.* 15, 1924; H. GAMS und R. NORDHAGEN, Postglaziale Klimaänderungen und Erdkrustenbewegungen in Mitteleuropa. *Landeskundliche Forschungen*, herausgegeben von der geographischen Gesellschaft in München 1923, H. 25; H. HAHNE, Die geologische Lagerung der Moorleichen und Moorbrücken. *Verhandl. d. Provinzialmuseums zu Halle* 1918; A. WEBER, Über spät- und postglaziale lakustrine und fluviatile Ablagerungen in der Wyhraniederung bei Lobstedt und Borna und die Chronologie der Postglazialzeit Mitteleuropas. *Abhandl. d. Naturwissenschaftl. Ver. in Bremen* 24, 1918.

¹⁾ C. A. WEBER, Das Moor des Steinkammergrabes von Hammah. *Prähistor. Zeitschr.* 15, 1924.

²⁾ L. v. POST, Ett par offerdammar från Skånes bronsålder. *Rig.* 1919; Ett exempel på pollenanalytisk åldersbestämning. *Geologiska Föreningens Förhandlingar.* Stockholm 46, 1924.

³⁾ AUER VÄINÖ, Über einige künftige Aufgaben der Moorforschung in Finnland. *Comm. Inst. quæst forest. Finl.* 8, 1924.

sie zu schaffen, so ist doch die Möglichkeit durch den Zusammenhang mit so vielen anderen Disziplinen und durch die Zusammenarbeit mit diesen gegeben.

J. KISSER.

Physiologische Untersuchungen über das Umdrehen der Seesterne und Schlangensterne. (E. WOLF, Zeitschr. f. vergl. Phys. 3, H. 2. 1925.) Die Frage, welche Reize bei See- und Schlangenternen die Umdrehreaktionen auslösen, war bisher noch nicht befriedigend gelöst. Irgendwelche statischen Organe sind bei diesen Echinodermen nicht gefunden worden. MANGOLD glaubte die Umdrehbewegungen auf Reizung der sensiblen Elemente der Rückenhaut zurückführen zu dürfen, da nach Abtrennung des Rückens nach seinen Beobachtungen die Umdrehreaktion ausblieb. WOLF prüfte nun diese Versuche und fand, daß ein Seestern, dem die Rückenhaut abpräpariert war, auf den Rücken gelegt, zwar einige Stunden regungslos blieb, aber sich doch dann wieder in die natürliche Lage umdrehte. Mithin mußten die Umdrehbewegungen von einem anderen Organ ausgelöst werden als von der Rückenhaut. Weitere Versuche zeigten, daß auch einzelne Arme des Seesterns oder kleinere Teile derselben, unabhängig vom Vorhandensein oder Nichtvorhandensein der Rückenhaut, zu Umdrehbewegungen in der Lage waren. Dabei war es für die Geschwindigkeit und den Ausfall der Reaktion gleichgültig, ob sich an den Teilstücken noch Reste des Nervenrings befanden oder nicht. Beleuchtung auf dem Rücken liegender Tiere von unten hatte ebenso wenig Einfluß auf die Umkehrbewegung wie ein freies Aufhängen im Wasser, bei dem die Berührungsreize allseitig gleich waren. Mithin kam irgendeine Schwerkraftwirkung als maßgebender Faktor für die Umdrehbewegung in Frage. Dahingehende Versuche führten WOLF zum Ziel, als er den Darm der Tiere mit Eisenfeilspänen füllte, die Tiere in Normallage (Rücken nach oben) frei im Wasser aufhängte und über ihnen einen Elektromagneten anbrachte. Nun drehten sich die Tiere unter dem Einfluß der Magnetwirkung mit dem Mundfeld nach oben, also umgekehrt wie unter dem Einfluß der Schwerkraft. Dies zeigt, daß der an den Mesenterien aufgehängte Darm eine statische Funktion hat. Der Darminhalt drückt als „Statolith“ nach unten auf die als „Statocyste“ funktionierende Darmwand, die Nerven perzipieren diesen Druck und Zug und setzen die entsprechenden Bewegungen in Gang. Neben dieser Apparatur wirkt dann auch noch die Berührung mit einer festen Unterlage als unterstützenden Moment, wie andere dahingehende Versuche zeigten.

Experimentelle Untersuchungen über die Funktion der Stirn- und Augensinnesorgane der Insekten. (BOZLER, Zeitschr. f. vergl. Phys. 3, H. 2. 1925.) In den Naturwissenschaften 1926, H. 5 wurde von einer Arbeit HOMANNs berichtet, in der die Vermutung ausgesprochen war, die Ocellen der Insekten dienten vermöge ihrer großen Lichtstärke dem Richtungs- und Helligkeitssehen, also einfachen phototaktischen Reaktionen. Diese Hypothese wurde jetzt von BOZLER experimentell an der Fliege *Drosophila melanogaster* geprüft. In Erregung versetzte Drosophilen sind stark positiv phototaktisch. Die Geschwindigkeit ihrer Bewegungen ist von der Intensität des Lichtes abhängig (Photokinese), jedoch entspricht nicht eine bestimmte Lichtintensität — unter Ausschaltung anderweitiger Störungsfaktoren — einer bestimmten Bewegungsgeschwindigkeit. Bei konstanter diffuser Beleuchtung werden die Bewegungen allmählich langsamer bis zu fast völliger Ruhe. Spon-

tane, ohne hinreichend starke Sinnesreize einsetzende Bewegungen wurden nicht beobachtet. Wurden den Tieren die Ocellen mit Lack überzogen, so zeigten sie im Benehmen keinen Unterschied gegenüber den normalen Tieren, ein Lacküberzug der Facettenaugen verhinderte dagegen jede Reaktion gegen das Licht. Mittels einer besonderen Methode, bei der durch 2 Nicols das Licht ohne Qualitätsänderung beliebig geschwächt wurde, konnte die Reizschwelle der normalen Tiere und derjenigen mit ausgeschalteten Ocellen geprüft und für beide als gleich groß festgestellt werden. Sie lag bei einer Drehung des Analysators von 15°, also verhältnismäßig tief. Der Bereich der Phototaxis auslösenden Lichtintensitäten wird also durch die Ocellen gegenüber den Facettenaugen *nicht* erweitert. Mit diesen Versuchen ist die von HOMANN und früher schon von v. HESS ausgesprochene Hypothese des Richtungssehens völlig widerlegt. Versuche über die Adaptation bei ganz geringen Lichtintensitäten ergaben insofern einen geringen Einfluß der Ocellen auf die Reaktion, als normale Tiere ein wenig schneller als Tiere ohne Ocellen auf eine geringe Lichtintensität nach vorherigem Hellaufenthalt ansprachen. Weitere Versuche unter Ausschaltung aller Reize außer den optischen zeigten folgende Resultate: Tiere, deren Ocellen frisch lackiert waren, setzten sich bei Bestrahlung mit Sonnenlicht nach vorherigem Dunkel-aufenthalt später und langsamer in Bewegung als normale Tiere unter den gleichen Bedingungen. Nach etwa 1 Minute glichen sich die Bewegungen beider aus. Dieser Unterschied vergrößerte sich in diffuser Beleuchtung. Wurde das direkte Sonnenlicht durch einen Schirm abgeblendet, nachdem alle Tiere in gleich rascher Bewegung waren, so sank die Bewegungsgeschwindigkeit der lackierten Tiere im Gegensatz zu der der normalen stark ab. Diese Versuche zeigen eine Bedeutung der Ocellen für die Photokinese; *die Ocellen sind daher als Stimulationsorgane aufzufassen.* Da diese photokinetische Bedeutung in schwächerem Licht und bei raschem Wechsel von Dunkel und Hell besonders stark in Erscheinung tritt, sind die Ocellen offenbar vor allem an diese Lichtverhältnisse angepaßt, während bei stärkerer und längerer Beleuchtung die Facettenaugen allein die photokinetische Funktion ausüben können. Damit hängt dann auch sicherlich die oben erwähnte rasche Adaptationsfähigkeit der Ocellen zusammen.

Andere Versuche ergaben bei schwachem Licht insofern eine Einwirkung der Ocellen auf die Phototaxis, als normale Tiere deutlichere Phototaxis zeigten als solche, deren Ocellen lackiert waren. Diese Ocellenwirkung kann jedoch durch mechanische Reizung ersetzt werden, die Richtungsperzeption hat also, wie ja vor allem auch die anfangs erwähnten Versuche zeigten, nichts mit dieser Wirkung auf die Phototaxis zu tun. BOZLER nimmt zur Erklärung dieser Beobachtungen an, daß die von den Ocellen kommende Erregungsenergie zur Verstärkung der Erregungen der Komplexaugen diene und so *indirekt* die Phototaxis beeinflusse. — Die biologische Bedeutung der in diesen Versuchen erkannten Funktion der Ocellen als Stimulationsorgane sowie als Verstärker der Phototaxis bei schwachem Licht wird wohl in der Energielieferung bei plötzlicher Herabsetzung des Lichtes (z. B. Verdunkelung der Sonne durch Wolken) liegen. Hiermit ist auch wohl dann die bekannte Tatsache begründet, daß schnell fliegende und laufende Tiere, in deren Leben rasche Änderungen der Lichtintensität vornehmlich eine Rolle spielen, neben guten Facettenaugen auch große Ocellen besitzen.

Tierisches Verhalten als „Systemreaktion“. (P. WEISS, *Biologia generalis* 1, Nr. 2, 1925.) WEISS beobachtete die Einnahme von Schlafstellungen bei den Schmetterlingen *Vanessa urticae* (kleiner Fuchs) und *Vanessa io* (Tagpfauenauge) und konnte 3 Phasen im Ablauf dieser Reaktion feststellen: 1. Die ermüdeten Schmetterlinge klettern zunächst unter dem *Einfluß der Schwerkraft unabhängig von der Beleuchtung* an den Wänden ihres Käfigs nach oben. Sind die Wände des Käfigs zu glatt zum Emporklettern, so fliegen die Tiere nach oben. 2. Sind die Tiere ein Stück hoch geklettert, so tritt die 2. Phase der Bewegung ein, die Tiere *orientieren sich so zur Schwerkraft*, daß sie eine *Wendung um 180°* ausführen und sich dadurch mit dem Kopf nach *abwärts* wenden. Diese „Erduwendigkeit“ ist insofern eine Stellung minimalster Beanspruchung von Muskelenergie, als hierbei der Femur des 2. Beinpaares so in eine am Körper verlaufende Rinne zu liegen kommt, daß die Stellung des Tieres hauptsächlich durch die mechanische Festigkeit dieser Anordnung und weniger durch Muscularbeit erhalten bleibt. 3. Als 3. Phase folgt ein *Ausrichten nach dem Licht* in dem Sinne, daß die Tiere sich in der *Richtung vom Licht weg* einstellen. Bei einer Lichtquelle und bei Abwesenheit von Schwerkraft (also auf horizontaler Fläche) stellen sie sich genau in der Richtung der Lichtstrahlen, Kopf vom Licht abgekehrt, ein. Bei zwei Lichtquellen ohne Schwerkraftwirkung stellen sie sich fast in der Richtung der Resultante ein, jedoch hat die Lichtquelle, von der das Tier herkam, ein gewisses Übergewicht vor der anderen („mnemische Wirkung“). Die Stellung wird also hier durch beide Lichtquellen und zum Teil durch eine mnemische Komponente bestimmt. Wirken Schwerkraft und Lichtquelle auf die Tiere ein, so stellen sich diese ebenfalls in der Richtung der Resultierenden beider Komponenten ein. Daraus folgt, daß die Stellungnahme gegen Licht und Schwerkraft trotz Verschiedenheit der Komponenten eine durchaus gleichartige ist. Aus diesen Versuchen wie aus theoretischen Betrachtungen zieht W. den (von andern auch schon gezogenen) Schluß, daß die LOEBsche Tropismentheorie, die aus einer Gleichartigkeit der Reaktionen stets auf Gleichartigkeit der Mechanismen schließt, hinfällig sei. Nicht der äußere Faktor (Licht, Schwerkraft) ist es allein, der die Reaktion bedingt, sondern als mindestens ebenso wesentlich kommt der „Systemzustand“ des Tieres hinzu. Der zeitliche Ablauf der oben genannten Reaktionen ist durch Veränderung der Faktoren nicht modifizierbar, erst wenn das System sich im geeigneten Zustand befindet, wird der Faktor wirksam, und auch dann ist die Reaktion häufig keine „starre“, sondern eine „plastische“. Alle Reaktionen auf äußere Faktoren sind nur „Ausgleichsreaktionen“ des Systems, das stets bestrebt ist, „seinen eindeutig bestimmten Zustand zu erhalten“. K. BALDUS.

Studies on Arthropoda II. (Hansen, H. J., Kopenhagen 1925.) Vor gut einem Vierteljahrhundert veröffentlichte Hansen im Zoolog. Anzeiger eine Arbeit über die „Morphologie der Gliedmaßen und Mundteile bei Crustaceen und Insecten“. Manche der darin niedergelegten Anschauungen sind fruchtbringend gewesen, so z. B. seine auf dem Bau der Extremitäten beruhende Einteilung der höheren Krebse. Andere seiner Beobachtungen fanden jedoch nur wenig Be-

achtung. Dies gilt besonders für seine Annahme, der unpaare Stamm der primitiven Crustaceenextremität, der Sympod, wie er ihn nennt, sei dreigliedrig. Fast durchgehends wurde und wird er als zweigliedrig bezeichnet, denn die klarsten Fälle, wie sie uns etwa der gewöhnliche Copepodenschwimmfuß bietet, lassen nur 2 Stammglieder deutlich erkennen. HANSEN hat im Laufe der Jahre der Extremitätenfrage stets weiter seine Aufmerksamkeit geschenkt und gibt uns nun in diesem II. Teil seiner Arthropodenstudien eine vergleichende Morphologie der Crustaceengliedmaßen, in der er alle Krebsordnungen berücksichtigt und seine Ausführungen durch vorzügliche Stiche illustriert. Er zeigt, daß sich bei sämtlichen Ordnungen der niederen Krebse der dreigliedrige Stamm an vielen Extremitäten, besonders an den Mundteilen, nachweisen läßt, daß diesen Verhältnissen also eine viel allgemeinere Verbreitung zukommt, als man bisher annahm. Recht abweichend sind auch seine Angaben über die im Pereiopoden der Malakostraken enthaltenen Glieder. Der Pereiopod ist ursprünglich neungliedrig. Sein Stamm besteht ebenfalls aus 3 Gliedern, der Praecoxa, Coxa und Basis. Die Praecoxa ist noch bei Leptostraken, Stomatopoden, Euphausiaceen, großen Mysidaceen und bei *Anaspides* als besonderes Glied erhalten. Bei den Dekapoden ist sie in die Pleuren einbezogen, und zwar bildet sie den Teil der Körperwand, der die Pleurobranchien trägt. Die Coxa ist bei den meisten Malakostraken frei. Das gleiche gilt für die Basis, die jedoch bei einzelnen Gruppen, wie z. B. bei den höheren Dekapoden, mit dem I. Gliede des Endopoden verschmilzt. Der Endopod ist ursprünglich sechsgliedrig. An seinem Anfang steht vor den allgemein angenommenen Gliedern das Praeischium. Diese Sechszahl findet sich noch an der Wurzel des Malakostrakenstammes, nämlich bei *Nebalia*, *Paranebalia* und *Anaspides*. Bei letzterer Gattung liegt die Fußbeuge zwischen dem III. und IV. Gliede, also zwischen Merus und Carpus. Diese Lage nimmt nun HANSEN für alle Malakostraken als feststehend an. Aus ihr schließt er, daß bei den Peracariden, bei denen nur 2 Glieder auf die Beuge folgen, der Carpus und Propodus verschmolzen sein müssen. Als weitere Stütze für diese Schlußfolgerung zieht er einige Mysidaceen heran, bei denen sich nach der Beuge noch 3 Glieder finden. Aber gerade bei dieser Gruppe tritt ja die Aufteilung des vorletzten Fußgliedes in viele Glieder ein. Nach HANSEN besteht also der Endopod des Peracariden-Gehfußes aus 3 freien Gliedern vor der Beuge und 2 verschmolzenen und einem freien Gliede nach der Beuge. Bei den Eucariden und Stomatopoden ist dagegen das Praeischium mit dem Ischium verschmolzen und nur in besonderen Fällen durch eine Furche oder auch durch schwache Eigenbewegung angedeutet. Hier liegen daher vor der Beuge 2 verschmolzene und ein freies Glied, nach der Beuge aber 3 freie Glieder, da der Carpus und Propodus getrennt bleibt. Die Arbeit enthält noch eine Fülle weiterer Beobachtungen zur Homologisierung der Extremitätenteile. Sie sieht die bei einzelnen Formen auftretenden höheren Gliedzahlen nicht als Ausnahmen an, die dem Gros der übrigen Fälle unterzuordnen sind, sondern sie baut auf diesen Höchstzahlen ihr System auf und sucht die geringeren Zahlen durch Gliedverschmelzungen zu erklären.

A. SCHELLENBERG.

Neuere Arbeiten auf dem Gebiete der Stellarphysik¹⁾.

Von E. A. MILNE, Cambridge.

(Aus dem Englischen übertragen von G. SCHNAUDER † und E. FREUNDLICH, Berlin-Potsdam.)

Im Jahre 1906 entdeckte HERTZSPRUNG die Existenz zweier großer Klassen von Sternen, der Riesen und der Zwerge. Indessen wurde diese Erkenntnis erst im Jahre 1913 mehr als eine eindrucksvolle Tatsache. In diesem Jahre brachte bei einer Versammlung der Royal Astronomical Society H. N. RUSSELL seine *Theorie* der Riesen und der Zwerge heraus. Im selben Jahre stellte auch NIELS BOHR seine Theorie der Spektren auf. Beide Theorien stellten starke Anforderungen an das Vorstellungsvermögen, und beide sind in der Hand ihrer Urheber und anderer zu mächtigen Werkzeugen der Erkenntnis geworden. Auf den ersten Blick scheinen sich die beiden Theorien mit sehr verschiedenen Dingen zu beschäftigen. Die Theorie von BOHR hat es mit den Atomen zu tun und gründete sich damals auf einige wenige klar herausgearbeitete Tatsachen und Messungen von Wellenlängen und auf Ergebnisse einer allgemeinen elektro- und thermodynamischen Theorie. Die Theorie von RUSSELL dagegen befaßte sich mit den Sternen und hing von einer ganzen Reihe statistischer Untersuchungen ab, die hauptsächlich schlecht bestimmte Größen betrafen wie die Massen, Dichten, Oberflächenhelligkeiten und Parallaxen der Sterne. Allein beide Theorien beschäftigten sich mit *Spektren*.

Der große Fortschritt, den RUSSELL machte, bestand in der Erkenntnis von systematischen Zusammenhängen, der Massen, Dichten, Oberflächenhelligkeiten und Parallaxen mit den beobachteten Sternspektren, d. h. mit einer rein beschreibenden Variablen, dem Spektraltyp. Die *Königsspektren* der Elemente lassen sich in eine lineare Folge bringen, nämlich die der Kernladungszahlen. Es besteht da eine Art von „Wohlordnung“ unter ihnen. Die überwiegende Mehrzahl der Sternspektren läßt sich in eine Folge einordnen, die eine kontinuierliche Abstufung von einem zum anderen Ende zeigt. (Dies ist angesichts der Kompliziertheit der optischen Spektren sehr bemerkenswert. Es macht die frühere Ansicht unglaublich, daß die Unterschiede in den Sternspektren von Verschiedenheiten der chemischen Zusammensetzung herrührten.) Der Spektraltypus erscheint im wesentlichen als Funktion einer einzigen Veränderlichen, offenbar einer der Größen, die den physikalischen Zustand in der Sternatmosphäre bestimmen. Zwei Veränderliche bieten sich von selber dar — die Temperatur und der Druck. Aber keine von

beiden ist direkt meßbar. Und es ist noch absurd, ohne nähere Präzisierung von *der* Temperatur und *dem* Druck in einer *Sternatmosphäre* zu sprechen, als man von *dem* Druck oder *der* Temperatur in der *Erdatmosphäre* sprechen kann. Wir können nur von einem *mittleren* Druck und einer *mittleren* Temperatur in der Erdatmosphäre sprechen. Im Falle eines gasförmigen Sternes dagegen — und roh gesprochen können alle Sterne als gasförmig angesprochen werden — wie soll man da sagen, wo die Atmosphäre aufhört und der Stern anfängt?

Die physikalischen Zustände in einer Sternatmosphäre entziehen sich also der direkten Ermittlung. Indessen gibt es *eine* Veränderliche, die unmittelbar meßbar ist: die sog. „effektive Temperatur“ eines Sternes. Im Gegensatz zum Druck und zur wahren Temperatur *in einer Atmosphäre* ist nämlich die Intensität pro *Oberflächeneinheit* des Sternes und die spektrale Zusammensetzung der Strahlung, d. h. das, was durch die höchsten Schichten der Sternatmosphäre *nach außen* dringt, etwas ganz Bestimmtes. Sie sind vergleichbar der Intensität und der spektralen Zusammensetzung der Strahlung einer bei gegebener Temperatur im thermodynamischen Gleichgewichte befindlichen schwarzen Strahlung. Beide Vergleichsarten ermöglichen uns, die äquivalente Temperatur eines schwarzen Strahlers zu ermitteln. Diese Temperatur, die als Koordinate bequem zu verwenden ist, nennt man die „effektive Temperatur“ des Sternes. Für die Sonne stimmt die effektive Temperatur, wie sie sich aus dem *Gesamtbetrag* der Strahlung bestimmt, überein mit der effektiven Temperatur, wie man sie aus der *Intensitätsverteilung* im kontinuierlichen Spektrum erhält. Es liegt nahe anzunehmen, daß die *wahre* Temperatur in einer Sternatmosphäre in enger Beziehung zu der *effektiven* Temperatur steht.

Die Veränderung von Stern zu Stern in der spektralen Zusammensetzung des emittierten Lichtes äußert sich für das Auge als Veränderung der Farbe. Aber die Klassifizierung nach Farben deckt sich in weitem Umfange mit der Einteilung (auf Grund der Absorptionslinien) in *Spektralklassen* und Messungen der effektiven Temperaturen bestätigen diese Korrelation. Die einzige Veränderliche, von der der rein beschreibende Spektraltyp im Grunde abhängt, ist somit die effektive Temperatur.

Die von RUSSELL aufgestellten Beziehungen zwischen den Leuchtkräften, den Dichten und den

¹⁾ Aus den Proceedings der Physical Society of London 36, p. 2. 15. Febr. 1924.

Spektraltypen ließen sich also auf Beziehungen mit der effektiven Temperatur zurückführen. Insoweit die effektive Temperatur nur ein Maß für die Strahlung *pro Flächeneinheit* ist, ist sie auch ein Maß für die *Oberflächenhelligkeit*, und daher ergaben sich auch Beziehungen mit der *Oberflächenhelligkeit*. Und eben durch die Oberflächenhelligkeiten wurden die beobachteten Tatsachen in einen harmonischen Zusammenhang gebracht. Ein absolut sehr heller Stern *von demselben Spektraltyp* wie ein absolut sehr schwacher Stern wird die gleiche *Oberflächenhelligkeit* haben und muß daher eine *größere* Oberfläche besitzen. Da die *Massen* der Sterne im großen und ganzen nur wenig voneinander abweichen, so muß die *Dichte* eines hellen Riesen kleiner sein als die eines schwachen Zwerges — bis zu einer Million Male kleiner. Wir haben hier in ein paar Sätzen die Interpretation der beobachteten Teilung in Riesen und Zwerge.

In dieser Formulierung ist der rein beschreibende Spektraltyp ganz herausgefallen. Aber die von RUSSELL gesammelten statistischen Daten bezogen sich auf die beobachteten Spektraltypen der Sterne. Die Einheit, daß eine Beziehung des Spektraltyps zur effektiven Temperatur besteht, war zwar nicht zweifelhaft, aber verhältnismäßig schwach fundiert, im *einzelnen* blieb der Zusammenhang zwischen Spektraltyp und effektiver Temperatur in der Hauptsache völlig unerklärt. Es war bekannt, daß man im Laboratorium manche Spektrallinien nur bei hohen Temperaturen und starken Entladungen hervorrufen kann und daß solche Linien nur in Sternen mit hoher effektiver Temperatur gefunden werden. Aber nicht bekannt war, weshalb dies so ist und warum dieselben Linien dazu neigen, bei noch höheren Temperaturen zu verschwinden; von einer quantitativen Erklärung war schon gar keine Rede. Es zeigte sich da eine bestimmte Beziehung zwischen effektiver Temperatur und Spektraltyp, aber der Zusammenhang war rein empirisch.

BOHRS Theorie der Spektren hat die Möglichkeit eröffnet; diese Lücke zu überbrücken. Es ist möglich geworden, die Spektralanalyse zu benutzen, um aus den beobachteten Sternspektren einiges über die wahren Temperaturen in den verschiedenen Schichten der Sternatmosphären abzuleiten und sicherzustellen, daß die wahren Temperaturen im allgemeinen mit den effektiven übereinstimmen. Wir sehen jetzt, daß die beobachteten Spektren genau solche sind, die bei den verschiedenen effektiven Temperaturen erscheinen müssen; selbst wenn *alle* Elemente in einer Sternatmosphäre vorhanden sind, zeigt die Bohrsche Theorie, daß nur *einige* davon ihre Gegenwart durch das Auftreten ihrer Absorptionsspektren bei der herrschenden Temperatur verraten, und sie sagt das aufeinanderfolgende Erscheinen und Verschwinden von Linien bei wachsender Temperatur voraus.

Sie trägt auch jenen weniger auffallenden, aber doch höchst bezeichnenden spektralen Veränderungen Rechnung, welche die lineare Ordnung der Spektraltypen durchkreuzen und die innerhalb jedes Typs nicht nur die Riesen von den Zwergen unterscheiden, sondern auch die helleren Riesen von den schwächeren Riesen und die helleren Zwerge von den schwächeren Zwergen. Wir sahen, daß die Hauptvariable in der Folge der Spektraltypen die Temperatur war, obschon wir nicht außer acht gelassen haben, daß der Druck eine andere mögliche Veränderliche ist. Nun wissen wir, daß innerhalb einer einzelnen Klasse der Spektralfolge noch eine zweite Veränderlichkeit sich bemerkbar macht. Man wird geneigt sein, zu vermuten, daß der Druck die neu auftretende Veränderliche ist. Entwicklungen auf Grund der Bohrschen Theorie zeigen, warum das so ist. Die fundamentale Anwendung der Bohrschen Theorie auf Sternatmosphären wird stets mit dem Namen MEGH NAD SAHA verknüpft bleiben. Ich werde einen kurzen Überblick über die neuen Errungenschaften für unsere unmittelbare Erkenntnis der Sternspektren und der Sterntemperaturen geben und werde dann zeigen, wie diese und die große Fülle früherer Beobachtungen über Sternspektren in einfacher Weise nach der modernen Atomtheorie zu deuten sind.

Schon um 1913 fanden ADAMS und seine Mitarbeiter am Mount Wilson: unter Sternen gleichen Spektraltyps waren diejenigen mit kleinerer Eigenbewegung im Violett relativ schwächer als solche mit großer Eigenbewegung. Statistisch betrachtet bedeutet kleine Eigenbewegung aber großen Abstand und daher für eine gegebene scheinbare Helligkeit große absolute Helligkeit. Daher zeigten die Riesen im Violett schwächere Spektren als die Zwerge gleichen Typs. Dies war eines der frühesten Anzeichen für die heute wohlbekannte Tatsache, daß bei gegebenem Spektraltyp die Riesen niedrigere effektive Temperaturen haben als die Zwerge. Als ADAMS seine Beobachtungen auf Linienspektren ausdehnte, fand er, daß innerhalb eines gegebenen Typs gewisse Linien an Intensität mit wachsender absoluter Helligkeit des Sternes zunahmen, während andere schwächer wurden. Funkenlinien wie $\lambda 4216 \text{ Sr}^+$ waren in absolut hellsten Sternen am intensivsten; „Linien niedriger Temperatur“ wie $\lambda 4607 \text{ Sr}$ waren in den absolut schwächsten Sternen am intensivsten. An Sternen bekannter absoluter Helligkeit konnte er für verschiedene Linien empirische Kurven über den Zusammenhang zwischen Linienintensität und absoluter Sternhelligkeit aufstellen, und konnte dann diese Kurven benutzen, um die absoluten Helligkeiten anderer Sterne durch Schätzung der Linienintensitäten in ihren Spektren zu bestimmen. Ein Vergleich der so gefundenen absoluten Helligkeiten mit den scheinbaren gab dann den Abstand. Auf diesem Wege ließen sich die Abstände von Hunderten von Sternen aus ihren Spektren

ermitteln. Die Grundlage der Methode ist empirisch, aber jedwede Theorie der Sternspektren muß über die Beziehung, die innerhalb eines Spektraltyps zwischen Linienintensität und absoluter Helligkeit besteht und über das verschiedene Verhalten verschiedener Linien Aufklärung geben.

Eine Vorstellung von der Lichtverteilung im kontinuierlichen Spektrum eines Sternes kann man aus seinem *Farbenindex* erhalten; er ist definiert als der Überschuß der scheinbaren photographischen Größe des Sternes über seine scheinbare visuelle Größe. Je röter der Stern ist, desto schwächer ist seine photographisch wirksame Strahlung im Verhältnis zu seiner optisch wirksamen. Die beiden Größenangaben sind roh gesprochen Intensitätsmaße in zwei verschiedenen Gebieten des Spektrums (z. B. λ 4250 und λ 5700), und wenn man annimmt, daß die Intensitätskurve dem Planckschen Gesetz folgt, so kann man die effektive Temperatur aus dem beobachteten Intensitätsverhältnis in diesen beiden Wellenlängen ableiten. Die folgende Tabelle enthält einige Farbenindices, die neuerdings vom Mount Wilson veröffentlicht wurden.

Zusammenhang des Farbenindex mit der effektiven Temperatur eines Sternes.

Spektrum	Farben- index	Effektive Temperatur	Farben- index	Effektive Temperatur
	Riesen		Zwerge	
Bo	— 0,32	10,500°		
B5	— 0,17	10,000°		
Ao	± 0,00	9,230°		
Fo	+ 0,38	7,000°		
Go	+ 0,86	5,300°	+ 0,72	5,770°
G5	+ 1,15	4,610	+ 0,83	5,500°
Ko	+ 1,48	3,860	+ 0,99	4,880°
K5	+ 1,84	3,270°	+ 1,26	4,120°
Ma	+ 1,88	3,080°	+ 1,76	3,330°

Die größeren Farbenindices und daher die niedrigeren effektiven Temperaturen der Riesen im Vergleich zu denen der Zwerge treten gut hervor.

(Die Temperaturen in dieser Tabelle sind nicht unmittelbar aus den Farbenindices abgeleitet worden, sondern sind den Wilsingschen Temperaturbestimmungen für Riesen entnommen worden, die für die heißeren Sterne wahrscheinlich viel zu niedrig sind.)

Eine andere Größe, die in den letzten Jahren viel gemessen worden ist, ist die *effektive Wellenlänge*. Steht ein grobes Beugungsgitter vor dem Objektiv eines Teleskopes, so liefert jeder aufgenommene Stern ein Mittelbild und eine Reihe schwächerer Seitenbilder, die in Wahrheit kleine Spektren sind. Das Schwärzungszentrum jedes Seitenbildes hängt von der Intensitätsverteilung im Sternlichte ab, und Messungen des Abstandes, z. B. des ersten Paares der Seitenbilder, ergeben die *effektive Wellenlänge* für die speziell benutzte optische und photographische Anordnung. Die

effektiven Wellenlängen nehmen nach den frühen Spektraltypen hin ab und sind länger für Riesen als für Zwerge desselben Types.

Weder die Untersuchungen des Farbenindex noch diejenigen der effektiven Wellenlänge können als befriedigender Ersatz für detaillierte Untersuchungen der Intensitätsverteilung im ganzen Spektrum gelten. Die visuellen, spektralphotometrischen Beobachtungen von WILSING, SCHEINER und MÜNCH und die photographisch-spektralphotometrischen Beobachtungen von ROSENBERG, beide an einer Reihe von über das ganze erreichbare Spektrum verteilten Wellenlängen angestellt, sind Untersuchungen dieser Art. Sie sind neuerdings von BRILL von neuem diskutiert worden, und einen Auszug seiner Reduktionen zeigt die folgende Tabelle:

Sterntemperaturen nach WILSING und ROSENBERG.

Spektrum	Wilsing	Rosenberg
Bo	12,300°	30,000°
B5	11,480°	18,000°
Ao	10,250°	12,000°
A5	9,000°	9,000°
Fo	7,950°	7,850°
F5	6,880°	6,930°
Go	5,980°	6,000°
G5	5,280°	5,300°
Ko	4,570°	4,570°
K5	4,000°	3,840°
Ma	3,500°	3,580°

Verschiedene Reduktionsweisen ergeben verschiedene Skalen, besonders für die frühen Typen, aber die Rosenbergschen Temperaturen bleiben oberhalb des A-O-Types stets wesentlich höher als die von WILSING. Man nimmt allgemein an, daß Wilsings Beobachtungen zu niedrige Temperaturen für die B-Sterne ergeben und daß die wahren Werte wahrscheinlich zwischen den beiden Skalen liegen.

Mit einer photoelektrischen Zelle zur Messung der Intensitätsverteilung in Sternspektrogrammen hat SAMPSON einige sehr interessante Ergebnisse erhalten. Einige seiner Temperaturen, erhalten aus Vergleichen mit Capella (5500°), seien hier angegeben:

Stern	Spektrum	Temperatur
γ Cass. . .	Bo	16,900°
α Lyrae . .	Ao	11,200°
α Aquilae .	A5	10,000°
β Cass. . .	F5	8,800°
Polaris. . .	F8	6,800°
ϵ Cygni . .	Ko	5,100°
α Cass. . .	Ko	4,700°
β Androm. .	Ma	3,500°

Einige Messungen nach der spektralphotometrischen Keilmethode, die jüngst H. M. PLASKETT veröffentlicht hat, liefern folgende Sterntemperaturen:

Stern	Spektrum	Temperatur
γ Cass. . .	Bo	15,000°
ϵ Persei . .	Bo	15,000°
α Cygni . .	A2	9,000°
δ Cass. . .	A5	9,000°
α Aurigae .	Go	5,500—6,000°
β Gemin. .	Ko	5,000—5,500°

PLASKETT hat auch das kontinuierliche Spektrum der Sonne untersucht, indem er einen feinen Spalt benutzte, und gefunden, daß es dem Spektrum eines schwarzen Strahlers weit näher kommt, als man bis dahin angenommen hatte.

Ganz besonders erfolgreich waren Versuche während der letzten Jahre, um die Wärmestrahlung der Sterne direkt zu messen. COBLENTZ hat einen nichtselektiven Empfänger hergestellt — aus einem Thermoelement in einer Vakuumzelle, die durch ein Fluoritfenster abgeschlossen ist —, der einige hundert Male empfindlicher ist als irgendein früher hergestelltes Sternradiometer. Galvanometerausschläge von 15 cm kann man von hellen roten Sternen wie α Orionis erhalten und einen Ausschlag von 1 mm sogar noch von B-Sternen 4. Größe. Die ersten Messungen an Sternen wurden 1914 am Lickobservatorium angestellt, und neuerdings sind eine Menge Beobachtungen am Lowell Observatory und auf dem Mount Wilson angestellt worden. Durch Verwendung passender Filter kann man die Energieverteilung über das ganze Spektrum erhalten, und zwar unmittelbar in Energieeinheiten ohne Kalibrierung mit photometrischen Beobachtungen. Die folgende Tabelle enthält einige Temperaturen, die COBLENTZ aus seinen Messungen abgeleitet hat:

Messungen von Sterntemperaturen mit Thermoelementen.

Stern	Spektrum	Temperatur
ϵ Orionis . . .	Bo	13,000°—14,000°
β Orionis . . .	B8	10,000°—12,000°
α Can. maj. . .	Ao	8,000°—11,000°
α Can. min. . .	F5	5,500°—7,500°
α Aurigae . .	Go	5,300°—6,500°
α Bootis . . .	Ko	3,500°—4,500°
α Tauri . . .	K5	2,800°—4,500°
α Orionis . . .	Ma	2,800°—3,300°

Für Beobachtungen der spektralen Energieverteilung wie auch für die Messung von Veränderlichen dürfte das Sternradiometer eine große Zukunft haben.

Die neuerliche Messung von Sterndurchmessern auf dem Mount Wilson mit Hilfe eines Interferometers von MICHELSON liefert eine direkte Messung der Oberflächenhelligkeit und somit der effektiven Temperatur. Denn nach wohl bekannten Gesetzen ist der Betrag an Energie, die von einer strahlenden Fläche zu uns gelangt, mit ihrer absoluten Flächenhelligkeit verknüpft durch die Formel:

$$\text{Einfallende Strahlung} \left. \vphantom{\begin{matrix} \text{Einfallende} \\ \text{Strahlung} \end{matrix}} \right\} = (\text{Oberflächenhelligkeit}) \times (\text{Raumwinkel beim Beobachter.})$$

Für einen Stern wird daraus:

$$\text{Oberflächenhelligkeit} = \frac{\text{Scheinbare Helligkeit}}{(\text{Winkeldurchmesser})^2}$$

Die Größenklasse eines Sternes gibt seine scheinbare Helligkeit. Der Proportionalitätsfaktor kann entweder aus der Kenntnis der äquivalenten Lichtstärke der Größenklassenskala oder durch Vergleich mit einem Sterne bekannten Durchmessers und von derselben Flächenhelligkeit wie die Sonne gefunden werden. Der gemessene Durchmesser von α Orionis 0",047 gibt auf diese Weise eine Oberflächenhelligkeit von 4,6 Größenklassen, wenn man diejenige der Sonne als Nullpunkt nimmt. Das ergibt eine Temperatur von 3000°, wie es seinem Spektraltyp Ma durchaus entspricht. Ähnlich hat α Bootis einen Winkeldurchmesser von 0",022, was eine Oberflächenhelligkeit von 2,2 Größenklassen und eine Temperatur von 4190° liefert.

Die verschiedenen Methoden der Forschung stimmen darin überein, daß der Spektraltyp vor allem eine Funktion der effektiven Temperatur ist. Auch hinsichtlich der Größenordnung der Temperaturen stimmen sie überein, für die späten Typen sogar hinsichtlich der Zahlenwerte; für die frühen Typen gehen sie darin etwas auseinander.

Richtet man das Augenmerk auf feinere Einzelheiten, so stimmen sie auch darin überein, daß die effektive Temperatur eine Funktion sowohl der absoluten Helligkeit als auch des Spektraltyps ist. Was das kontinuierliche Spektrum anlangt, so ist für einen gegebenen Spektraltyp die absolute Helligkeit um so größer, je niedriger die effektive Temperatur liegt; hinsichtlich des Linienspektrums hingegen ist die Entwicklung der Funkenlinien um so größer, je größer die absolute Helligkeit ist. Dies erscheint widerspruchsvoll. Innerhalb einer umfassenden Spektralklasse — d. h. in einer Gruppe von Sternen, die denselben allgemeinen Typus von Spektrum aufweisen — haben die Riesen niedrigere Temperaturen, aber eine stärkere Entwicklung derjenigen Linien, die man als „Linien hoher Temperatur“ zu bezeichnen sich gewöhnt hat.

Jede Bestimmung der effektiven Temperatur aus der relativen Intensität an zwei Stellen des kontinuierlichen Spektrums beruht auf der Anwendung des Planckschen Gesetzes. Verschiedene Paare von Meßstellen werden nicht dieselbe Temperatur ergeben, wenn das kontinuierliche Spektrum nicht das eines schwarzen Strahlers ist. In erster Näherung stimmen die kontinuierlichen Sternspektren mit den Spektren schwarzer Strahler überein, aber es ist unbekannt, mit welcher Genauigkeit. Offenbar wird die Frage durch das Auftreten von Absorptionslinien verwickelt. Es ist notwendig, die Intensität zwischen den Linien zu messen, aber dies dürfte schwer halten,

wenn die Linien eng beisammen liegen. Man muß sogar erwarten, daß bis zu einem gewissen Grade die Anwesenheit von Absorptionslinien die Verteilung der Energie im kontinuierlichen Spektrum ändert; denn eine Gasschicht, die eine Absorptionslinie verursacht, wird vermutlich die Energie, die sie absorbiert, nicht aufspeichern. Sie wird sie gleichmäßig nach außen und nach innen emittieren. Die Strahlung nach außen ist die Restintensität, die wir in der Linie beobachten. Die Emission nach innen kehrt in den Stern zurück und wird ihn ein wenig heißer erhalten, als es sonst der Fall wäre. Den Absorptionslinien nach dürfte also die Energieverteilung im kontinuierlichen Sternspektrum einer höheren Temperatur entsprechen, als der Gesamtbetrag der Strahlung sie anzeigt. An einem speziellen Falle kann man sehen, daß die Gegenwart von Absorptionslinien wahrscheinlich Einfluß auf das kontinuierliche Spektrum hat. Denn wenn das Spektrum so von Linien wimmelte, daß überhaupt kein kontinuierliches Spektrum mehr übrigbliebe, so müßte das gerade so sein, als wenn überhaupt keine Absorptionslinien da wären. Der Gesamtbetrag an Energie, der die Oberfläche eines Sternes verläßt, hängt wahrscheinlich zum größten Teil von den Vorgängen im Innern des Sternes ab und nur sehr wenig von der Struktur nahe der Oberfläche, und er muß an irgendeiner Stelle des Spektrums hervorbrechen.

Eine andere mögliche Quelle für Abweichungen von der schwarzen Strahlung liegt in den Temperaturgradienten in den äußeren Schichten. Die aus der Oberfläche austretende Strahlung wird sich aus Strahlen zusammensetzen, die in verschiedenen Tiefen emittiert werden und deren jeder durch die Schichten geschwächt wird, die er passieren muß. Für jede einzelne Wellenlänge wird es eine gewisse mittlere Tiefe geben, bis zu der wir hinabsehen und die von der Durchlässigkeit für jene Wellenlänge abhängt. Die an der Oberfläche austretende Strahlung kann als in jener mittleren Tiefe erzeugt aufgefaßt werden. Ist die mittlere Tiefe für alle Teile des Spektrums wesentlich dieselbe, so wird die Strahlung in den verschiedenen Teilen des Spektrums derselben Temperatur entsprechen, nämlich der Temperatur jener mittleren Schicht, der sie entspringt, und das resultierende kontinuierliche Spektrum wird sich dem eines schwarzen Körpers nähern. Ist aber die Durchlässigkeit für verschiedene Wellenlängen verschieden, so wird die Strahlung aus verschiedenen Tiefen stammen; wo die Durchlässigkeit größer ist als im Mittel, stammt die Strahlung aus größerer Tiefe, d. h. aus Zonen von höherer Temperatur und ist intensiver. Das resultierende Spektrum wird daher kein normales sein.

Ferner kann die Streuung an den Gasteilchen das Spektrum verzerren, denn die Streuung an Gasteilchen variiert mit der vierten Potenz der Wellenlänge und würde demgemäß die Intensität

im blauen und ultravioletten Gebiete herabsetzen. Ob die Streuung in einer Sternatmosphäre merklich ist oder nicht, hängt von dem Verhältnisse des Absorptionskoeffizienten zu dem Streukoeffizienten ab. Ist die Absorption vergleichsweise bedeutender, dann werden wir, vom Innern des Sternes nach außen gehend, eine Schicht erreichen, wo die Dichte zu klein ist, um noch eine merkliche Streuung hervorzurufen, und zwar bevor wir die Schichten verlassen haben, in denen merkliche Absorption und Emission stattfindet. Es sind Anzeichen vorhanden, daß dies in der Sonne der Fall ist.

Wir haben einiges angeführt, was eine Abweichung der Strahlung von der schwarzen hervorgerufen könnte. Man könnte einwenden, daß die Schwierigkeit der Beweisführung doch nach einer anderen Seite hin läge. Mit welcher Berechtigung erwartet man denn überhaupt, daß das kontinuierliche Spektrum dem eines schwarzen Strahlers entsprechen sollte? Die Antwort darauf lautet: Die Theorie lehrt, daß irgendeine nur hinreichend ausgedehnte Ansammlung von Materie, selbst ein Gas von einheitlicher Temperatur, ein Normalspektrum liefern sollte, wenn man von der Streuung absieht; wir können also nichts anderes als die Folgen eines Temperaturgradienten prüfen. In Abwesenheit eines solchen Gradienten würde das Spektrum nur insoweit von einem normalen abweichen, als ein von außen auf den Stern fallender Strahl nur teilweise und nicht vollständig absorbiert würde.

Thermodynamische Überlegungen dieser Art geben indessen gar keine Aufklärung über die Entstehung des kontinuierlichen Spektrums. Nach der Atomtheorie ist die Emission strahlender Energie stets monochromatisch, und ein kontinuierliches Spektrum kommt nur zustande durch Überlagerung einer Anzahl von Quanten verschiedener Frequenz. Als ein Beispiel dafür haben wir das kontinuierliche Spektrum, das jenseits der Grenze einer optischen Serie liegt. Als *Emissionsspektrum* wird es durch Einfangen eines Elektrons von einem ionisierten Atome erzeugt; die emittierte Frequenz hängt sowohl von der anfänglichen kinetischen Energie des Elektrons als auch von dem Ionisationspotentiale des Atoms für das betrachtete Energieniveau ab. Als *Absorptionsspektrum* wird es durch photoelektrische Abtrennung eines Elektrons mit anschließender Ionisation des Atoms hervorgerufen. Das kontinuierliche Spektrum, welches in dieser Weise unterhalb der Grenze der Balmerreihe entsteht, ist in coelestischen Spektren bekannt; in Emission kennt man es im Flashspektrum der Sonne und in den Gasnebeln; in Absorption ist es in einigen der heißeren Sterne bekannt. Für das Innere eines Sternes spricht EDDINGTON fast den ganzen Betrag der Strahlung solchen photoelektrischen Ionisationen und Einfängen zu. Es ist noch nicht möglich, etwas darüber auszusagen, ob das kontinuierliche Spektrum im visuellen Gebiete auf

diesem Wege durch Überlagerung einer Anzahl von Teilen kontinuierlicher Spektren zustande kommt. Die untersten optischen Niveaus der Atome liegen ziemlich weit im Ultraviolett, und wir können nicht erwarten, daß in den äußeren Niveaus das Einfangen häufig genug stattfindet. Andererseits mag ein guter Teil der Strahlung von Elektronen emittiert werden, die der Gefangennahme entgehen, aber während des Zusammentreffens von einer hyperbolischen Bahn in eine andere hinüberspringen.

LINDEMANN u. a. haben die Vermutung ausgesprochen, daß der Starkeffekt die Ursache sei. Wo in den tieferen Schichten die Packung der Atome anfängt dichter zu werden, müssen sie starke elektrische Feldwirkungen aufeinander ausüben. Dies wird Schwankungen in den Energieniveaus bewirken und damit eine Verbreiterung der Linien; und durch Superposition von unzähligen verbreiterten Linien entsteht ein kontinuierliches Spektrum. Die Erscheinung ist dieselbe wie die Verbreiterung von Linien unter Druck. Andererseits sind doch schwache Linien im Sonnenspektrum, von denen einige wahrscheinlich in beträchtlicher Tiefe entstehen, oftmals sehr scharf.

Falls das kontinuierliche Sternspektrum nahezu schwarzer Strahlung entspricht, so muß die *wahre* Temperatur der mittleren Schicht, aus der die resultierende Strahlung stammt, nahezu dieselbe sein wie die *effektive* Temperatur. Um hier weiterzukommen, benötigen wir einige Kenntnisse über die Temperaturgradienten in den Schichten, welche die Strahlung liefern. Angenommen, die äußeren Schichten befänden sich in einem stationären Zustande, dann müssen die tieferen Regionen die in den Raum hinausgestrahlte Energie an die Oberfläche nachliefern, die Konvektion reicht hierzu nicht aus, wie schon vor langer Zeit festgestellt worden ist. Möglich ist, daß alle Energietransporte nur durch Strahlung erfolgen, die tieferen Schichten strahlen gegen die Oberfläche, und diese strahlt gegen den leeren Raum. Der Überschuß von auswärts und einwärts gerichteter Strahlung durch irgendeine Schicht hindurch ist konstant und gleich der Strahlung von der Oberfläche in den Raum hinaus. Bei dieser Lage der Dinge absorbiert jede Schicht gerade soviel wie sie strahlt; sie absorbiert Energie sowohl aus den

nach außen dringenden Strahlen der tieferen Schichten wie auch schwarze Strahlung von den darüberliegenden Schichten; sie strahlt aber selber gleichmäßig nach außen und nach innen, während die von ihr absorbierte Energie hauptsächlich dem nach außen wandernden, erheblich kräftigeren Energiestrome entzogen wird. Folglich muß in einem stationären Zustande ein Gradient der *Strahlungsintensität* vorhanden sein, positiv nach innen, der einen entsprechenden *Temperaturgradienten* zur Folge hat. Der Gradient steht in einem einfachen Zusammenhange mit der Nettostrahlung und, wie zuerst SCHWARZSCHILD gezeigt hat, dürfte die *wahre* Oberflächentemperatur etwa 20% niedriger sein als die *effektive* Temperatur, wie sie aus dem Gesamtbetrage der Strahlung ermittelt wird. Auf diese Weise leiten wir eine wahre Temperatur aus der lediglich konventionellen Temperatur ab. Wenn ferner die Durchlässigkeit für alle Wellenlängen dieselbe ist, dann wird die spektrale Zusammensetzung der Strahlung einer Temperatur entsprechen, die etwa 3% höher liegt als die effektive Temperatur.

Die Sonnenscheibe ist randwärts dunkler als im Zentrum, und wahrscheinlich gilt das allgemein für die Sterne. Das Dunklerwerden ist nur eine Folge des Temperaturgradienten; nahe am Rande stammt die tangential austretende Strahlung notwendig aus weniger tiefen Schichten, wo die Temperatur niedriger ist, sie ist infolgedessen weniger intensiv. Aus der beobachteten Intensitätsverteilung auf der Sonnenscheibe können wir den Temperaturgradienten für die Schichten ableiten, die zum kontinuierlichen Spektrum beitragen. Man hat gefunden, daß dieser sehr nahe übereinstimmt mit demjenigen, der sich auf Grund der Hypothese des Strahlungsgleichgewichts errechnet. Rand- und Zentrumsbeobachtungen bestätigen also die Ableitung der wahren Oberflächentemperatur aus der effektiven auf Grund der Hypothese des Strahlungsgleichgewichts.

Das Linienspektrum eines Sternes entsteht in Schichten, die im großen und ganzen über den Schichten liegen, in denen das kontinuierliche Spektrum entsteht. Die Namen „umkehrende Schicht“ und „Photosphäre“ sind für diese beiden Regionen gebräuchlich, aber die eine geht kontinuierlich in die andere über. (Schluß folgt.)

Die Krisis in der Mathematik und ihre philosophische Bedeutung.

Von HEINRICH LÖWY, Wien.

Ich kenne viele Mathematiker, die an dem wichtigsten Problem ihrer Wissenschaft achtlos vorübergehen. Sie wissen davon nicht mehr, als der Bürger, der gewissenhaft seinen täglichen Geschäften nachgeht, von den revolutionären Umtrieben weiß, die binnen kurzem die bestehende Ordnung umstürzen werden. Das Problem, das ich meine, und worüber ich im folgenden berichten will, ist von so allgemeiner Wichtigkeit, daß jedermann davon Kenntnis nehmen sollte; und, im

Grunde genommen, so einfach, daß jedermann, auch ein Nichtmathematiker, es vollkommen verstehen kann.

Es ist keine geringe Umwälzung, die sich da im stillen vorbereitet: Der philosophische Absolutismus steht im Begriffe, aus seinem letzten Schlupfwinkel, der Mathematik, vertrieben zu werden. Der Anstoß zu dieser Umwälzung geht aus von dem holländischen Mathematiker L. E. J. BROUWER. Wie ernst die Situation ist, erkennt man daraus,

daß einer der größten Mathematiker unsrer Zeit, DAVID HILBERT, selbst die Verteidigung der Mathematik in die Hand nimmt. „Wir laufen Gefahr, einen großen Teil unsrer wertvollsten Schätze zu verlieren“, so warnt er und stellt sich die Aufgabe, „der Mathematik den alten Ruf der unanfechtbaren Wahrheit wiederherzustellen“. Aber auch er hält das nur durch eine vollständige „Neubegründung der Mathematik“ für möglich.

Wodurch ist die „unanfechtbare Wahrheit“ der Mathematik in Frage gestellt worden? Dadurch, daß — nach der Ansicht BROUWERS — ein bestimmter logischer Satz, das sog. „Prinzip des ausgeschlossenen Dritten“ in der Mathematik nicht ausnahmslos angewendet werden dürfe. Die ausnahmslose, absolute Gültigkeit der Logik innerhalb der Mathematik wird durch BROUWER in Frage gestellt.

Bekanntlich ist KANT von der Tatsache ausgegangen, daß es eine Mathematik, nämlich ein Wissensgebiet gibt, das stets neue, unanfechtbare Wahrheiten produziert; er hat auf dieser Tatsache den größten Teil seines philosophischen Systems aufgerichtet und insbesondere auf die Möglichkeit einer Metaphysik, „die als Wissenschaft wird auftreten können“, geschlossen. Jene Tatsache besteht aber *nicht* — nach BROUWER.

BROUWER behauptet also, daß das logische „Prinzip vom ausgeschlossenen Dritten“ (das wir sogleich näher betrachten wollen) in der Mathematik nicht absolut gelte. Außerhalb der Mathematik, insbesondere in der Naturwissenschaft, ist seine absolute Gültigkeit lange vor BROUWER in Frage gestellt worden. In den „Phantasien eines Realisten“, in der Novelle „Unsterblich“, schreibt JOSEF POPPER-LYNKEUS dieses Verdienst EPIKUR zu. Die Novelle handelt von einem jungen Griechen, namens Hermias, der sich für unsterblich hielt und zu dieser sonderbaren Meinung durch das Mißverstehen eines Ausspruches seines Lehrers EPIKUR gelangt war: „Als nämlich Hermias noch ein junger Schüler EPIKURS war und dieser eines Tages Dialektik lehrte und besonders über die Kraft der logischen Schlüsse sprach, stellte — wie uns dies auch von CICERO berichtet wird — einer der älteren Schüler folgende Frage an EPIKUR:

„Was ist deine Meinung? Ich sage, unser junger Freund HERMIAS wird morgen leben, oder er wird nicht leben, es ist entweder so oder so; und ich behaupte ferner, dieser Satz ist nicht bloß wahr, sondern auch notwendig; also ist es gewiß, daß HERMIAS morgen leben oder nicht leben wird“; worauf EPIKUR erwiderte: „Nein; keines von beiden gebe ich zu; denn, räume ich ein, es sei eines von beiden notwendig, so würde notwendig sein, daß morgen HERMIAS entweder lebe oder nicht lebe. Es liegt aber *in der Natur* keine solche Notwendigkeit.“

Diese Worte des Philosophen machten die Hörer für einen Augenblick sprachlos vor Erstaunen.

Alle fühlten und sahen es deutlich ein, daß sie mit einemmal gleichsam aus der Natur hinaus-

geworfen wurden; jener Schüler, der die Frage aufgeworfen hatte, zu den anderen nach rückwärts gewendet, rief ihnen in höchster Erregung zu: „EPIKUR hat eine eiserne Mauer aufgerichtet! So fest, daß wir sie nicht durchbrechen, und so hoch, daß wir sie nicht übersteigen können!“

„Was hätte ARISTOTELES hiezu gesagt?“ begann dann ein anderer Schüler; und dann wieder ein anderer: „Das ist ja der Tod aller Wissenschaften!“

Die Erregung dauerte aber mehrere Tage fort, und EPIKURS Worte gingen in Athen von Mund zu Mund und riefen endlose Disputationen hervor.“

So ähnlich soll die Wirkung gewesen sein, als BROUWER auf einem Mathematikerkongreß erklärte, warum nach seiner Ansicht das „Prinzip vom ausgeschlossenen Dritten“ *auch in der Mathematik* keine absolute Gültigkeit habe. Sein Gedankengang ist folgender:

Das Prinzip vom ausgeschlossenen Dritten besagt:

Ein Ding hat eine bestimmte Eigenschaft oder es hat sie nicht. Ein Drittes ist ausgeschlossen.

Zum Beispiel: Unser junger Freund HERMIAS wird morgen leben, oder er wird nicht leben. Eine dritte Möglichkeit gibt's nicht.

Oder zum Beispiel: Eine Linie ist gerade oder nicht gerade. Ein Drittes ist ausgeschlossen.

Und so weiter. Und so weiter.

Von diesem Prinzip wird in der Mathematik stets auf folgende Art Gebrauch gemacht:

Der Beweis irgendeines mathematischen Satzes gelingt zum Beispiel, falls man annehmen darf, daß ein gewisses mathematisches Ding eine bestimmte Eigenschaft hat. Es kann nun vorkommen, daß der Beweis *desselben* mathematischen Satzes auch gelingt, falls jenes *selbe* mathematische Ding die erwähnte Eigenschaft *nicht* hat. Das Prinzip vom ausgeschlossenen Dritten wird nun beim Beweise dann herangezogen, wenn das fragliche mathematische Ding *nicht* genügend bekannt ist, d. h., wenn ich nicht, ohne langwierige Untersuchungen, feststellen kann, ob es die fragliche Eigenschaft hat oder *nicht* hat. Das Prinzip erspart mir diese langwierigen Untersuchungen, denn es garantiert mir, daß das Ding entweder die Eigenschaft hat oder *nicht* hat. Da der mathematische Satz (wie wir voraussetzen) in beiden Fällen bewiesen werden kann, so bin ich — ohne nähere Kenntnis des Dinges — *sicher, daß er gilt*.

Zum Beispiel: Nehmen wir an, ein mathematischer Satz kann bewiesen werden, wenn unter den fünf Ziffern

4, 6, 7, 9, 20

eine Primzahl, d. h. eine Zahl, die nur durch sich selbst und durch 1 teilbar ist, vorkommt. Derselbe mathematische Satz soll auch beweisbar sein, falls unter den fünf Ziffern *keine* Primzahl vorkommt. Hier ist uns das fragliche mathematische Ding (die Reihe der fünf Ziffern) so genau bekannt, daß kein Anlaß zur Heranziehung des

Prinzips vom ausgeschlossenen Dritten vorliegt. Wenn ich nämlich die Reihe der fünf Ziffern durchlaufe und auf 7 stoße, so weiß ich, daß eine Primzahl darunter vorhanden ist, und kann hieraus unmittelbar auf die Gültigkeit jenes mathematischen Satzes schließen.

Nehmen wir nun aber an, daß jene Reihe nicht fünf, sondern so viele Ziffern enthalte, daß zu ihrer Durchlaufung etwa 10 Jahre erforderlich wären. So viel Zeit will ich natürlich nicht aufwenden, bloß um festzustellen, ob unter jenen Ziffern eine Primzahl vorkommt oder nicht. Da ziehe ich doch lieber das Prinzip vom ausgeschlossenen Dritten heran und sage: Bei einer Durchmusterung der Ziffern würde ich nach Ablauf von 10 Jahren entweder auf eine Primzahl gestoßen sein oder nicht. Für jeden dieser zwei Fälle läßt sich der fragliche mathematische Satz beweisen. Also gilt er.

Auch BROUWER würde in diesem Fall den Beweis anerkennen. Er würde ihn aber *nicht* anerkennen, falls die Anzahl jener Ziffern *unendlich* groß ist, so daß ihre Durchlaufung *auch innerhalb beliebig vieler Generationen unmöglich* wäre. Bei einer unendlichen Anzahl von Ziffern würde BROUWER nur in den folgenden zwei Fällen den Beweis anerkennen: 1. wenn man durch einen glücklichen Zufall in der unendlichen Menge von Ziffern eine Primzahl bemerken würde, oder 2., wenn es gelänge, auf mathematischem Wege (d. h., ohne die unendliche Menge von Ziffern, bis ans Ende zu durchlaufen, was ja prinzipiell unmöglich ist, weil sie kein Ende hat) zu entscheiden, ob eine Primzahl in der unendlichen Menge enthalten ist oder nicht. Wenn aber keiner dieser zwei Fälle vorliegt, dann ist die Frage unentschieden, und es ist — nach BROUWERS Ansicht — *nicht* möglich, den fraglichen mathematischen Satz zu beweisen. Die moderne Mathematik enthält eine große Zahl derartiger Sätze. Sie alle sind nach BROUWERS Ansicht unbewiesen.

Aber, wird man einwenden, es kann doch — auch beim Durchlaufen einer unendlichen Menge von Ziffern — nichts anderes passieren als der eine der beiden Fälle: entweder man findet eine Primzahl oder man findet keine!

Gewiß, würde darauf BROUWER antworten, *vorausgesetzt nämlich, daß das Prinzip des ausgeschlossenen Dritten gilt. Woher weiß ich aber, daß es auch in diesem Falle gilt?*

Hier nun tritt die außerordentliche philosophische Tragweite der BROUWERSchen Ansicht

zutage. Für BROUWER hat offenbar auch ein logischer Satz nur Sinn, falls er verifizierbar ist; und er ist wahr, nur insoweit er verifiziert ist.

Daß ich mir etwas *nur so* und nicht anders vorstellen kann, ist für BROUWER noch kein Beweis, daß es so ist. Er verlangt einen handgreiflicheren Beweis: die Verifikation.

Wie aber verifiziere ich zum Beispiel den Satz vom ausgeschlossenen Dritten? *Indem ich in jedem besonderen Falle zeige, daß das Ding tatsächlich entweder die bestimmte Eigenschaft hat oder sie nicht hat.* In Fällen also, wo ich weder nachweisen kann, daß die Eigenschaft vorhanden ist, noch nachweisen, daß sie nicht vorhanden ist; und ins solange es, trotz der größten Bemühungen *nicht* geglückt ist, das „Weder—Noch“ in ein „Entweder—Oder“ zu verwandeln, sind wir berechtigt, die allgemeine Gültigkeit des Prinzips zu bezweifeln.

In seiner noch unveröffentlichten *Erkenntnistheorie* hat JOSEF POPPER-LYNKEUS die Hauptkonsequenz der MACHschen Philosophie in die Formel

Ich — Welt

zusammengefaßt. Die Welt ist identisch mit unserem Ich, d. i. der Gesamtheit unserer Erlebnisse, es hat daher keinen Sinn, sich mit dem Unerlebten zu befassen. Auch die logischen Sätze sind aus Erlebtem gewonnen und sollen — auch in der Mathematik — nur auf Erlebbares angewendet werden.

Dies, glaube ich, ist der philosophische Sinn der BROUWERSchen Bemerkung. Daß die hier dargelegte Auffassung mit BROUWERS eigener übereinstimmen dürfte, schreibe ich aus dem folgenden Passus, den ich seiner Abhandlung in Crelles Journal 1924 entnehme:

„Die Konsequenz des den Gesetzen der theoretischen Logik zugeschriebenen aprioristischen Charakters war, daß man bis vor kurzem diese Gesetze, einschließlich des Satzes vom ausgeschlossenen Dritten, auch in der Mathematik der unendlichen Systeme rückhaltlos angewandt hat und sich dabei nicht von der Erwägung hat stören lassen, daß die auf diesem Wege erhaltenen Resultate im allgemeinen weder praktisch noch theoretisch einer empirischen Bestätigung zugänglich sind. Auf dieser Grundlage sind, insbesondere im letzten halben Jahrhundert, ausgedehnte unrichtige Theorien aufgebaut worden.“

LICHTENBERG hat diese durch BROUWER ausgelöste Krisis vorausgeahnt, da er eine Philosophie ankündigte, „die selbst die Notwendigkeit von dem Satze des Widerspruches leugnet“.

Pluripotenzerscheinungen.

Von A. KÜHN, Göttingen.

Als „Pluripotenz“ bezeichnet V. HAECKER „die in jedem Organismus vorhandene virtuelle Fähigkeit, unter bestimmten Bedingungen bestimmte, vom Typus abweichende Entwicklungsrichtungen einzuschlagen“. Der Begriff wurde von ihm 1913 geprägt und in mehreren Veröffentlichungen verwendet, um eine Reihe von Tatsachen zusammenzufassen, die auf ganz verschiede-

nen Gebieten liegen, aber doch gewisse gemeinsame Züge aufweisen und gleichermaßen bedeutungsvoll für das Problem der Rassen- und Artbildung sind. In einem 1925 erschienenen Buche („Pluripotenzerscheinungen. Synthetische Beiträge zur Vererbungs- und Artbildungslehre.“ Jena: G. Fischer), versucht HAECKER nun, ausgehend vom Pluripotenzbegriff, eine

umfassende entwicklungsphysiologische und vererbungs-theoretische Hypothese zu begründen, die in starkem Widerspruch zu herrschenden Vorstellungen steht.

Der Begriff der Pluripotenz ist zunächst stammes-geschichtlich und gründet sich auf Tatsachen wie die folgenden: Bei vielen Arten eines engeren oder weiteren Verwandtschaftskreises treten parallele Rassen auf, z. B. die gleichen Färbungs- und Zeichnungsrassen innerhalb vieler Säugetierordnungen. Parallellaufende Merkmalsausbildung erscheint auch in Artmerkmalen in engeren oder weiteren Verwandtschaftsgruppen. Sehr auffallend tritt dies im Zeichnungsmuster von Schmetterlingen zutage, Augenflecke, metallisch glänzende Flügelmale treten sprunghaft in den verschiedensten Familien und Gattungen auf. Bei der sog. Mimikry zeigen Angehörige von drei oder vier verschiedenen Familien übereinstimmende Zeichnungsmuster. Auch die Färbungs- und Zeichnungsverhältnisse des Federkleides der Vögel zeigen viele Beispiele paralleler Artbildung. Jeder Zoologe wird aus ihm genauer bekannten Gebieten weitere Fälle zu den zahlreichen von HAECKER aufgeführten hinzufügen können. Auch auf botanischem Gebiet haben die Parallelvariationen große Verbreitung.

Die Grundlage dieser Parallelvariationen sieht HAECKER darin, daß „das Artplasma, die Vererbungssubstanz im weitesten Sinne“, die Fähigkeit hat, „aus einem Gleichgewichtszustand in einen anderen überzuspringen“, und daß ihm hierfür eine „größere, aber nicht unbegrenzte Zahl von Potenzen oder Entwicklungsmöglichkeiten“ zur Verfügung steht. Der Übergang des Artplasmas in einen neuen Gleichgewichtszustand wird als „Umstimmung“ bezeichnet. Das nächste Korrelat zum Begriff der Pluripotenz, das aus den angeführten Ausgangsursachen herauspringt, ist die „Paripotenz“: Das Artplasma zahlreicher Arten engerer und weiterer Verwandtschaft besitzt eine Anzahl gleicher „virtueller Potenzen“.

Nun werden auch Vorgänge der Individualentwicklung in den Pluripotenzbegriff einbezogen. HAECKER stellt die Frage, ob es am Platze ist, „auch dann von Pluripotenz zu sprechen, wenn Embryonalzellen irgendwelcher Entwicklungsstufe auf abnorme Reize hin, insbesondere auch bei Regenerationsprozessen, nicht die normale Entwicklung und Differenzierung einschlagen, sondern ganz oder teilweise das Schicksal von Schwesterzellen übernehmen und erfüllen“. Die embryonalen Zellen besitzen die Fähigkeit zu mehrerer Differenzierungen, als sie im Lauf der normalen Entwicklung durchlaufen. Ihre „prospektive Potenz“ ist größer als ihre „prospektive Bedeutung“ in DRIESCHS bekannter Terminologie. Wenn man aber die Entwicklungsfähigkeit embryonaler Zellen nach mehreren Richtungen Pluripotenz nennt, so hat hier der Ausdruck einen völlig anderen Sinn als oben, wo er auf die Abänderungsfähigkeit der Vererbungssubstanz geprägt wurde, die sich in der Rassen- und Artbildung ausdrückt. In der Fähigkeit der Embryonalzellen, auf bestimmte Reize der Umgebung mit bestimmten Entwicklungsweisen zu antworten, spricht sich eine Reaktionsfähigkeit der Zellen aus, die durch das Artplasma bedingt ist. Aber eine Veränderung dieser Grundlage der spezifischen Differenzierungen selbst im Entwicklungsgang der Zellen wird man weder aus dem normalen Ablauf der Ontogenese, noch aus einer Umdifferenzierung von Embryonalzellen oder Gewebezellen erschließen dürfen.

Wenn HAECKER weiterhin die Geschlechtsbestimmung und Geschlechtsumstimmung als „ausgesprochene Pluripotenz-, speziell Bipotenzerscheinung“ bezeichnet,

so erscheint mir diese Begriffserweiterung gleichermaßen bedenklich, wie wenn der Pluripotenzbegriff angewandt wird in anderen Fällen, in denen sich Potenzen embryonaler Zellen entfalten. In einem Teil der Fälle ist die Geschlechtsverteilung eine ausgesprochene Vererbungserscheinung, sei es, daß jede Zelle von vornherein geschlechtlich differenziert erscheint oder auf hormonalem oder anderem Wege die Ausbildung sekundärer Geschlechtsmerkmale von einem primär differenzierten Organsystem ausgelöst wird. Auf die Wirkung eines alternativ nach dem Homo-heterozygotenschema verteilten Geschlechtsbestimmers (Realisators) reagiert das übrige Artplasma mit der Ausbildung der männlichen oder der weiblichen Merkmale. In der Skepsis gegen die Geschlechtschromosomen als Träger des Geschlechtsbestimmers scheint HAECKER mir entschieden zu weit zu gehen. Heute sind doch bei sehr vielen Tieren und auch bei Pflanzen Heterochromosomen nachgewiesen, und ihre Beziehungen zur Geschlechtsverteilung sind gut gesichert. Bei einem anderen Teil der Organismen, besonders bei monözischen Pflanzen, aber auch bei manchen Tieren (Bonellia, Froschrassen) ist die Geschlechtsdifferenzierung eine Modifikationserscheinung: Die Ausbildung männlicher oder weiblicher Organe und Keimzellen ist eine Reaktion des Organismus oder eines seiner Teile auf Umgebungsbedingungen¹⁾.

HAECKER ist jedoch überhaupt geneigt, in den Modifikationen, die der Phänotypus einer Art oder Rasse unter verschiedenen Außenbedingungen erfährt, vielfach Umstimmungen des Artplasmas in den Zellen von Organanlagen zu sehen, Äußerungen einer „somatischen Pluripotenz“, die in ihrem Wesen mit der „keimplasmatischen Pluripotenz“ übereinstimmt, die sich in Rassen- und Artbildung äußert. So, wenn er aus der Verähnlichung, welche mehrere Schmetterlingspezies im Temperaturexperiment erfahren, schließt, daß „gemeinsame, normalerweise inaktive Potenzen geweckt worden sind“ oder eine „gleichgerichtete Umstimmung eingetreten ist“. Vor allem nimmt er das dann an, „wenn die atypischen Entwicklungsvorgänge in solche Phänotypen auslaufen, die bei anderen Rassen derselben Art oder bei anderen Arten typische Vorkommnisse bilden“. Es liegt in der Tat ein sehr dringendes und lockendes Problem in diesen Fällen, in denen eine innerhalb der Modifikationsbreite einer Art gelegene Merkmalsausbildung bei einer anderen Art unter allen Umständen verwirklicht wird. Aber der Schluß ist nicht zwingend, daß in den Individuen und in den Organen, in denen bei der ersten Art die betreffende Merkmalsausbildung eintritt, durch die modifizierende Außeneinwirkung das Artplasma in denselben Zustand umgestimmt sei, welcher in der Erbmasse der zweiten Art dauernd besteht. Bei Tieren wird sich meist nicht entscheiden lassen, ob in differenzierten Zellen das Artplasma als solches dauernd verändert ist oder nicht, da sich die Gewebszellen nicht zum Ausgangspunkt neuer Individuen machen lassen. Bei Pflanzen mit ausgesprochener Regenerationsfähigkeit erweist sich jedenfalls, daß durch die Modifikation eine stabile Veränderung des Artplasmas nicht eingetreten ist. Das zeigt sich ebenso an der phänotypischen Geschlechtsdifferenzierung wie an anderen Merkmalen. Will man

¹⁾ Vgl. hierzu die Aufsätze in den „Naturwissenschaften“: J. HARMS, Geschlechtsbestimmung und -umstimmung. 1923, S. 897; FR. V. WETTSTEIN, Über Fragen der Geschlechtsbestimmung bei Pflanzen. 1924, S. 701; E. WITSCHI, Hermaphroditismus und Geschlechtstrennung bei den Wirbeltieren. 1925, S. 877.

hier etwa sagen, daß eben das Artplasma aus dem neuen Gleichgewichtszustand nach Aufhören der modifizierenden Bedingungen wieder in den alten zurückpendelt, so faßt man den Unterschied zwischen den verschiedenen Reaktionen des modifizierbaren Organismus und den stabilen genotypischen Unterschieden nur in andere Worte.

Nun kommt es aber vor, daß induzierte Abänderungen auch bei den Nachkommen der abgeänderten Individuen auftreten. Hierdurch kommt das Problem der Pluripotenz mit der Frage der Vererbung erworbener Eigenschaften in Berührung. Gegen eine Vererbung funktioneller Anpassungen in LAMARCKSchem Sinne äußert HAECKER schwere Bedenken. Er hält es aber doch theoretisch für möglich, daß „solche Abänderungen einen erblichen Charakter bekommen können, denen virtuelle Potenzen des Artplasmas zugrunde liegen“. Äußere Einwirkungen könnten gleichermaßen unmittelbar Körperzellen, die eine bestimmte Differenzierung leisten, und die Keimzellen treffen (Parallelinduktion) oder wahrscheinlicher „zunächst primär die Gesamtverfassung des Körpers und den allgemeinen Stoffwechsel verändern, und erst von hier aus werden einerseits bestimmte Körperzellen, andererseits die Keimzellen und damit die Nachkommen gleichsinnig abgeändert“ (indirekte Parallelinduktion). HAECKER denkt auch an eine andere Möglichkeit: Es könnte „durch irgendwelche äußere Reize das Artplasma in embryonal gebliebenen Zellen einer noch nicht entfalteten Organanlage“ umgestimmt werden und „von dieser Stelle aus eine allmähliche Umstimmung oder Assimilierung des Artplasmas auch anderer Teile des Organismus einschließlich der Keimzellen zustande kommen“. Wenn auch der letzte Gedanke recht gewagt erscheint, so weist doch eine Vererbung induzierter Abänderungen darauf hin, daß in diesen Fällen der Somaänderung und der Keimzellenänderung irgendein gemeinsamer Vorgang zugrunde liegt. Allerdings sind die Tatsachen, die eine solche Vererbung beweisen können, erst sehr spärlich und wenig analysiert. Doch drängt vor allem die Übereinstimmung „experimentell erzeugter Modifikationen mit den in anderem Klima lebenden erbfesten Rassen“ immer wieder auf dieses wichtige Problem der Artumwandlung hin.

Wenn HAECKER die Vererbungssubstanz als Artplasma und ihre Veränderung als Umstimmung bezeichnet, so betont er damit auch einen Gegensatz gegen die herrschende Form des Mendelismus, welche im Genotypus eine Summe von diskreten Erbinheiten sieht. Mutation ist ihm nicht Veränderung, Verlust oder Neugewinn solcher Einheiten, sondern qualitative Veränderung an einer einheitlichen Substanz. Der ganz allgemeine Begriff des Artplasmas genügt ihm allerdings beim Übergang zu spezielleren Vererbungsvorstellungen nicht mehr. So bedeutet ihm „Keimplasma im wesentlichen die Kernsubstanz der Keimzellen und Keimbahnzellen“, und auch die ersten Schritte der Chromosomentheorie¹⁾ ist er bereit mit zu tun, wenn auch mit Vorbehalt. HAECKER verschließt sich auch dem starken Eindruck nicht, den die Tatsache macht, daß bei Drosophilaarten die Anzahl der Gruppen gekoppelter vererbter Merkmale mit der Anzahl der Chromosomenpaare übereinstimmt. Eine qualitative Verschiedenheit der Chromosomen nimmt HAECKER wenigstens für eine Reihe von Formen als sekundär erworbenen Zustand an, aber in dem Sinne, daß „die

Substanz dieser Chromosomen nach wie vor ‚Artplasma‘ sei, ebenso wie auch die beiden Hauptdifferenzierungen des Protoplasmas, das Kern- und Zellplasma, wahrscheinlich nur ernährungsphysiologische Varianten des Artplasmas sind“. Er hält für wahrscheinlich, daß „jedes einzelne Chromosom aus einer großen Anzahl von gleichartigen Biomolekülen zusammengesetzt ist“. Bei mutativen Veränderungen, Umstimmungen des Keimplasmas, geht „das Chromosom aus seinem normalen Artplasmazustand in einen neuen Zustand über“ dadurch, daß „die Konstitution sämtlicher Biomoleküle in gleicher Weise durch die Abänderung betroffen wird“. Der jeweilige Zustand des Keimplasmas bzw. eines Chromosoms wird als Idiostatus bezeichnet. Die Richtung und der Umfang, in welchem die Chromosomen umgestimmt werden können, also die virtuellen Potenzen (virtuellen Idiostatus), die verwirklicht werden können, hängen von der Konstitution der Chromosomensubstanz ab. So sind die Vorstellungen der Pluripotenz- und Umstimmungshypothesen auf die Chromosomen übertragen. Hier versucht nun HAECKER in sehr origineller Weise Ergebnisse der Vererbungsexperimente umzudeuten, welche MORGAN und seine Schule zum Ausbau der Theorie der Lokalisation der Gene als diskreter Erbinheiten in den Chromosomen verwendet haben. HAECKER geht aus von der Betrachtung der sog. Habitusformen. Als Habitus oder Status bezeichnet HAECKER im Anschluß an die menschliche Konstitutionsforschung Komplexe von Organanomalien, die uns als Ausdruck einer anomalen Konstitution entgegengetreten. Diese kann sich darin aussprechen, daß das Gesamtbild des Körpers in allen oder wenigstens sehr vielen Teilen und Funktionen verändert ist. Beispiele für solche Habitusformen sind Status asthenicus, Basedow-Konstitution, Chondrodystrophie, Habitus albinoticus, rothaariger Habitus beim Menschen; entsprechende Habitusformen lassen sich bei Tieren feststellen. K. H. BAUER hat neuerdings darauf hingewiesen, daß es solche einfach mendelnde sog. Systemerkrankungen gibt, bei denen zahlreiche Organsysteme dadurch betroffen sind, daß alle einem bestimmten Keimblatt entstammenden Gewebe in bestimmter Beziehung anormal sind. So handelt es sich bei der Osteogenesis imperfecta um eine mangelhafte Abscheidung der Grundsubstanz, die für die mesenchymalen Gewebe des Knochens, der Zähne, aller Bindegewebsarten spezifisch ist. Bei der Asthenie ist die Bildung der Fasermasse gestört. HAECKER sieht die Ursache eines besonderen Habitus in einer bestimmten qualitativen Änderung des Keimplasmas. Nun werden manchmal in habitusartiger Verbindung Merkmale vererbt, die nicht so fest und unlösbar verknüpft sind, wie viele Defekte in den streng einheitlichen Habitusformen; oder eine Anomalie kann in mehreren Graden erblich auftreten. HAECKER führt unter anderem Grade der Brachydactylie, fakultative Verbindung von Polydactylie mit Syndactylie und Brachydactylie, die allermeist, aber nicht immer vorhandene Verknüpfung von weißem Fell und blauen Augen mit Taubheit bei Katzen auf. Als gemeinschaftliche genetische Grundlage aller dieser Erscheinungen nimmt HAECKER qualitative Verschiedenheiten des Idiostatus der Keimplasmasubstanz an: „Dem Hinter- oder Nebeneinanderauftreten verschiedener, das gleiche Organsystem betreffender Mutationen entspricht ein unmittelbarer oder abgestufter Übergang vom normalen Zustand zu einem besonderen Idiostatus“. „Hat der Idiostatus nur seine unterste Stufe erreicht, so wird vielleicht nur ein einzelnes erbliches Merkmal in Erscheinung treten, ... wenn ein anderer ‚Sub-

¹⁾ Vgl. hierzu auch den Meinungs austausch zwischen BĚLAŘ und FICK in *Naturwissenschaften* 13, H. 6, H. 24, H. 34. 1925.

status' des betreffenden Idiostatus erreicht ist, kann es zur Entfaltung mehrerer Anomalien kommen." Von hier aus geht HAECKER folgerichtig zum Drosophilaproblem über. Der Artplasmadifferenzierung jedes Chromosoms entspricht ein besonderer Idiostatus, der in verschiedene Substatus umgestimmt werden kann. Der Summe der abänderungsfähigen Gene, die nach MORGAN durch die Lage im selben Chromosom gekoppelt sind, entspricht bei HAECKER eine Serie von virtuellen Potenzen des Chromosomenplasmas, jeder bestimmten Kombination von Genen in einer Kopplungsgruppe entspricht eine der möglichen qualitativ bestimmten Zustände des Chromosomenplasmas.

Der letzte Schritt der MORGANSchen Lokalisationstheorie, die Hypothese der eindeutig bestimmten linearen Anordnung der Gene im Chromosom, beruht auf der Tatsache, daß im Erbgang zwischen zwei entsprechenden Kopplungsgruppen Merkmale ausgetauscht werden können. Die MORGANSche Theorie sieht die Grundlage dieser „Crossing-over“-Erscheinungen¹⁾ in einem Austausch von Chromosomenstücken mit bestimmten Genketten zwischen zwei einander entsprechenden Chromosomen eines Paares. HAECKER deutet nun im Rahmen seiner Pluripotenz- und Umstimmungshypothese diese Veränderung der Anlagenkombination als Umstimmung des betreffenden Chromosomenartplasmas auf einen anderen Substatus. Er nimmt an, „daß zwischen den beiden Idioplasmaportionen (einander entsprechenden Chromosomen) Wechselbeziehungen chemisch-physiologischer Art wirksam werden“, die in einer gewissen Anzahl von Fällen eine „partielle Umstimmung“ zur Folge haben. Der qualitative Zustand des einen Chromosoms wird also, ganz oder teilweise, einen gleichartigen des anderen Chromosoms herbeiführen. Und im selben Betrage muß auch in anderen Zellen eine Umstimmung in entgegengesetztem Sinn stattfinden. Es steht der Annahme wohl nicht das geringste im Wege, daß auch die regelmäßigen Häufigkeitsverhältnisse, in welchen sich die Crossing-over-Vorgänge speziell bei *Drosophila* vollziehen, das Ergebnis sehr komplizierter Reaktionsketten darstellen; — aber diese Vorstellungen sind eben rein hypothetisch und haben gegenüber der MORGANSchen Theorie zwei Nachteile: Die bestimmten Häufigkeitsverhältnisse, mit denen diese und jene angenommenen qualitativen Umstimmungen des Idioplasmas gemeinsam bewirkt werden,

müssen von HAECKER einfach hingenommen werden, „über die Art der ‚Verwandtschaft‘ der Mutationsmerkmale . . . läßt sich heute noch nichts aussagen“. Die Theorie der linearen Anordnung der Gene erklärt aber wichtige mathematische Beziehungen, die ersetzen den Austauschhäufigkeiten verschiedener Gene herrschen, wenn die Austauschhäufigkeit zwischen einer Reihe von Genen gegeben ist. Ein weiterer Nachteil der Pluripotenz- und Umstimmungshypothese scheint mir darin zu liegen, daß sie nicht auf unmittelbar experimentell in Angriff nehmbarer Fragestellungen führt, während die Chromosomentheorie der Vererbung (Gen-Lokalisationstheorie) in allen ihren Teilen experimentelle Prüfungen erlaubt und fordert, und, wie ich mit vielen anderen meine, in solchen sich auch schon bewährt hat. HAECKERS Bestreben, bei „vererbungszytologischen Erklärungsversuchen die morphologische Auffassung schrittweise durch eine physiologisch-chemische zu ersetzen“, ist sicher das Endziel aller Genetiker. Aber es handelt sich zunächst einfach um eine Tatsachenfrage: spielen sich die letzten Endes den Vererbungs- und Entwicklungsvorgängen zugrunde liegenden Vorgänge an lebenden Teileinheiten der Zelle, Chromosomen von einer bestimmten Struktur und Lebensgeschichte, ab? Wenn ja, so ist der Versuch, diese Einheiten gleichsam zu überspringen und gleich zu Vorstellungen „allgemein-physiologischer Art“ zu gelangen, ein Irrweg. Genau so wie es ein Irrweg wäre, und zum Teil in J. LOEBS Gedankengängen war, die Reizreaktionen der Tiere ohne genauere Berücksichtigung der Struktur und Leistungen ihrer Reaktionssysteme, der Sinnesorgane und Nervensysteme, auf Grund allgemein-physiologischer Erwägungen deuten zu wollen. HAECKER betont an anderem Ort¹⁾ selbst, wie mißlich es ist, sich heute schon in das „Nebelland der Kern-Zell-Stoffwechselerscheinungen“ zu begeben.

Dafür, daß HAECKER in seinem Buche eine Fülle von Tatsachen zusammenstellt, die eine genaue Analyse fordern und die teilweise nicht mit den üblichen vererbungstheoretischen und entwicklungsphysiologischen Vorstellungen zusammenstimmen, und daß er andere theoretische Wege versucht, als die, welche heute meist begangen werden, kann man ihm nur dankbar sein. Es kommt nicht darauf an, eine bestimmte Theorie zu verteidigen, sondern eine gültige zu ermitteln.

¹⁾ Phänotypisch gerichtete Bestrebungen in Amerika; Zeitschr. f. induktive Abstammungs- u. Vererbungslehre 41, 237. 1926.

Besprechungen.

SCHMIDT, MARTIN, **Ammonitenstudien.** Fortschritte der Geologie und Paläontologie. Herausgegeben von Prof. SOERGEL. Berlin: Gebr. Borntraeger 1925. 89 S., 35 Abbild. u. 1 Taf. 16 × 25 cm. Preis RM 6.75.

Entsprechend dem Programm der „Fortschritte“, neue Methoden und allgemein bedeutsame Forschungsergebnisse zu bringen, liefert auch das 10. Heft einen prinzipiell wichtigen Beitrag zur Organisation und Bewegungsart der Ammoniten. Über dieses Thema ist ja schon eine ganze Bibliothek zusammengeschrieben worden, und da tatsächliche Beobachtungen beim fossilen Material nicht zu machen waren, überwogen spekulative Vermutungen; es gab in der Tat kaum eine Bewegungs- und Lebensweise, die man für die Ammoniten nicht in Anspruch genommen hätte. M. SCHMIDT versucht nun dem Problem durch histologische Be-

obachtungen am heute lebenden Nautilus und durch Vergleich der Ergebnisse mit den an gut erhaltenen Ammoniten sichtbaren Muskeleindrücken in der Schale näherzukommen. Das Nautilus- bzw. das Ammonitentier ist durch einen Muskelring an der Schale befestigt; der hintere Körperabschnitt liegt aber nicht direkt der Kammerscheidenwand und der sie erzeugenden Septalhaut an, sondern zwischen beiden besteht ein präseptaler (d. h. vor der letzten Kammerwand in der Wohnkammer gelegener) Raum. Verf. sucht nun, m. E. mit Erfolg, zu beweisen, daß die dem Septum anliegende Haut muskulös war und mit einzelnen Muskelsträngen an den einzelnen Verzweigungen der zerschlitzten Lobenlinie (Lobengründe) befestigt war. Durch diese Vorrichtung war es dem Tiere möglich, vermittels einer Muskelkontraktion den präseptalen Raum zu erweitern oder einzuengen. Die Bedeutung

dieser Erkenntnis ist groß, denn sie liefert uns eine Erklärung für die vertikale Bewegungsmöglichkeit der beschalteten Cephalopoden. Ihr Luftkammersystem war so reguliert, daß das spezifische Gewicht des Tieres plus Schale mehr oder weniger dem des Wassers gleich war. Der geschilderte Mechanismus gestattete nun, durch eine Verringerung oder Vergrößerung des leichten gasgefüllten Raumes das Gewicht so zu verändern, daß ein Niedersinken oder Aufsteigen des Tieres möglich wurde. Wir haben es also mit einem äußerst fein regulierten hydrostatischen Apparat zu tun, eine Tatsache, die an sich schon lange bekannt war, für die aber eine befriedigende Erklärung fehlte. Daß man mit Hilfe der neuen Erkenntnis auch in die Lebensweise der Ammoniten einen vertieften Einblick gewinnen kann, ist ohne weiteres klar. Referent hat in dieser Zeitschrift vor 3 Jahren (1922, H. 32) über das Thema berichtet und freut sich, in wesentlichen Punkten eine vom Verfasser selbst betonte Übereinstimmung feststellen zu können. Nur würde ich, das sei in Ergänzung zu meinen früheren Ausführungen gesagt, die Bedeutung der Tiefe des Lebensraumes, d. h. des Wasserdruckes, heute etwas anders formulieren. Da das spezifische Gewicht des Wassers sich nach der Tiefe nur wenig ändert, so wäre es möglich, daß das Ammonitentier sich diesen Änderungen mit Hilfe seines „Auftriebsapparates“ bis zu einem gewissen Grade anpassen könnte; trotzdem hat der Wasserdruck doch eine ausschlaggebende Rolle, denn die gleichsinnige Regulierung des Gasdruckes im Inneren der Schale ist nur in gewissen Grenzen möglich, und so bleibt daher ein Optimum der Tiefe bestehen, gegenüber dem vertikale Bewegungen nur in bestimmten Grenzen möglich sind; praktisch werden sie 200–300 m kaum überschreiten. In diesem Zusammenhang ist die von M. SCHMIDT betonte Tatsache wichtig, daß die Septalmuskulatur der Flachsee-Ammoniten wesentlich einfacher und daher auch schwächer ist als die der in tieferem Wasser lebenden Formen.

MARTIN SCHMIDT nimmt nun für die meisten Ammoniten eine mikrophage Lebensweise an und damit eine Abhängigkeit vom Meeresplankton, dessen auch heute beobachtbaren vertikalen Bewegungen die Ammoniten gut folgen konnten. Im allgemeinen leuchtet diese Annahme durchaus ein. Im speziellen scheinen dem Referenten indessen Abweichungen doch häufiger zu sein, als Verfasser das annehmen will. Es ist ja immerhin denkbar, daß der mit kräftigem Gebiß und viel dickerer Schale ausgestattete Nautilus kein unbedingt gültiges Vergleichsobjekt darstellt. M. SCHMIDT betont selbst die Tatsache, daß die Loben des Nautilus konkav, die der Ammoniten konvex sind; die Kontraktion der Septalmuskeln hatte also in einem Falle eine Vergrößerung, in dem anderen eine Verkleinerung des präseptalen Raumes zur Folge. Eine solche Umkehrung der Funktion ist aber ohne einschneidenden Unterschied in den Lebensbedingungen kaum denkbar. Ein solcher scheint mir auch für die abnormen (ausgerollten, schneckenförmigen usw.) Ammonitenformen in stärkerem Maße wahrscheinlich zu sein. Es ist zwar zuzugeben, daß für einige von ihnen (Scaphites, evtl. Crioceras) eine schwebende, d. h. nicht aktiv schwimmende Lebensweise in Frage kommt. Andere kann ich mir aber doch nur als Bodenbewohner vorstellen, deren hydrostatischer Apparat lediglich die Bedeutung einer Erleichterung der Schale hatte. Für die schneckenförmig gewundenen Typen (Cochloceras, Turritiles) läßt Verfasser diese Möglichkeit auch durchaus gelten, für andere lehnt er es aber ab. Insbesondere macht er gegen den Referenten geltend, daß die gelegentlich

in triadischen und jurassischen Schichten beobachtete Lagerung der Ammoniten kreuz und quer zur Schichtung nicht als primär, sondern als sekundär, etwa durch Bodenfließen verursacht, zu betrachten ist. Referent sieht in dieser Deutung noch gewisse Schwierigkeiten. Bei der sehr zarten Beschaffenheit der Schalen ist eine Umbettung ohne Zerbrechen schwer vorstellbar; bei der ungeheuren Ansammlung von Einzelstücken (ich habe gelegentlich aus 4–5 mächtig großen Blöcken 700–800 Stücke einer Art herauspräpariert) kann ich mir kaum vorstellen, daß Lebensraum, Sterberaum und Begräbnisraum dieser Form voneinander getrennt waren. Doch sind das schließlich Einzelheiten, und ich gebe gern zu, daß hier ein eindeutiger Beweis zur Zeit noch kaum möglich ist.

Die Gründe des mehrfachen Aussterbens großer Ammonitengruppen sieht der Verfasser ebenso wie ich in den mehrfachen Änderungen der geophysikalischen Lebensbedingungen. Ob hierbei mehr an klimatische Änderungen (M. SCHMIDT) oder an Veränderungen der Tiefenverhältnisse (BUBNOFF) zu denken ist, wollen wir hier nicht diskutieren. Wie Verfasser selbst hervorhebt, würde uns das zu sehr in die „glücklichen Jagdgründe der Theorienbauer“ ablenken. Der Wert der SCHMIDT'schen Arbeit liegt vor allem in den sorgfältigen vergleichenden Untersuchungen des Gewebebaues und der Muskeleindrücke. Es ist durchaus anzunehmen, daß dieser neue Weg zu weiteren wichtigen Aufklärungen über den Bau der Ammoniten führen wird. Eine große Zahl der angedeuteten Fragen wird vielleicht dadurch ihre Erledigung finden, nachdem nun ein glücklicher Anfang gemacht wurde.

S. v. BUBNOFF, Breslau.

STUTZER, O., **Geologisches Kartieren und Prospektieren**. 2. Auflage. Berlin: Gebr. Borntraeger 1924. 190 S. und 84 Textf. 13 × 20 cm. Preis RM 6.—.

Der Satz, daß man Praxis nicht aus Büchern lernen kann, und daß jeder Feldgeologe seine Erfahrungen selber machen muß, ist zweifellos richtig; trotzdem weiß jeder Anfänger, wieviel Zeit und Mühe ihm oft der praktische Wink eines erfahrenen Kollegen erspart. Wenn daher ein so bewährter Praktiker, wie STUTZER, aus dem reichen Schatz seiner Erfahrungen grundlegende Ratschläge zusammenstellt, so wird nicht nur der Anfänger daraus reiche Belehrung schöpfen, sondern auch ältere Fachgenossen werden manches Lesenswerte finden. Aber ganz abgesehen von den Fachgeologen: der Landwirt, der seinen Boden gut kennen will, der Ingenieur, welcher nach Wasser sucht oder Wegstrecken richtig anlegen will, ja jeder, der gelegentlich mit geologischen Fragen zu tun bekommt, müßte über die Arbeitsweise des Geologen unterrichtet sein. Das STUTZER'sche Büchlein erscheint in verhältnismäßig kurzer Zeit in zweiter Auflage — der beste Beweis dafür, daß es trotz knapper Form den geschilderten Bedürfnissen durchaus entspricht.

Das Buch bespricht zunächst den Inhalt und die Art der Behandlung einer geologischen Karte. Die Ausrüstung eines Feldgeologen erfährt dann eine sehr ausführliche Schilderung. Das Anfertigen geologischer Karten und alle dazu erforderlichen Vor- und Hilfsarbeiten bilden weiterhin den eigentlichen Kern dieses ersten Teiles, der zum Schluß noch einige spezielle Ratschläge für geologische Arbeiten in Bergwerken enthält.

Der zweite Teil ist dem Prospektor gewidmet, d. h. dem modernen Schatzgräber, der auf eigene Kosten oder im Auftrage einer Firma durch unbekannte Gegenden reist, um neue Lagerstätten nutzbarer Stoffe zu finden. Die Prospektoren sind durchaus nicht immer

durchgebildete Geologen und so mag gerade in diesem Falle eine Aufzählung der Erfahrungstatsachen, auf die zu achten ist (Geländebeschaffenheit, Wasseraustritt, Vegetation usw.) besonders notwendig sein. Die zahlreichen Reisen des Verf. befähigen ihn wie kaum einen anderen zu einer solchen Schilderung.

S. VON BUBNOFF, Breslau.

ECKERT, MAX, Die Kartenwissenschaft. Forschungen und Grundlagen zu einer Kartographie als Wissenschaft. Bd. II. Berlin u. Leipzig: Walter de Gruyter & Co. 1925. XIV, 880 S., 33 Abb. im Text u. 2 Tafeln. Preis geh. RM 45.—, geb. RM 48.—.

Was der erste Band dieses tiefgründigen Werkes versprach (vgl. Naturwissenschaften 1922, Jg. 10, H. 39, S. 871—872) hält der zweite in vollem Maße. Hatte der erste eine kritische Darstellung der Grundlagen einer Kartenwissenschaft gegeben, sowie die eigentliche Landkarte und damit das Hauptarbeitsgebiet des Kartographen behandelt, so beschäftigt sich der zweite Band mit denjenigen Karten, die besonderen Zwecken dienen und das Ergebnis wissenschaftlicher Forschungen zur Darstellung bringen, die hauptsächlich vom Geographen geleistet werden.

Der Verf. unterscheidet im ersten Teil des zweiten Bandes die wesentlich nautischen Zwecken dienenden Seekarten, deren Geschichte, Wesen, Aufbau und Projektionen er darstellt, von den Meerkarten, zu denen er die ozeanischen Tiefenkarten, Strömungs-, Wind-, Wärme-, Eis-, Salzgehalts-Karten usw., sowie ferner die biologischen, Industrie- und Verkehrs-Karten der Ozeane rechnet.

Der zweite Teil würdigt die angewandten Karten und ihre wissenschaftliche Methodik. Das Gesetz der großen Zahl im Aufbau der Karte, allgemeine methodische Grundlagen, die Funktionen der Mittelwerte usw. werden an Bevölkerungs-, Verkehrs-, Wirtschafts- und physikalischen Karten erörtert.

Der dritte Teil umfaßt das große Gebiet der anorganischen Welt im Kartenbild, der hydrographischen, geologischen (einschließlich der agronomischen, Lagerstätten-, paläogeographischen, morphologischen) Karten. Als terrenegetische werden tektonische, vulkanologische, seismische, erdmagnetische und Karten der Schwereverteilung zusammengefaßt. Karten der Reliefenergie, der Landschaftbarkeit, der Erdteilgliederung und klimatologische Karten der sichtbaren wie der unsichtbaren meteorologischen Elemente beschließen diesen Teil.

Im vierten Teil geht der Verf. zur organischen Welt über. Pflanzen- und tiergeographische, Völker-, Sprachen- und Kultur-Karten, politische, historische und prähistorische Karten werden hier nach allen Richtungen beleuchtet.

Der fünfte Teil befaßt sich mit den verschiedenen, so überaus mannigfaltigen Arten der Wirtschafts- und Verkehrskarten, wobei auch die modernsten Verkehrsmittel in den Luftverkehrskarten, die neuesten Errungenschaften der Nachrichtenübermittlung in den Funkentelegraphen- und Ortungs-Karten Berücksichtigung gefunden haben.

Der sechste Teil ist der Ästhetik und Logik der Karte gewidmet. Hier stellt der Verf. Richtlinien zur ästhetischen Beurteilung der Karten auf und verbreitet sich ausführlich über die schwierige Frage der Ästhetik der Geländedarstellung durch Schichtlinien- und Schraffendarstellung, Schattenplastik, Farbenplastik und Böschungsplastik. Auch die Logik der Karte ist ein wichtiges Kapitel der wissenschaftlichen Kartographie. Muß man doch schon das Generalisieren als ein logisches Schaffen auffassen, und wohl sämtlichen

einzelnen Kartenelementen lassen sich im Lichte der Logik neue interessante Seiten abgewinnen. Ganz besonders gilt dies von den Farben. Nach Ansicht des Verf. gehört dem OSTWALDSCHEN Farbensystem, weil es physikalisch und logisch richtig aufgebaut ist, die Zukunft in der Kartographie.

Ein Anhang behandelt die Kriegskartographie, welche der Verf. in Theorie und Praxis so gründlich kennengelernt hat wie wohl kein anderer Geograph. Die Beachtung weiterer Kreise verdient hier der Plan von Paris, in welchem die 183 Einschlüsse der Geschosse aus den deutschen Ferngeschützen eingetragen sind.

Das gesamte Material, dessen wesentlicher Teil in den vorstehenden Zeilen nur sehr summarisch und lückenhaft skizziert werden konnte, ist in überaus klarer und kritischer Weise bearbeitet worden. Bewundernswert ist die Beherrschung der umfangreichen, sich auf zahlreiche Gebiete der heterogensten Wissenschaften erstreckenden Literatur, die dem Werk den Charakter eines grundlegenden Handbuches gewährleistet, das auch in fremden Sprachen nicht seinesgleichen hat und einen unvergänglichen Wert besitzt.

Ein ausführliches Personen- und Sachregister von 68 Seiten Umfang erleichtert das Nachschlagen und ermöglicht den Angehörigen der verschiedensten wissenschaftlichen und praktischen Berufe den erstaunlichen Reichtum des Inhaltes ihren Zwecken dienstbar zu machen.

O. BASCHIN, Berlin.

Sammlung geologischer Führer, herausgegeben von E. KRENKEL. Berlin: Gebr. Bornträger.

Bd. 29: DAHLGRÜN, FR., O. H. ERDMANNSDÖRFER und W. SCHRIEL, *Harz*, Teil I. 1925. 228 S., 51 Abb. und 6 Tafeln. Preis RM 8.40.

Bd. 28: FREBOLD, G., *Das Hannoversche Bergland*. I. Teil. 1925. 195 S., 1 Karte, 37 Abb. und 6 Tafeln. Preis RM 8.70.

Bd. 24.: RICHTER, M., *Allgäuer Alpen*, 1924. 224 S., 30 Abb. und 7 Tafeln. Preis RM 6.75.

Bd. 26: SPENGLER, E., und J. PIA, *Salzburger Alpen und das Salzkammergut*. 152 S., 17 Abb. und 10 Tafeln. 1924. Preis RM 6.30.

Die Bornträgersche Sammlung geologischer Führer erfreut sich schon lange einer großen Beliebtheit und Anerkennung nicht nur in Fachkreisen, sondern auch bei Laien; bietet sie doch dem Geologen die Möglichkeit, sich leicht über ein ihm noch unbekanntes Gebiet zu unterrichten, dem Laien aber die Gelegenheit, das, was ihm auf seinen Wanderungen auffällt, von berufenen Kennern erklärt und gedeutet zu kriegen. Jede Neuerscheinung kann daher freudig begrüßt werden, und die Benützung der Führer kann jedem, der geologische Interessen hat, nur warm empfohlen werden, zumal die Erklärungen auch in durchaus verständlicher Form gehalten sind.

Der *Harzfürer* (dessen zweiter Teil übrigens inzwischen auch erschienen ist), behandelt im ersten Teil den Oberharz, d. h. das Gebiet von Oker—Rammelsberg—Claustal und das Brockengebiet. Neben den ausführlichen Schilderungen der Wanderungen gibt er auch zusammenfassende Übersichten über den geologischen Bau. Das ist insofern besonders wichtig, als gerade hier die letzten Jahre ganz bedeutende Fortschritte in der Erkenntnis gebracht haben, an denen die Verfasser hervorragend beteiligt sind. Vor allem ist die früher recht unsichere Gliederung des Palaeozoicums heute besser zu überschauen und die interessante Eruptionsfolge des Brockengebietes ist durch ERDMANNSDÖRFERS Studien weithin geklärt worden. Interessant ist auch die Feststellung einer (kaledonischen) Diskordanz zwischen Silur und Devon. Sehr wertvoll sind

die kleinen Kärtchen im Text, welche in vielen Fällen eine Mitnahme von Spezialkarten fast überflüssig machen.

Der Führer durch das *Hannoversche Bergland* führt uns in das wichtige Gebiet der jungen saxonischen Gebirgsbildung Mitteldeutschlands. Im ersten Teil behandelt FREBOLD das Gebiet der rheinischen (d. h. Nord-Süd gerichteten) Störungen, also vor allem den Solling, das Leinetal und die anschließenden tektonischen Einheiten. Neben der Stratigraphie, welche in diesem Gebiet vor allem das ältere Mesozoicum umfaßt (bis zum Lias aufwärts), steht die Tektonik im Vordergrund des Interesses und ist ja gerade hier in letzter Zeit ein Ausgangspunkt recht verschiedener Ansichten gewesen. FREBOLD, der in seiner eigenen Forschung zum Teil eigene Wege geht, ist aber in der Schilderung durchaus objektiv, so daß seine Arbeit einen vorzüglichen Überblick über den gegenwärtigen Stand der Kenntnisse gibt.

Geologische Führer durch die *Alpen* haben heute besonders mit der Schwierigkeit zu kämpfen, daß eine objektive Darstellung bei den noch stark auseinandergehenden Meinungen sehr schwer zu geben ist. Die nördlichen Ostalpen, zu denen die beiden genannten Führer gehören, sind in dieser Hinsicht vielleicht noch am „harmlosesten“. Innerhalb der nördlichen Kalkalpen, also besonders auch im Salzkammergut wird ja heute das Bestehen einiger großer Schubschollen von niemand mehr geleugnet und gerade hier ist es besonders reizvoll, unter der Leitung eines so gut unterrichteten und so objektiv kritischen Führers wie SPENGLER, den verschiedenen Ausbildungsweisen der weit voneinander abgelagerten und übereinander geschobenen Gesteine nachzugehen. Durch die sehr ausgeprägten 2 Phasen der Gebirgsbildung (vor der oberen Kreide und im älteren Tertiär) hat das Gebiet auch ein hervorragendes allgemeines Interesse. MAX RICHTER, der Verfasser des Allgäu-Führers, ist durch seine eingehenden Arbeiten über das Alttertiär dieser Gegend bekannt geworden. Mit Recht betont er, daß dieses Gebiet, mit seiner verhältnismäßig einfachen Tektonik, besonders gut zu einer Einführung in die alpine Geologie geeignet ist. Der Führer berücksichtigt nicht nur die geologisch interessanten, sondern auch die landschaftlich hervorragend schönen Stellen und ist sowohl den Interessen des geübten Hochturisten, als denen eines „Normalwanderers“ angepaßt.

S. v. BUBNOFF, Breslau.

BÄRTLING, R., *Geologisches Wanderbuch für den niederrheinisch-westfälischen Industriebezirk*. Zweite, neubearbeitete und vermehrte Auflage. Stuttgart: Ferd. Enke 1925. VIII, 457 S. und 153 Abbild. 14 × 21 cm. Preis RM 15.—.

Das BÄRTLINGsche Buch gehört zu den ausgezeichnet ausgearbeiteten geologischen Führern, die schon lange bei allen für die Geologie Westfalens Interessierten gut eingeführt ist und daher keiner besonderen Empfehlung bedarf. Es ist sehr erfreulich, daß Verf. durch Aufnahme neuer eigener und fremder Untersuchungsergebnisse das Buch ganz auf den modernen Stand der Wissenschaft gebracht hat. Ich kenne kaum ein Gebiet Deutschlands, für welches ein so ausführliches und sorgfältig ausgeführtes Wanderbuch zu nennen wäre. Daß es in manchen Schilderungen recht breit ist und sogar die primitivsten Begriffe der Geologie erläutert, ist ja kein Mangel, denn dadurch wird der Kreis der Benutzenden nur größer und mancher Laie wird zu eigenen Beobachtungen und Studien angeregt, was in einem so wichtigen und mannigfaltigen Gebiet nur von Nutzen sein kann. Wer die geschilderten Exkur-

sionen ausgeführt und studiert hat, dürfte eine gute Kenntnis nicht nur dieses Teiles Deutschlands, sondern wichtiger Probleme der stratigraphischen und allgemeinen Geologie überhaupt besitzen. Auf den Inhalt im einzelnen einzugehen erübrigt sich, da ja keine neuen Erkenntnisse, sondern bloß Kenntnisse übermittelt werden sollen. Es scheint mir aber, daß das auch für den Laien wichtiger ist, als die neuerdings so beliebten populären Schilderungen umstrittener Theorien, über die er sich ohne gründliche Vorbildung doch kein zutreffendes Bild machen kann. Die Ausstattung des Buches ist sehr gut, die Anordnung des reichen Stoffes klar und didaktisch wohlgeordnet. Schade, daß geologische Kärtchen nicht beigelegt sind; nicht jeder kann sich die Spezialblätter anschaffen!

S. v. BUBNOFF, Breslau.

POTONIÉ, ROBERT, *Einführung in die allgemeine Kohlenpetrographie*. Berlin: Gebr. Borntraeger 1924. X, 285 S. u. 80 Abbild. 16 × 24 cm. Preis geb. RM 12.—.

Das Buch des Berliner Kohlenforschers stellt einen interessanten und methodisch vielfach neuartigen Versuch dar, „die Entstehung, die augenblickliche Beschaffenheit und die Zerstörung der Kohlen“ zu behandeln. Wie Verfasser mit Recht hervorhebt, sind gerade die Kohlen in dieser Beziehung stark vernachlässigt worden. In botanischer, geologischer und chemischer Hinsicht schreitet unsere Kenntnis rasch voran; die petrographische Behandlung, die insbesondere für technisch und praktisch zwecklos galt, kam nie recht vorwärts. POTONIÉ zeigt mit Erfolg, daß diese Einstellung der Forschung durchaus irrtümlich ist und daß die mit gesteinskundlichen Methoden arbeitende Untersuchung äußerst wertvolle Ergebnisse liefern kann. Als erste Zusammenfassung besitzt sein Buch daher eine nicht zu unterschätzende Bedeutung.

In einem ersten Abschnitt wird zunächst die Einteilung der brennbaren, von Lebewesen gebildeten Gesteine (Kautobiolithe) behandelt. In der allgemeinen Gliederung (Faulschlamm-Gesteine, Humusgesteine, Liptobiolithe, d. h. Harze usw.) schließt sich Verfasser an die heute allgemein angenommene, von seinem Vater HENRY P. stammende grundlegende Einteilung an. Immerhin sind schon hier wertvolle Ergänzungen zu finden, besonders in Hinsicht auf die Entstehung der einzelnen Typen. Ich erwähne besonders die scharf betonte Trennung von Standflachmoor (Oberfläche über dem Meeresspiegel) und Sumpfmoor (Oberfläche unter dem Meeresspiegel), die für die Genesis von Braunkohlen und Steinkohlen von Bedeutung ist. Dieser Unterschied erhält dann im zweiten Abschnitt, welcher die makroskopische Beschaffenheit der Kohlen behandelt, eine Vertiefung und genetische Bedeutung. Die Braunkohlen sind nach dem Verfasser (dem sich auch GOTHAN anschließt) aus Standflachmooren hervorgegangen. Ihre bisher stets als Sumpfpflanzen gedeuteten Charakterbäume Sequoia und Taxodium sind nicht beweisend. Sequoia wächst auch in höheren Lagen und hat dann kein Atemknief, was auch für die Braunkohlenpflanzen gilt, das tertiäre Taxodium ist mit der heutigen Sumpfpflanze nicht identisch und kann ebenfalls einen höheren Standort gehabt haben. Auch andere Gründe sprechen dafür, daß unsere Braunkohlen nicht in Sümpfen (svamps) entstanden, sondern daß ihre Mooroberfläche fast stets trocken lag. Bei den Steinkohlen wird zunächst der Unterschied der vier Hauptvarietäten scharf herausgearbeitet: Fusit — die matten Partien mit Holzstruktur und noch zum Teil mit Holzkohlencharakter; Durit — matte, harte Kohle, aus Faulschlamm oder

Torfdetritus entstanden; Clarit — Glanzkohle mit erhaltenen Pflanzenresten; Vitrit — muschelartig brechende Glanzkohle ohne sichtbare Pflanzenreste. Auf Grund einer genauen Betrachtung dieser Bestandteile glaubt Verfasser für die Steinkohlen, im Gegensatz zu den Barunkohlen, eine Entstehung aus Sumpfmoores annehmen zu müssen.

Es folgen eine Reihe Abschnitte über das makroskopisch sichtbare Gefüge der Kohle: Schichtung, Schieferung, Absonderungsformen, Holzstruktur usw. Leider kann hier nicht auf Einzelheiten eingegangen werden. Die nachfolgenden Betrachtungen über Farbe, Glanz usw. verdienen ebenfalls eingehende Beachtung, insbesondere die Beziehungen des Glanzes zu Druck, Temperatur und Bitumengehalt, denen Referent aus eigenen Erfahrungen durchaus zustimmt. Dieser Abschnitt endet mit einer Besprechung der fremden Bestandteile (Gerölle, Dolomitknollen, Sphärosiderite usw.) in der Kohle.

Der dritte eingehendste Abschnitt des Buches behandelt die mikroskopische Kohlenuntersuchung. Die Methoden zur Herstellung von Dünnschliffen und Anschliffen werden genau besprochen. Eine Darstellung der mikroskopischen Strukturtypen, vor allem der pflanzlichen (figurierten) Bestandteile, die erhalten blieben, verdient Beachtung. Ob freilich Verfasser recht hat, die gewöhnlich als Algen gedeuteten Einschlüsse der Faulschlammkohlen (Pila und Reinschia) auf anorganische Vorgänge (Gerinnungsstruktur) zurückzuführen, bleibe dahingestellt; die Untersuchungen ZALESSKYs über den Faulschlamm des Balchaschsees in Sibirien und seinen Gehalt an Botryococcus weisen in anderer Richtung hin.

Außerordentlich wichtig ist dann der Abschnitt, welcher die mikrochemische Untersuchung der Kohle, die Anwendung von chemischen Reaktionen auf mikroskopische Präparate behandelt. Neben der Bedeutung der technischen Erläuterung der einzelnen Verfahren stehen hier die Ergebnisse der Untersuchung im Vordergrund des Interesses. Es handelt sich dabei vor allem um die neuerdings intensiv erörterte Frage, welcher Bestandteil der Pflanze vor allem die Kohle liefert. Der berühmte Chemiker F. FISCHER ist auf Grund rein chemischer Untersuchungen zu dem Ergebnis gekommen, daß die verholzenden Substanzen (vor allem das Lignin) die Lieferanten von Kohle sind, während die Cellulose kaum an der Kohlenbildung beteiligt ist, da sie bei der Inkohlung rasch verschwindet; diese Theorie fußt auf der Tatsache, daß die Kohle, ebenso wie das Lignin, Abbauprodukte der aromatischen Reihe (Benzolkern) liefert, während die Cellulose zu der aliphatischen oder furanähnlichen Reihe gehört, die nicht ohne weiteres in die Benzolreihe überzuführen ist. Gegenüber diesem zunächst einleuchtenden Tatbestande führt aber PORONÉ den Nachweis von unveränderter Cellulose in Kohlen und von ihrer mikroskopisch sichtbaren Anteilnahme am Kohlenaufbau. Gerade die ligninarmen, krautartigen Gewächse der Steinkohlenzeit, die kaum verholzten Blätter usw. haben die Hauptmenge an Kohle geliefert. Das geologisch-mikroskopische Ergebnis steht hier in deutlichem Gegensatz zu dem chemischen und es bleibt die Möglichkeit, daß die im Laboratorium schwer erreichbare Umwandlung der Cellulose in Abbauprodukte der aromatischen Reihe von der „großen Zauberin Natur“ doch zuwege gebracht wird (DONATH und LISSNER). Im Zusammenhang mit dieser Frage gewinnen auch die Untersuchungen über die Bedeutung von Mikroorganismen in der Kohle eine erhöhte Bedeutung, da sie nach FISCHER beim Abbau der Pflanzensubstanz eine wesentliche

Rolle spielen. Die letzten Kapitel des Buches sind den mikroskopischen Strukturen der fossilen Harze und den mineralischen Bestandteilen der Kohle gewidmet.

Im vorstehenden wurde nur ein Hinweis auf besonders wichtige Abschnitte der Kohlenpetrographie gegeben. Wer sich mit der Kohle beschäftigt, wird die reiche Fülle von Beobachtung und Anregung, die in dem Buche enthalten ist, kaum entbehren können. Hervorzuheben ist noch die schöne und sorgfältige Ausstattung durch den Verlag.

S. V. BUBNOFF, Breslau.

NIGGLI, P., **Versuch einer natürlichen Klassifikation der im weiteren Sinne magmatischen Erzlagerstätten.** Bd. I der Abhandlungen zur Praktischen Geologie und Bergwirtschaftslehre. Herausgegeben von GEORG BERG, Berlin. Halle (Saale): Wilhelm Knapp 1925. 69 S. und 11 Abbild. 17 × 24 cm. Preis RM 4.80.

Die wissenschaftliche Auffassung über Entstehung und Zusammengehörigkeit von nichtsedimentären (d. h. nicht von oben ausgefällt oder abgesetzten) Erz-lagerstätten, also von solchen, die aus dem Erdinnern heraufstiegen, d. h. im weiteren Sinne magmatischen, erhält durch das Buch entscheidende Förderung, die auch für die Technik von Bedeutung ist. Die bisherige Systematik gliederte nach verschiedenen, mehr oder weniger beliebig ausgewählten Merkmalen; die neue baut nach der Entwicklung, nach der natürlichen Verwandtschaft auf.

Magmatische Erz- und Minerallagerstätten gehören chemisch und physikalisch in die Abfolge jeder magmatischen, d. h. aus dem Erdinnern kommenden Gesteinsbildung. Mit anderen Worten: beim Ausscheiden der Tiefen-, Gang- und Ergußgesteine aus einem glutflüssigen Magniabrei bleiben die leichter und leichtflüchtigsten Bestandteile in einer flüssigen *Restlösung* übrig, die sich mit abnehmendem Druck und abnehmender Temperatur und dabei naturgemäß sich verändernder Zusammensetzung nach und nach zu den verschiedenartigsten, oft nutzbaren Lagerstätten auskristallisiert. Beigegebene Fig. zeigen die wesentlichsten Teile dieser Abfolge.

Wenn magmatische Erzlagerstätten aus Restteilen magmatischer Lösungen entstehen, so müssen sich erstere auch ähnlich physikalisch-chemisch und regional einteilen lassen, wie die Eruptivgesteine. Besonders ergebnisreich in diesen Überlegungen ist die Gliederung der Erzlagerstätten nach der regionalen Einteilung der Faltengebirge und deren Stümpfe auf der Erde in Archäide (vorzeitliche), paläide (altertümliche) und mesoide (mittelalterliche und neuzeitliche) Provinzen. Jede der drei ist durch bestimmte Lagerstättentypen gekennzeichnet. Um nur einige Hauptpunkte zu nennen: zur genetisch ältesten Provinz gehören die berühmten schwedisch-norwegischen Vorkommen, die Goldfelder und Bleizinkerze von Australien, das Gold Afrikas und die Edelsteine Indiens, Ceylons und Madagaskars. In die Paläiden gliedern sich die meisten Zinnerze ein. Das wichtigste Mesoidengebiet ist das zirkumpazifische. Ungefähr die Hälfte der Silberproduktion und ein Fünftel der Goldproduktion wird von magmatischen Ablagerungen der Mesoiden geliefert.

Die tektonische Gliederung des Erdbaus gibt ein Bild der eruptiven Erzverteilung. Mit der neuen Synthese ist ein entscheidender Schritt vorwärts getan zur Beantwortung der Frage: Warum ist das Erz, wo es ist?

J. L. WILSER, Freiburg.

ROSENBUSCH, H., **Mikroskopische Physiographie der Mineralien und Gesteine.** Bd. I, 2. Hälfte: Die petro-

graphisch wichtigen Mineralien. Spezieller Teil. 5. völlig umgearbeitete Auflage von O. MUEGGE, 1. Lieferung. Stuttgart: E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung 1925. VII, 276 S., Taf. I—IX und 28 Textfiguren. 16 × 25 cm. Preis RM 24.—.

Die vorliegende erste Lieferung der Neubearbeitung des speziellen Teiles des großen Handbuches von ROSENBUSCH dürfte mit besonderer Erwartung begrüßt werden, und in der Tat ist es dem Herausgeber, Herrn MUEGGE, in hervorragendem Maße gelungen, die großen neueren Fortschritte der Mineralogie gesteinsbildender Krystallarten und amorphen Substanzen in diesem Buche wiederzugeben. Das große Verdienst der vorliegenden Neubearbeitung besteht vor allen Dingen in der starken Berücksichtigung der physikalisch-chemischen Forschungen der letzten 20 Jahre und der Aufnahme einer Menge von Mineralien aus chemischen Sedimenten, vor allen Dingen der Salzgesteine. Auch sind die kolloiden bzw. metakolloiden Mineralien stets gleich nach den krystallisierten der gleichen Zusammensetzung angeführt, was gegenüber den früheren Auflagen als ein großer Vorzug erscheinen muß. Im einzelnen ist die Darstellung des bei den verschiedenen Mineralien Beobachteten sehr klar und übersichtlich gegliedert, und die Literaturangaben sind sehr reichhaltig und meisterhaft in das Ganze eingeflochten. Es erfreut vor allen Dingen der durchaus moderne Einschlag, welcher bei Beurteilung der Ergebnisse älterer und neuerer Forschung vorherrschend ist. Vorzüglich sind z. B. auch die beiden ersten Tafelbeilagen, in welchen die Winkelbeziehungen zwischen Auslöschungsrichtungen und Spuren von Prismenflächen bei tetragonalen und hexagonalen oder trigonalen Krystallen nomographisch wiedergegeben sind.

Wenn in der vorliegenden Lieferung bis jetzt nur die Mineralien der regulären bzw. einachsigen Gruppen behandelt worden sind, so darf man mit besonderer Erwartung den nun folgenden Lieferungen mit den zweiaxigen Mineralien entgegensehen. Es ist nicht daran zu zweifeln, daß bei einer gleich meisterhaften Darstellung diese fünfte Auflage des Bandes I, 2 unseres klassischen physiographischen Handbuches für lange Jahre einzigartig und maßgebend verbleiben wird.

W. EITEL, Berlin-Dahlem.

MEISNER, M., **Kohlen, Erdöl und Salze**. Stuttgart: Ferdinand Enke 1925. XII, 228 S., 69 Abbild. und 132 Zahlentaf. 16 × 25 cm. Preis RM 12.60.

Die Herausgabe dieser Weltstatistik von Bergwerkserzeugnissen kann nur überaus freudig begrüßt werden. Es ist vollkommen richtig, was der Verf. in seinem Vorwort sagt, daß hier eine Lücke auszufüllen ist, welche speziell die deutsche Literatur aufweist, denn die englischen und amerikanischen Ämter bringen außerordentlich eingehende und umfassende statistische Daten.

Der vorliegende 1. Band befaßt sich bloß mit Kohle, Erdöl und Salzen, wozu noch Kali und Salpeter mitgerechnet sind. Nicht weniger als 130 Zahlentafeln und 69 Abbildungen geben ein anschauliches Bild über die Entwicklung in dem Zeitraume von 62 Jahren. Ganz besonders interessant ist die Statistik der Erdölförderung, welche mit 75 000 t im Jahre 1800 beginnend für das Jahr 1913 52 300 000 t angibt bzw. für das Jahr 1922 127 000 000 t. Instrukтив ist außerdem der Artikel S. 112ff.: „Die Finanzierung der Erdölindustrie.“ Außerdem ist auch die Ölschieferstatistik berücksichtigt, wobei allerdings heute bloß die schottischen Ölschiefer eine Rolle spielen, sowie in der Erdwachsstatistik die galizische obenan steht, während wieder was Erdgas anlangt, die amerikanischen Produkte den ersten Platz einnehmen.

Die Statistik der anderen angeführten Montanprodukte, Kohle und Salze bringt in umfassender Weise alles, was darüber zu sagen ist. L. SINGER, Wien.

KRÜGER, KARL, **Erdöl, Ölvorkommen, Ölförderung, Ölschiefer, Ölpolitik**. Stuttgart: E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung 1924. Preis RM 3.50.

Das vorliegende Werk ist eine Übersetzung und Neubearbeitung eines im Jahre 1921 mit amtlicher Hilfe von Dr. CRONSHAW veröffentlichten Werkes: „Petroleum“.

Der Verfasser hat keine bloße Übersetzung geliefert, sondern die Statistik bis Ende 1922 fortgeführt und war insbesondere bestrebt, die wirtschaftlichen Gesichtspunkte in knapper Form zu beleuchten und hat darum besondere Mitteilungen über Ölwirtschaft und Ölpolitik gebracht.

In der Tat bringt Verfasser auf bloß 86 Textseiten eine Fülle von Material, welches, der Natur der Sache nach, ständiger Ergänzung bedarf, aber dem Interessenten rasch einen Überblick über diesen heute beinahe wichtigsten Zweig der Weltindustrie, die mehr wie jede andere Industrie Politikum worden ist, gestattet. Als Nachschlagewerk ist daher das Werk außerordentlich zu empfehlen.

L. SINGER, Wien.

KÜKENTHAL f. W., und TH. KRUMBACH, **Handbuch der Zoologie**. Lief. 3, 1 (Preis RM 12.40). 3, 2 (Preis RM 15.—). 5, 1 (Preis RM 10.—). 5, 2 (Preis RM 8.40). Berlin: Walter de Gruyter & Co. 1925.

Der Wert des Kükenthalschen Handbuches zeigt sich immer mehr bei jeder neuen Lieferung. Ein solches Werk, nach dem neuesten Stande der Wissenschaft von tüchtigen Spezialisten bearbeitet, hat uns doch sehr gefehlt. Um ein schnelles Erscheinen zu ermöglichen, erscheinen jetzt Bd. 3 und 5 gleichzeitig nebeneinander. Bd. 3, 1 bringt zunächst die Tardigraden von F. RICHTERS f. mit einer sehr dankenswerten Neubearbeitung durch den Herausgeber KRUMBACH, der besonders ausführlich die ungeklärten Verwandtschaftsbeziehungen der Gruppe diskutiert. R. HEYMONS behandelt dann mit der an ihm gewohnten vorzüglichen Darstellungsgabe die Pentastomida. 3, 2 enthält auf nicht weniger als 78 Seiten die Darstellung der Myzostomida durch R. v. STUMMER-TRAUNFELS. Gerade in der ausführlichen Behandlung dieser kleineren abweichenden Gruppen scheint mir ein ganz besonderes Verdienst des Handbuches zu liegen. Den Schluß der Lieferung macht eine allgemeine Einleitung in die Naturgeschichte der Gliedertiere von A. HANDLIRSCH, der noch einmal mit guten Gründen seine Trilobitentheorie der Arthropodenabstammung dem Leser vor Augen führt. 5, 1 beginnt mit den Solenogastres von I. THIELE, von denen der Autor sagt: „Wenn man theoretisch die phyletische Ausgangsform der Mollusken konstruieren will, kann man ihr in der Hauptsache die Organisation der Solenogastres beilegen.“ Vom gleichen Verfasser stammen in dieser und der Lief. 5, 2 die Bearbeitungen der Chitoniden, Schnecken und Muscheln. Eines wäre bei der Fortführung des Werkes zu wünschen: daß nämlich die Rasterabbildungen aus Originalarbeiten in Strichmanier umgezeichnet würden. Ein Teil solcher übernommener Figuren ist recht undeutlich. P. SCHULZE, Rostock.

ENGLER-PRANTL, **Die natürlichen Pflanzenfamilien**.

Band 13: Gymnospermae. 2. Aufl. Leipzig: Wilhelm Engelmann 1926. 447 S. und 242 Textbilder. Preis geh. RM 28.—, geb. RM 34.—.

Seit der ersten Auflage hat sich die Kenntnis von den Gymnospermen sehr erweitert, besonders die der Befruchtungsvorgänge. Infolgedessen ist auch der vorliegende Band stark umgearbeitet worden und bildet

ein in sich geschlossenes Handbuch der Gymnospermenkunde. Unter gleichmäßiger Berücksichtigung der ausgestorbenen und der lebenden Sippen werden behandelt: Die eigenartigen Samenfarne (Cycadofilices) des Karbons und Perms, die Cycadeen, die mesozoischen Bennettitales mit ihren seltsamen Blütenständen, Ginkgo und seine Vorfahren, die Cordaitales aus dem Karbon, die vielgestaltige Klasse der Koniferen (Nadelhölzer) und schließlich die Gnetales, die so sehr nach dikotylen Angiospermen aussehen. Die Gametophytenforschung hat dazu geführt, daß die einzelnen Sippen für älter und unabhängiger gehalten werden als in der ersten Auflage und dementsprechend behandelt werden. Besonders hingewiesen sei auf die morphologische Deutung des Koniferenzapfens, die eine Zusammenstellung aller Theorien enthält; vertreten wird von PILGER die Auffassung als *Einzelblüte*. Auch der Verbreitung der Nadelhölzer ist ein eigener größerer Abschnitt gewidmet, den ENGLER verfaßt hat.

FR. MARKGRAF, Berlin.

ZWEIFEL, P., und E. PAYR, *Die Klinik der bösartigen Geschwülste*. II. Bd. Leipzig: S. Hirzel 1925. XVI, 740 S., 267 Abbild. und 48 Taf. 17 × 25 cm. Preis geh. RM 62.—, geb. RM 70.—.

In erfreulich kurzer Zeit ist in dieser Zeitschr. 13. Nr. 11, angezeigten 1. Band des großen Geschwulstwerkes von ZWEIFEL-PAYR der 2. Band gefolgt. Er enthält: Die bösartigen Geschwülste der Bronchien, Lunge, Pleura, Mediastinum (Thymus), Herz und Herzbeutel, Brustwand und Zwerchfell in der Bearbeitung von FRANZ KRAMPF und FERD. SAUERBRUCH, München; Die bösartigen Geschwülste des Oesophagus von ED. REHN jun., Freiburg; Die bösartigen Geschwülste der Bauchdecken von E. SONNTAG, Leipzig; Die pathologische Anatomie, Diagnose, Symptomatologie und Differentialdiagnose des Magencarcinoms von O. KLEINSCHMIDT, Leipzig; Die Behandlung des Magenkrebses (Sarkom), ihre Anzeigestellung von E. PAYR, Leipzig; Darm von V. SCHMIEDEN, Frankfurt; Mastdarm von P. CLAIRMONT, Zürich; Die bösartigen Neubildungen der Leber, der Gallenblase, der Gallengänge, des Pankreas und der Milz von E. HELLER, Leipzig; Die bösartigen Geschwülste der Nieren, des Nierenbeckens, des Ureters und der Nebennieren von H. KÜMMEL sen., Hamburg; Die bösartigen Geschwülste der Blase, der Harnröhre, des Hodens und Nebenhodens, der Prostata, der Samenblasen und des Penis von F. VOELCKER und H. BOEMINGHAUS, Halle, darunter die Röntgenbehandlung des Blasenkarzinoms und die Radiobehandlung der Blase von WINTZ, Erlangen; Die bösartigen Geschwülste der Wirbelsäule von N. GULEKE, Jena; Die bösartigen Geschwülste der Extremitäten und ein Kapitel über „Geschwulstbildung und Trauma“ von P. FRANGENHEIM, Köln.

Die Inhaltsangabe zeigt, daß dieser Band in erster Linie praktisch-chirurgischen Interessen dient. Er ist besonders ausgezeichnet durch eine Reihe ganz vorzüglich gelungener Abbildungen und gibt auch einem weiteren Kreise biologisch interessierter Leser mancherlei Anregungen, ganz abgesehen von dem Einblick in die Kühnheit unserer heutigen operativen Maßnahmen. Auf einzelnes wird bei der Besprechung des Schlußbandes zurückzukommen sein. W. HUECK, Leipzig.

BUCHHOLTZ, AREND, Ernst von Bergmann. 4. Auflage (14. bis 16. Tausend). Leipzig: F. C. W. Vogel 1925. V, 642 S. und 2 Porträts. Preis geb. RM 24.—.

Das schöne Werk, dessen 1. Auflage 1911 der Ref. oft und gern zur Hand genommen hat, ist in kaum veränderter Form neu erschienen. Der unvergeßliche große

Meister und frühere Chef, in feinsinniger treffender Darstellung gezeichnet, tritt darin, wie selten in derartigen Biographien, in völliger Unmittelbarkeit vor uns hin. Der wahrhaft geniale, fleißige, großzügige Chirurg mit der imponierenden Gabe der Rede, dem es beschieden gewesen ist, die antiseptische Chirurgie im wesentlichen in die aseptische zu wandeln, ihre Grenzen dadurch weiter zu stecken und ihre Erfolge in besonderem Maße zu sichern, eint sich in diesem Lebensbilde mit dem frischen, tatkräftigen, lebensfrohen Menschen, der mit seinen Kranken so fein empfinden konnte, und mit dem seiner Verantwortung in hohem Grade bewußten Arzt. In 3 Feldzügen gewann er die Anregung zu grundlegender Erneuerung der Kriegschirurgie; in der Chirurgie des Kopfes, zumal des Hirns, ward er zum unbestrittenen Meister in der Welt.

Jeder Arzt, zumal der operativ Tätige, wird das schöne Buch immer wieder in die Hand nehmen und BUCHHOLTZ Dank wissen, der es uns geschenkt.

V. BRUNN, Rostock.

GODLEE, RICKMANN JOHN, Lord Lister. Nach der 3. durchgesehenen Auflage übersetzt von E. WEISSCHEDEL, Konstanz. Leipzig: F. C. W. Vogel 1925. VIII, 351 S., 12 Tafeln und 9 Abbildungen im Text. 17 × 25 cm. Preis geh. RM 20.—, geb. RM 24.—.

Dem Übersetzer gebührt aufrichtiger Dank dafür, daß er dies wichtige Werk des kürzlich verstorbenen Neffen und Mitarbeiters von LISTER jedem deutschen Arzt zugänglich gemacht hat. Die Biographie ist, außer auf persönlichen Erinnerungen, auf den regelmäßigen Briefen des großen Chirurgen an seinen Vater bis in dessen 84. Lebensjahr, an seinen Bruder und andere sowie auf seinen Reden und wissenschaftlichen Werken begründet. Ist es auch heute nicht mehr ernstlich zu bestreiten, daß, im ganzen gesehen, SEMMELWEIS für den gewaltigen Fortschritt in der Wundbehandlung und damit in der Chirurgie überhaupt etwas mehr bedeutet als LISTER, so geht gerade aus diesem Werke mit voller Klarheit hervor, wie ungemein hoch trotz alledem LISTERs Einfluß für die Chirurgie zu bewerten ist.

Sehr fein und geschickt hat GODLEE seine Aufgabe gelöst und den Entwicklungsgang des sorgfältigen Experimentators, genialen Erfinders und mutigen Kämpfers uns dargestellt. Die Geschichte der Medizin und besonders der Chirurgie jener Zeit erfährt durch die lebendige Schilderung nicht nur der englischen, sondern gerade auch der deutschen Chirurgen dieser Epoche wie auch derjenigen anderer Länder erhebliche Bereicherung.

Die feine, gütige, liebenswürdige Art LISTERs verleiht dem Buche besondere Weihe.

V. BRUNN, Rostock.

ROSENTHAL, OSCAR, *Wunderheilungen und ärztliche Schutzpatrone in der bildenden Kunst*. Leipzig: F. C. W. Vogel 1925. 41 S. und 102 Tafeln. 19 × 28 cm. Preis RM 20.—.

Es existieren schon einige Zusammenstellungen von Werken der bildenden Kunst, die nach ähnlichen, meist medizinischen Gesichtspunkten ausgewählt sind. Trotzdem frage ich mich, ob ihnen eine Berechtigung zukommt. Ich habe den Eindruck, daß gerade die hervorragendsten Künstler das stoffliche in ihren Werken weniger interessiert hat, wie die malerischen Probleme, und daß deshalb dieser Teil der Aufgabe zu kurz gekommen ist. Immerhin ist das Buch wertvoll, weil es gerade zur Prüfung dieser Frage anregt. Auch ist es eine Sammlung schöner Bilder, deren Reproduktion, soweit es die Verkleinerung und das Fehlen der Farbe zuläßt, sehr gelungen ist.

L.

zur Außenluft durch einen — das Einströmen der Luft besser verhindernden — gebogenen Weg unter Anwendung eines der Kathodenstrahlen lenkenden Magnetfeldes.

Die Arbeit wurde im April d. J. im Chemischen Institut der Universität Berlin ausgeführt, wo uns Herr Prof. Dr. PANETH in liebenswürdigster Weise sein Privatlaboratorium zur Verfügung stellte. Durch äußere Umstände (Rückgabe der geliehenen Pumpen u. a.) waren wir gezwungen, die Versuche zu unterbrechen. Wir beabsichtigen, sie mit geeigneteren Mitteln fortzusetzen, zumal die Möglichkeit, Corpuscularstrahlen in Form eines gerichteten Strahlenbündels von brauchbarem Querschnitt austreten zu lassen, nicht nur vom physikalisch-chemischen, sondern auch vom therapeutischen Standpunkte aus Interesse verdient.

Berlin, den 6. Juni 1926.

KURT PETERS. PETER SCHLUMBOHM.

Einige Bemerkungen zur Isotopie der Elemente.

Es ist seit langem bekannt, daß isotope-radioaktive Elemente eine Beziehung zwischen ihrem Atomgewicht und ihrer Lebensdauer aufweisen. Die zuerst von FAJANS aufgedeckte Beziehung wurde von ihm dahin formuliert, daß bei α -strahlenden Elementen die Lebensdauer mit fallendem Atomgewicht abnimmt, während sie bei β -strahlenden Substanzen zunimmt.

Diese durch die Erfahrung mit wenigen Ausnahmen gut bestätigte Regel sagt nichts darüber aus, wie die Art des Zerfalls (α - oder β -Umwandlung) mit dem Atomgewicht zusammenhängt und diejenigen Isotopenreihen, bei denen beide Arten von Zerfall vorkommen, bilden eine gewisse Schwierigkeit für sie.

Ich glaube im folgenden zeigen zu können, daß sich zwischen Atomgewicht, Stabilität (Lebensdauer) des Atoms und Art seiner Umwandlung eine einfache empirische Beziehung aufstellen läßt, die eine Erklärung dafür bietet, warum in den verschiedenen Isotopenreihen nur α - oder nur β - oder schließlich beide Arten von Umwandlungen auftreten.

Diese Beziehung lautet folgendermaßen.

Ist das stabilste Element einer Isotopenreihe, d. h. das Element mit der größten Lebensdauer, dasjenige mit dem höchsten Atomgewicht, so zerfallen alle Glieder der Reihe unter α -Strahlenausendung. Besitzt das stabilste Element dagegen das kleinste vorkommende Atomgewicht, so erfolgt die Umwandlung unter β -Strahlenemission. Naturgemäß muß dann, wenn das stabilste Element ein mittleres Atomgewicht aufweist, der Zerfall der schwereren Isotopen unter Abspaltung eines β -Teilchens, der der leichteren unter Abspaltung eines α -Teilchens vor sich gehen. Die Gültigkeit dieser Regel läßt sich an der Hand der radioaktiven Isotopen sehr gut nachweisen. Isotopenreihen, deren schwerstes Element zugleich das stabilste ist, bilden die Uranisotopen und die Emanationen; in beiden Reihen sind nur α -Strahlenumwandlungen bekannt. Die Blei- und Thalliumisotopen stellen Reihen dar, in denen das stabilste (inaktive) Element das leichteste Element ist, in beiden Reihen kommen nur β -Strahlumwandlungen vor. Das gleiche gilt von den Actiniumisotopen. In der Reihe der Radiumisotope ist das Radium mit seinem Atomgewicht von 226 das stabilste Glied. Das isotope Mesothor 1 mit dem Atomgewicht 228 zerfällt unter β -Strahlenemission, die anderen Isotope haben kleinere Atomgewichte als 226 und zerfallen entsprechend unter α -Strahlenabgabe. Ganz analog liegt der Fall bei den Thoriumisotopen, das stabilste Element der Reihe ist das Thorium mit dem Atomgewicht 232, Uran X₁

mit dem Atomgewicht 234 ist ein β -strahlendes Isotop, die anderen Isotope sind entsprechend ihrem Atomgewicht (kleiner als 232) α -Strahler.

Einen speziellen Fall stellen die Wismutisotope dar. Bei diesen ist das stabilste Element das inaktive Wismut mit dem Atomgewicht 209. Da alle aktiven Isotope höhere Atomgewichte als 209 haben, müßten sie alle β -Strahler sein. Beim Radium E mit dem Atomgewicht 210 trifft dies auch zu. Bei den drei anderen Isotopen liegen insofern besondere Verhältnisse vor, als sie alle 3 Abzweigungen bilden, d. h. ein und dasselbe Isotop zerfällt zum Teil unter β -Strahlen, zum Teil unter α -Strahlenabgabe. Es tritt hier eben noch ein zweites den Zerfall bestimmendes Moment hinzu¹⁾, das diesen doppelten Zerfall bedingt. Aber auch hier ist im Gang dieses Zerfalles noch die obige Regel erkennbar. RaC mit dem höchsten Atomgewicht 214 sendet fast nur β -Strahlen aus, nur 0,03% aller zerfallenden RaC Atome geben α -Strahlen ab; beim ThC, dessen Atomgewicht 212 ist, zerfallen 60% unter β -Strahlenemission und beim AcC (Atomgewicht 210) ist die α -Strahlenumwandlung die überwiegende.

Die Zerfallsprodukte der Actiniumreihe zeigen gegenüber der FAJANSSCHEN Regel mehrfache Abweichungen, fügen sich aber der hier ausgesprochenen Beziehung fast vollkommen ein, nur das Uran Y fällt heraus. Man kann aus dieser Beziehung sogar einen Anhaltspunkt für die Abzweigungsstelle der Actiniumreihe gewinnen. Bekanntlich ist es experimentell nicht eindeutig entschieden, ob die Muttersubstanz des Actiniums, das Protactinium, vom Uran I oder vom Uran II abzweigt. Im ersteren Fall hätte es das Atomgewicht 234, im letzteren 230. Da es 2 Protactiniumisotope vom Atomgewicht 234 gibt, nämlich Uran X₂ und Uran Z, die beide β -Strahler sind, Protactinium aber α -Strahlen emittiert, und zugleich das stabilste Element der Isotopenreihe darstellt, muß nach der obigen Regel sein Atomgewicht kleiner als 234 sein, also muß es vom Uran II abzweigen. Dieser Schluß ist natürlich nur berechtigt, wenn man voraussetzt, daß die Actiniumreihe eine Zweigreihe der Uranreihe ist und nicht etwa von einem unbekannten Uranisotop herrührt, wie A. PICCARD²⁾ und vor allem RUSSELL es mehrfach zu begründen versucht haben³⁾. Im letzteren Fall könnte man nur schließen, daß Protactinium ein kleineres Atomgewicht als 234 haben muß. Indes hat O. HAHN⁴⁾ gezeigt, daß die Existenz der von RUSSELL hypothetisch eingeführten Uranisotope zu Konsequenzen führen, gegen die eine Reihe experimenteller Tatsachen zu sprechen scheinen.

Weder der FAJANSSCHEN Regel noch der hier ausgesprochenen Beziehung fügen sich die Poloniumisotope ein. Polonium, daß das kleinste Atomgewicht (210) der Reihe besitzt, ist zugleich das stabilste bekannte Produkt, trotzdem sind alle seine Isotopen, deren Atomgewichte bis zu 218 betragen, α -Strahler. Man könnte daraus zu dem Schluß kommen, daß es ein noch stabileres (vielleicht inaktives) Poloniumisotop von höherem Atomgewicht als 218 geben könnte; aber es scheint mir gerade auf diesem der Spekulation sehr ausgesetzten Gebiet wichtig, sich nach Möglichkeit an das vorliegende Beobachtungsmaterial zu halten. Darum will ich vorläufig gar nicht auf die evtl. Anwendungsmöglichkeiten eingehen, die die hier ausgesprochene Beziehung für

¹⁾ L. MEITNER, Zeitschr. f. Phys. 4, 146. 1921.

²⁾ A. PICCARD, Arch. scient. phys. et nat. 44, 161. 1917.

³⁾ A. S. RUSSELL, Philosoph. mag. 46, 642. 1923.

⁴⁾ O. HAHN, Zeitschr. f. anorg. Chem. 147, 16. 1925.

die Isotopen der gewöhnlichen nicht aktiven Elemente bietet. Nur ein in den von ASTON experimentell gefundenen Werten in die Augen springender Punkt sei hervorgehoben, der die sog. isobaren Atomarten betrifft. Als isobare Atome bezeichnet man bekanntlich solche, die gleiches Atomgewicht, aber verschiedene Kernladungszahl haben. Solche Atome unterscheiden sich nur durch die Anzahl der Kernelektronen. Bei den radioaktiven Elementen muß notwendig jede β -Strahlumwandlung zu einem isobaren Element führen und es ist eine bekannte Tatsache, daß in den Hauptreihen stets 2 β -Umwandlungen hintereinander auftreten, so daß 3 isobare Elemente entstehen, deren erstes und drittes, die sich also um 2 Kernladungszahlen unterscheiden, meistens stabiler sind als das mittlere; immer aber ist das mittlere weit instabiler als das vorangehende. Nun zeigen die von ASTON angegebenen gewöhnlichen isobaren Atomarten eine weitgehende Analogie hiermit. *Sämtliche* Isobaren unterscheiden sich um 2 Einheiten in der Ordnungszahl¹⁾, das mittlere fehlt also ganz oder kann nur in gewichtsmäßig nicht nachweisbaren Mengen vorhanden sein. Die Erscheinung der isobaren Elemente tritt im periodischen System

zum erstenmal beim Argon ($Z = 18$) und Calcium ($Z = 20$) auf; vielleicht hängt damit auch das Vorhandensein eines β -strahlenden Kaliums ($Z = 19$) zusammen, das dann dem mittleren β -strahlenden isobaren Produkt der radioaktiven Zerfallsreihe entsprechen würde. Ähnlich liegen die Verhältnisse beim Rubidium ($Z = 37$), dessen Nachbarlemente Krypton ($Z = 36$) und Strontium ($Z = 38$) ebenfalls isobare Atomarten besitzen. Für die Wahrscheinlichkeit der Existenz eines solchen mittleren instabilen Isobars könnte es eine Rolle spielen, ob die isobaren Nachbaratome die Hauptkomponente ihres Elementes darstellen oder nicht, so daß beispielsweise beim Caesium kein β -strahlendes Isobar zu erwarten wäre.

Erwähnt sei noch, daß alle beobachteten Isobaren Atomen mit gerader Ordnungszahl¹⁾ angehören, so daß auch die Verteilung der isobaren Atomarten dafür spricht, daß im Kern geradzählige Komplexe von Wasserstoffkernen bevorzugt sind. Es scheint danach doch berechtigt anzunehmen, daß der in den radioaktiven Reihen sich geltend machende Kernaufbau auch bei den inaktiven Atomkernen eine maßgebende Rolle spielt.

Berlin-Dahlem, Juni 1926.

LISE MEITNER.

¹⁾ W. ASTON, *Isotopes* 2. Aufl. S. 134, London 1924.

¹⁾ W. ASTON, *Isotopes* 2. Aufl. S. 134, London 1924.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Psychologische Untersuchungen an nichtdomestizierten Nagetieren, namentlich der Hausmaus. (H. ROTH, Psychol. Laborat., Univ. Halle a. S. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg., I. Abt.: Zeitschr. f. Psychol. Bd. 97, H. 1/2, S. 62–88. 1925.) Verf. prüfte mittels verschiedener Methoden die Sinnesleistungen und Assoziationsfähigkeiten wilder Mäuse, nebenbei auch die von weißen Mäusen und Hamstern. Die Mäuse hatten mitten an der einen Schmalseite einer rechteckigen Versuchskiste ihren Nestkäfig, dessen verschließbare Tür sich genau in der Mittellinie der Kiste befand. Ihr gegenüber wurde (erste Versuchsgruppe) ebenfalls genau in der Mittellinie ein gerader Korridor gebaut, an dessen Ende geschälte Haferkörner lagen. Die einzeln in den Nestkäfig gesetzten Mäuse fanden das Futter bald, trugen es in den Nestkäfig und verzehrten es dort; dabei liefen sie alle stets an der Korridorwand entlang, und zwar bestimmte Tiere fast stets an der linken, andere fast stets an der rechten Wand; die Streuung betrug bei den wilden Mäusen nur 6%, bei weißen Mäusen 10%, beim Hamster 7%. Wird jetzt die eine Wand und die angrenzende Fußbodenhälfte des Korridors mit weißem Papier belegt, die Gegenseite mit schwarzem, und man vertauscht in aufeinanderfolgenden Versuchen am gleichen Tiere die Schwarz- und die Weißseite in regelmäßiger Alternanz, so wählt das Tier in 73% der Versuche die schwarze Seite. Liegt dabei Schwarz auf der an sich vom Tiere bevorzugten Seite, so wählt das Tier in 100%, der Versuche die schwarze Seite; ist umgekehrt die normalerweise verschmähte Seite schwarz, so wird sie in 50% der Versuche gewählt. Die „präformierte Tendenz“, eine bestimmte Seite zu wählen, setzt sich also oftmals gegen die Neigung, Schwarz vor Weiß zu bevorzugen, durch, jedoch nicht immer. — So wie Schwarz vor Weiß bevorzugten die wilden Mäuse auch Rot vor Grün (ZIMMERMANNsche Papiere, die dem Menschaugen beide etwa gleich hell erscheinen); hier war die Beeinflussung der präformierten Tendenz etwas weniger deutlich als bei Schwarz-Weiß. Gelbe gegen blaue Papiere von für Menschaugen verschie-

dener Helligkeit ergaben keine deutliche Beeinflussung der natürlichen Vorliebe für eine bestimmte Korridorseite. — In weiteren Versuchsreihen wurden den Mäusen je 10 Körner nebeneinander vorgelegt, die mit BRAUNS Queadlinor-Eierfarben rot, gelb, grün oder blau gefärbt waren; die nach der OSTWALDSchen Skala festgelegten Körnerfarben unterschieden sich für den Menschen nur wenig ihrer Helligkeit nach. Die Unterlagen waren schwarz, grau oder weiß; gleichzeitig wurden immer nur zwei Körnerfarben dargeboten. So ergab sich die Bevorzugungsreihe Rot, Gelb, Blau, Grün, dergestalt, daß Rot am häufigsten, Grün am seltensten (in unbeeinflusster Wahl) gewählt wurde. Der Einfluß des Untergrundes war derart, daß je ähnlicher die Helligkeit einer Farbe der des Untergrundes ist, um so größer die Bevorzugung eben dieser Farbe ausfällt. Besonders deutlich gilt das für die Farbpaare Gelb-Blau, in geringerem Grade für Rot-Grün und Gelb-Grün. Die Rot-Gelb-Reihe machte eine Ausnahme. — Fernerhin benutzte Verf. auch die Dressurmethode. Symmetrisch zum Nestausgange standen zwei weiße Porzellannäpfe, deren einer in ganzer Höhe mit einem roten Papiereringe umkleidet war und Futter enthielt, während der andere unbedeckt und leer blieb (regelmäßiger Platzwechsel). Lief die Maus zum weißen Napf, so trieb sie ein leichter Schreckreiz zum Neste zurück, wo sie kurze Zeit lang eingesperrt blieb. Vom 75. Versuch an stieg die Lernkurve steil an, mit dem 150. Versuche ist, wie Kontrollversuche beweisen (abgeänderter Platzwechsel, auch leerer Farbnapf usw., dagegen fehlen Versuche mit verschiedenen farblosen Helligkeiten), die Rotdressing endgültig gelungen. Trug der zu wählende Napf statt des roten Ringes nur ein rotes Quadrat von 1 qcm, das von dem Orte aus, wo die Wahl stattfand, im Gesichtswinkel von etwa 2° erscheinen mußte, so gelang die Dressur ebenfalls, doch viel langsamer und weniger vollkommen. Ebenso glückte die Dressur auf rote gegen blaue Ringe von für den Menschen etwa gleicher Helligkeit (2 Mäuse, 800 bzw. 950 Versuche). — Endlich versuchte Verf. auch eine Formdressing; die Mäuse sollten den Napf mit rotem Kreise wählen,

den mit flächengleichem, gleicharmigem Kreuze vermeiden. Bei 25 cm Abstand der Näpfe vom Nestausgang versagten alle Mäuse vollkommen, bei 12,5 cm Abstand brachte es eine einzige Maus nach 2500 Versuchen zu etwa 75% Treffern (50% = Zufallstreffer). — Zur Feststellung des Geschmacksvermögens dienten lediglich dressurlose Wahlversuche, in denen die Tiere Körnern von je zweierlei Geschmack gegenüberstanden. Die Körner waren mit verschiedenartigen Lösungen von Essigsäure, Kochsalz, Chinin oder Saccharin getränkt worden. Süß erfreute sich allgemeiner Vorliebe, falls nicht die Konzentration allzu hoch war, besonders gegenüber sauer. Bitter wurde sehr stark gemieden, sauer nicht so deutlich (Körner, die 1 Minute in 40proz. Essigsäure gelegen haben, werden eben noch aufgenommen), noch weniger salzig. — Zur Beurteilung der Fähigkeit, kinästhetische und verwandte Reaktionen zu assoziieren, diente der Watsonsche Versuch (die Falltür eines Futterkäfigs wird durch das Niederschlagen einer Wippe hochgezogen, über die das Tier zu laufen hat). Die Mäuse erlernten die Aufgabe ohne Hilfen nach etwa 7 Versuchen und behielten die Lösung länger als 2 Wochen. Hamster brauchten wesentlich länger. — In ähnlicher Richtung sind die Versuche mit „Flaschenlabirynthen“ von Interesse. Ein Gitterpfeiler, der leicht zu erklettern ist, steht mittels Drähten mit Plattformen in Verbindung, die auf nicht ersteigbaren Flaschen ruhen. Nimmt man einen Verbindungsdraht fort, so kann die Maus durch einen Sprung zur weiterführenden Plattform gelangen. Derartige Aufgaben behielten die Mäuse oft schon nach einmaliger Lösung richtig. Wurden jedoch bei jedem Versuche planmäßige Umstellungen vorgenommen, so daß die Maus, anstatt einer konkreten Gesamtsituation gegenüberzustehen, eine bestimmte Verhaltensweise unter verschiedenen Belegitumsständen ausüben sollte, so versagten die meisten. Beispielsweise stand der Gitterpfeiler in der Ecke eines rechten Winkels, dessen einen Schenkel zwei Flaschen bilden, deren Plattform untereinander und mit dem Pfeiler durch Drahtbrücken verbunden ist. Im zweiten sonst ebenso beschaffenen Schenkel (auch alle Distanzen sind gleich) fehlt jedoch die Drahtbrücke vom Pfeiler zur ersten Flasche. Nach jedem Versuche werden beide Schenkel vertauscht; die Maus soll also lernen, von der Pfeilerplattform aus nicht den Draht zu verfolgen, sondern vielmehr den nicht überbrückten Raum zur anderen Plattform zu überspringen (was sie an sich leicht lernen würde, wenn kein anderer Weg vorhanden wäre). Die hier gestellte Aufgabe aber lösten nur zwei Mäuse nach 88 bzw. 94 Versuchen, eine dritte niemals. — Ein Hamster ließ sich auf einen Pfeifenklang (a''') dressieren, reagierte aber auch auf andere Klänge. — Verf. schließt, daß die psychischen Fähigkeiten der Mäuse durch die Domestikation nicht erhöht worden sind, da das, was wir an Leistungen bei zahmen Mäusen kennen, die hier mitgeteilten Leistungen nicht übertrifft.

O. KOEHLER.

Experimentelle Studien über Schallperzeption bei Reptilien. (KÄTHE BERGER, Zeitschr. f. wiss. Biol., Abt. C.: Zeitschr. f. vergleich. Physiol. 1, H. 3/4, S. 517 bis 540. 1924.) Zur Entscheidung der Frage, ob Reptilien auf Schallreize reagieren, führte Verf. in erster Linie „Weckversuche“ aus. Wenn die Tiere mit geschlossenen Augen dalagen, wurden unter möglichster Vermeidung von Erschütterungsübertragung durch feste Körper Klänge erzeugt, worauf die Tiere unter Umständen die Augen (oder eines von beiden) öffneten. Während diese Versuche bei Schildkröten teils undurchführbar waren, teils widerspruchsvolle Ergebnisse

hatten, führten sie bei unseren einheimischen Eidechsen zu einem vollen Erfolg. Auf das Tönen einer elektrischen Klingel oder von hölzernen Orgelpfeifen (750, 850 v. d.) öffneten die Eidechsen stets die Augen, das Knacken der Stoppuhr hatte, wenigstens bei offenem Deckel des Terrariums, denselben Erfolg. Damit waren Reaktionen auf akustische Reize bei Reptilien zum erstenmal exakt nachgewiesen (erstmal festgelegt in einem gedruckten Dissertationsauszug, Breslau, 1923). Freilich muß sich Verf., wie sich nachträglich herausstellte, in die Priorität mit KURODA teilen, der 1923 positive Erfolge an japanischen Eidechsen, negative an Schildkröten mitteilte, was dem Verf. erst nach Drucklegung des Dissertationsauszuges bekannt wurde. — Eindrucksvoller noch sind die, ebenfalls bei Reptilien erstmals gelungenen Klangdressuren der Verf., wie sie auch KURODA nicht durchführte. 1921 wurden vivipara-Eidechsen 2 Monate lang in mit schwarzem Papier abgedeckten Aquarien täglich mit Milch, Regenwurmstückchen und Spinnen an einer bestimmten Stelle („Futterstein“) gefüttert, während das a' eines Stimmpfeifchens erklang. Am Ende des 2. Monats zeigte es sich, daß sie gewöhnt waren, die Nahrung nur am Futterstein zu finden. Ließ man nun, nachdem sie auf das Herantreten des Beobachters längere Zeit nicht reagiert hatten, ohne sich zu bewegen, das a' ertönen, so sprangen die Tiere ein Stückchen vor, wendeten den Kopf wie suchend hin und her, leckten sich den Mund wie beim Milchschecken und hielten mit ihren Bewegungen meist beim Futterstein inne. Als freilich weiterhin dauernd der Ton zuerst allein kam, das Futter aber viel später, gewöhnten sich die Tiere das Aufsuchen des Futtersteines auf den Ton allein hin wieder ab und reagierten auf den bloßen Ton nur noch durch die Kopf- und Leckbewegungen, insbesondere schauten sie zum Aquariumsrande empor, woher das Futter kommen mußte. So wurde 1922 die Ortsdressur aufgegeben, die optische Abschließung des Beobachters gegen das Aquariumsinnere vervollkommnet, die Tiere (diesmal *Lacerta agilis*) einzeln dressiert, und zwar auf c''. Die Beobachtung der Tiere in einem mit Holzdeckel verschlossenen, ganz schwarzwandigen Freilandterrarium erfolgte durch zwei kleine Gucklöcher in einer Schmalwand. Die Reaktionen auf den Ton allein bestanden nun im Heben und Wenden des Kopfes gegen den oberen Terrariumsrand, über den das Futter während der Dressur stets eingeführt worden war, Leckbewegungen, auch Hochrichten des ganzen Vorderkörpers. Niemals aber wendeten sich die Tiere gegen die Gucklöcher, ein Beweis, daß optische Reize sicherlich nicht mitspielten. 251mal wurden Reaktionen auf den bloßen Ton festgestellt, von denen 188 deutlich positiv waren; bei den meisten negativen Reaktionen ließ sich die Ursache des Versagens ohne weiteres leicht angeben (Häutung, Fehlen der Freßlust, zu niedrige Temperatur). Andere Töne als der Dressurton (Orgelpfeifen) lösten die Reaktionen ebenfalls aus: selbstverständlich darf daraus nicht auf das Fehlen von Tonunterscheidungsvermögen geschlossen werden, da hierzu eine differentielle Dressur (Freßton mit gutem Futter, Warnton mit ungenießbaren Attractionen) hätte stattfinden müssen. Die Versuche beweisen einwandfrei, daß unsere Eidechsen Assoziationen zwischen akustischen Reizen und Futter zu bilden imstande sind: hieraus aber folgt von neuem, daß sie akustische Reize wahrnehmen. — Der dritte Weg bestand in dem Studium der Beeinflussbarkeit der Atembewegungen durch akustische Reize. Ein Krokodil (*Osteolaemus*) zeigte den typisch dreiphasischen Atemrhythmus vieler Reptilien: eine längere Atempause trennt den Expirations-

akt in zwei Teile, die Anfangs- und die Endexpiration; während der Atempause ist also die Lunge halb gefüllt. Kehloskillationen finden beim ruhig daliegenden Tiere nur in der Atempause statt. Wurden nun unter strenger Ausschaltung optischer Reize Klänge zu Beginn der Atempause erzeugt, so verlängerte sich ihre Dauer und die Anzahl der Kehloskillationen stieg beträchtlich, so von 5–7 beim ruhenden Tiere ohne akustische Reize bis auf 71 nach Schreckschuß, 28–48 nach Trillerpfeife usw. Setzte der akustische Reiz aber am Ende der Atempause, zu Beginn der Nachexpiration ein, so stieg die Anzahl der Kehloskillationen in der folgenden Atempause noch höher, bis zu 101, ja es konnten selbst Kehloskillationen während des Atemvorgangs, insbesondere während des langen Inspirationszuges festgestellt werden. Damit sind auch beim Krokodil Schallreaktionen nachgewiesen — Bei den lebhaften Eidechsen besteht ein solch konstanter Atemrhythmus keineswegs; doch beantworteten sie fast jeden Reizton mit einem sofort einsetzenden, meist verstärkten Thoraxatemzuge. Man möchte nun glauben, es sei das gar keine Reizbeantwortung; der Atemzug, der auf den Ton folgt, hätte ohne den Ton ebenso stattgefunden. Dagegen spricht erstens, daß man die vorher unrhythmische Thoraxatmung durch rhythmische Tongebung rhythmisieren kann, daß es ferner leicht gelingt, die vorher einigermaßen gleichförmig langsame Atmung durch Tongebung in rascherem Rhythmus gleichsinnig zu beschleunigen, und daß endlich die Atmung jeden Rhythmussprung in der Tongebung gleichsinnig mitmacht. Endlich beweist das noch zu besprechende Bestehen einer physiologischen oberen Reaktionsgrenze besser als alles andere, daß es sich nicht um Zufall handeln kann. Erprobt wurde die Wirkung von Tönen von 60–15 000 v. d. (Glasflaschen, Orgelpfeifen, Galtonpfeife, Apunnsche Stimmgabeln). Das Blasegeräusch der Galtonpfeife allein war unwirksam. Physiologische Lücken für Reiztöne von bestimmter Tonhöhe (*Toninseln*) scheinen zu fehlen. Dagegen ergab sich eine obere Reaktionsgrenze bei etwa 8000 v. d., die weder durch Änderungen der Reizintensität, noch durch Nebenumstände (Temperatur) weitgehend verschoben werden konnte; auch die individuelle Variabilität ist bei den deutschen Eidechsen, im Gegensatz zu KUROSAS sonst gleichsinnigen Befunden an den japanischen, nur gering. — Ausschaltungsversuche im Gebiet des Nervus octavus wurden noch nicht ausgeführt. Dennoch darf es wohl jetzt schon als wahrscheinlich betrachtet werden, daß die hier beschriebenen Schallreaktionen echte Gehörsreaktionen sind.

O. KOEHLER.

(Ber. üb. d. ges. Physiol. u. experim. Pharmakol. Band 28.)

Neues über Haar und Wolle. 3. Teil. Vergleichende Untersuchungen ganzer Schafherden. (C. KRONACHER, Zeitschr. f. Tierzüchtung u. Züchtungsbiol. I, 1924). Die wirtschaftliche Entwicklung der letzten Jahre hat ein zunehmendes Interesse für die Schafzucht und damit für die züchterischen Probleme geweckt. Die Bestrebungen der Praxis gehen auf ein wirtschaftliches Leistungsschaf, ein Wollfleichschaf. Über die Wege, auf denen dieses Ziel zu erreichen ist, haben sich heftige Kämpfe unter den Züchtern entwickelt. KRONACHER mühevollen Untersuchungen an einem bewundernswert umfangreichen Material suchen in vorbildlicher Weise einen objektiv wissenschaftlichen Beitrag zur Lösung dieser Streitfragen zu bieten. Er stellte sich zur Aufgabe, die Wolleneigenschaften einer „Mele“- (Merino-Leicester)-Herde und einer Fleischmerinoherde

miteinander zu vergleichen. Die Züchter waren z. T. dafür eingetreten, durch Um- und Ausbau der schweren Kammwollmerinos, besonders der Fleischmerinos, das gewünschte Ziel zu erreichen, während die anderen auf dem Wege der Kreuzung einen neuen Typ zu schaffen suchten. Das durch die letzteren Bestrebungen entstandene Meleschaf fand wegen der mächtigen Körperformen, der bedeutenden Körpergewichte, der hohen Schurgewichte und des hohen Rendements bald zahlreiche Bewunderer, aber bald auch wegen der natürlichen Unausgeglichenheit der Kreuzungswolle scharfe Gegner, die Befürchtungen für den Bestand der deutschen Edelwollzuchten hegten.

Es ist unmöglich hier auf die Einzeldaten einzugehen und wir müssen uns darauf beschränken, auf einige der wichtigsten Ergebnisse der Untersuchungen KRONACHERS hinzuweisen. In der Meleherde fanden sich zwei verschiedene Hauptsortimente (A und C). Die Wolle der Mutterschafe ist etwas feiner als die der Jährlinge und der Durchschnitt der Gesamtherde hält sich genau in der Mitte. Bei den Jährlingen herrscht infolge der hier noch fehlenden strengerer Auslese eine größere Variationsbreite der Wollstärke als bei den Mutterschafen. 58,6% der Tiere hatten ein mehr oder weniger ausgeglichenes, 41,4% ein unausgeglichenes Wollsortiment.

Auch bei der Fleischmerinoherde ergab sich für die Wollsortimente eine *zweigipflige* Kurve, während aber bei den Meleschafen die Gipfel in den beiden Sortimenten A und C liegen, finden sie sich hier beide innerhalb des Gesamtsortiments A (bei AAA und A). Auch hier zeigte sich für die Mutterschafe eine Verschiebung des Sortiments nach Richtung einer Verfeinerung. 97,5% der Tiere hatten ein mehr oder weniger ausgeglichenes, 2,5% ein unausgeglichenes Wollsortiment.

Hinsichtlich des Markstrangs der Haare kommt KRONACHER zu folgenden Schlüssen: 1. der Markstrang stellt in den Wollhaaren bei sämtlichen Rassen, bei denen er vorkommt, an sich die gleiche Bildung dar. 2. Er ist ein unabhängig vererbbares, mendelndes Merkmal. 3. Dieses Merkmal ist durch mehrere Faktoren (polymer) bedingt. 4. Die zur Kreuzung benutzten Leicesterstiere waren hinsichtlich dieses Merkmals heterozygot.

Der Vergleich der Wollfeinheitsskurven beider Herden ergibt ein sehr klares Bild von dem grundlegenden Unterschied derselben, wenn man 5 Hauptsortimente (A–E) zugrunde legt. Dann ergibt sich für die Meleherde eine zweigipflige unregelmäßige Kurve, aus der wir sehen, daß 3 Sortimente stark vertreten sind (A 40%, B 28,5%, C 26%), während wir bei der Fleischmerinoherde eine eingipflige, im ganzen regelmäßige Kurve (A 86%) haben. Noch deutlicher zeigt sich das gleiche hinsichtlich der Beteiligung der einzelnen Haardickenklassen in der Gesamt-Vlies-Zusammensetzung. Wesentlich ist, daß die Variationsbreite — des Hauptanteils der Wollhaare — bei der Meleherde eine größere ist als bei der Fleischmerinoherde und daß die Verteilung auf die einzelnen Haardickenklassen eine mehr gleichmäßige ist. Die Zusammensetzung der Vliese und damit letzten Endes der ganzen Herde ist eben, wie sich zahlenmäßig erweist, eine *mehr mosaikartige*.

Quantitative Vergleiche zwischen den Wollhaaren beider Herden zeigten deutlich, daß in jedem Fall der Prozentanteil der Fleischmerinoherde an solchen Haaren, die irgendwelche Unregelmäßigkeiten (Einschnürungen, Knoten, Verdickungen, ungleichmäßiger Verlauf) aufweisen um ein ganz Bedeutendes geringer

ist als der der Meleherde. Traggewicht und Dehnung halten sich in beiden Herden in durchaus normalen Grenzen und lassen auf eine gute Qualität der Haare schließen. An Körpermasse überragt die Meleherde die Fleischmerinoherde um ein Bedeutendes. Das Durchschnittsschwergewicht ist bei beiden Herden im großen und ganzen gleich; das reine Durchschnittswolltragnis in Beziehung zum jeweiligen Durchschnittslebensgewicht der Mutterschafe ergibt für Mele 2,58%, für Fleischmerino 2,68%. Zwischen Lebend- und Schurgewicht besteht eine bestimmte Korrelation, die bei den Meleschafen ($v = +0,405$ bis $+0,484$) höher ist als bei den Fleischmerinoschafen ($v = +0,236$). Zwischen Körpergewicht und mittlerer Haardicke besteht kein Zusammenhang, dagegen ein sehr hoher zwischen der mittleren Haardicke und der Variabilität der Haardicke (Mele $v = +0,85 \pm 0,03$; Fleischmerino $v = +0,49 \pm 0,04$).

Von einer konstant intermediären Vererbung begrenzt mittlerer Hauptsortimente, wie sie früher für die Meleschafe behauptet wurde, kann nicht die Rede sein, sondern es treten deutliche Aufspaltungen, ein Mosaik verschiedener Sortimente auf, wie es nach unseren Kenntnissen des Vererbungsmechanismus nicht anders zu erwarten war. Die Ergebnisse zeigen aber andererseits, daß ohne weiteres die Möglichkeit gegeben ist, bei einheitlich gerichteter Zuchtwahl in absehbarer Zeit auch auf den neuen, an Hand der Kreuzerhaltenen veränderten Körperformen der Meleschafe wieder auf bestimmte Haarstärken ausgeglichene Vliese in der Herde zu erzüchten. Der geeignetste Weg dazu dürfte die dauernde Auswahl des Normalen, nicht sog. „Ausgleichspaarungen“, sein.

WALTER LANDAUER.

Große Bodenbewegungen im japanischen Meer.

Die Vermessungen der japanischen Marine haben zur Kenntnis von unerhört großen Bewegungen des Meeresbodens geführt, die offenbar Begleiterscheinungen der Erdbebenkatastrophe vom September 1923 sind. Das Londoner „Geographical Journal“ von 1924 brachte einen Bericht mit der Wiedergabe einer Karte, die das japanische Hydrographische Amt der britischen Botschaft überreicht hat. Es ist für die Wissenschaft von unschätzbarem Wert, daß die Veränderungen sich in einem Gebiet zugetragen haben, das vorher gut vermessen war. Die Karte enthält nebeneinander die Tiefenzahlen der alten und der neuen Lotungen. Ergänzungen bringt ein Aufsatz von CH. DAWSON im „Geogr. Journ.“ 1925.

In der Sagami-Bai, südwestlich von Yokohama, wo das Epizentrum des großen Erdbebens lag, hat sich ein Gebiet von 700 qkm gesenkt, dicht dabei eins von 240 qkm gehoben. Die größte Senkung beträgt nicht weniger als 400 *fathoms* (720 m), die größte Hebung 230 *fathoms* (318 m). Ein Abhang von 15° Neigung führt von der entstandenen höchsten Erhebung zu dem Senkungsgebiet hinab. Die größten Verschiebungen im Felsgerüst der Erde die sich bisher unter den Augen des Menschen zugetragen haben, sind bei dem Erdbeben von Alaska im Jahre 1899 beobachtet. Da sind Senkungen von 14 m vorgekommen; das war staunenerregend viel gegenüber dem was bis dahin bekannt war!

An den Küsten der Sagami-Bai sind bei dem Erdbeben ausgedehnte Verschiebungen der Küstenlinie vorgekommen. Ihre Höhenmaße aber sind geringfügig gegenüber jenen gewaltigen Bewegungen des Meeresbodens. Die Abwärtsbewegung der Küstenlinie erreicht nur 2,8 m, die Aufwärtsbewegung nur einen halben Meter. Erstaunlich ist es, daß die durch das

Erdbeben hervorgerufene Flutwelle *verhältnismäßig* klein war. Sie hat „nur“ die Höhe von 7 m erreicht, was natürlich für die Küstenbevölkerung doch eine schwere Katastrophe bedeutete.

Ob die großen Bodenbewegungen mit einem Schlag sich zugetragen haben, oder sich auf einen etwas längeren Zeitraum verteilt haben, wissen wir natürlich nicht. Die Erde hat lange Zeit gebraucht, um nach dem großen Stoß wieder zur Ruhe zu kommen. Die Zahl der Nachstöße betrug in Tokyo am ersten Tag 213, am zweiten Tag 177, am dritten Tag 105. Beinahe genau 24 Stunden nach dem großen Beben erfolgte ein fast eben so starkes, dessen Epizentrum aber ungefähr 100 km von dem des ersten nach Südost im offenen Meere lag.

Als Rückwirkung gegen die Katastrophentheorien einer weit zurückliegenden Zeit herrscht bei vielen Geologen noch immer ein weitgehender Quietismus in der Beurteilung der Bewegungen der Erdkruste. Noch in den Verhandlungen des Leipziger Geographentages von 1921 sagt Professor WALTER PENCK: „Von einem ruckweisen, diskontinuierlichen Ablauf der Krustenbewegungen ist gar keine Rede. Nicht diskontinuierlich, sondern stetig verlaufen die Krustenbewegungen.“

Die Ereignisse im japanischen Meer lehren uns, die Bewegungen der Erdkruste doch etwas anders anzusehen. Die Erdkruste ändert sich nicht überall so sanft wie etwa in Skandinavien, das sich im Jahrhundert unmerklich um ungefähr einen Meter hebt. L. HENKEL.

Neue Literatur über die Polargebiete. Die Bedeutung, welche die Polargebiete in der Gegenwart nicht nur für die geographische Wissenschaft sondern auch für das wirtschaftliche und politische Leben der Kulturvölker erlangt haben, wird in augenfälliger Weise durch das ziemlich gleichzeitige Erscheinen von drei zusammenfassenden Werken veranschaulicht, die auf verschiedenen Wegen dasselbe Ziel zu erreichen suchen, uns die Eigenart der Polargebiete und ihrer Lebensbedingungen verständlich zu machen und eine anregende Beschreibung der bis jetzt bekannten Länder und Meere der Arktis und Antarktis zu geben.

An erster Stelle in bezug auf wissenschaftliche Durcharbeitung, Vollständigkeit der Darstellung, sowie Ausstattung mit Karten und Bildern steht das Werk von LUDWIG MÆCKING, Die Polarländer (XII, 158 S., 7 Tafeln, 17 Textkärtchen, 2 Kartentafeln. Leipzig: Bibliographisches Institut 1925. Gebunden in Leinen RM 9,50), das als Teil der von WILHELM STEVERS begründeten, von HANS MEYER neu bearbeiteten „Allgemeinen Länderkunde“ herauskommt. Entsprechend der Zugehörigkeit zu dieser Sammlung ist der Hauptwert auf die Schilderung der länderkundlichen Teilgebiete gelegt worden, zu denen auch die polaren Meere gehören. In der Arktis wurden die festländischen Randgebiete, soweit sie polaren Charakter haben, in die Betrachtung einbezogen, nämlich die russische und sibirische Eismeerküste, das polare Alaska und der amerikanische Polarsaum einschließlich Hudsonbai und Labradorküste. Der Abschnitt über das Südpolargebiet berücksichtigt auch noch die subantarktischen Inseln, die zum Teil, wie der Kerguelen-Archipel, die Antipoden-Insel u. a. schon nördlich des 50. Parallelkreises liegen. Wenn man auch verschiedener Meinung darüber sein kann, ob die erwähnten arktischen Küstenländer, trotzdem sie in der Polarzone liegen, noch dem Polargebiete zuzurechnen sind, so wird man diese Erweiterung der Darstellung doch willkommen heißen, weil in den üblichen landeskundlichen Schilderungen die Polarränder der Kontinente meist nur stiefmütterlich behandelt zu werden pflegen.

Zum erstenmal wird hier eine gemeinverständlich geschriebene und dabei doch auf hohem wissenschaftlichen Niveau stehende Geographie beider Polargebiete in deutscher Sprache geboten, die an Vollständigkeit und Zuverlässigkeit unerreicht dasteht.

Während in dem Werk von MECKING dem allgemeinen Teil nur etwa ein Achtel des Gesamtumfanges gewidmet ist, stellt das Büchlein von HANS RUDOLPHI, *Die Polarwelt* (144 S., 33 Bilder, 14 Kartenskizzen im Text. Breslau: Ferdinand Hirt 1926. Gebunden in Pappband RM 3,50) aus der Abteilung Erdkunde von „Jedermanns Bücherei“ die allgemeinen Züge in den Vordergrund und läßt die Darstellung der Einzellandschaften zurücktreten. Die physischen Verhältnisse der Arktis werden durch 11, die der Antarktis durch 2 Textkärtchen veranschaulicht, und von den 112 Textseiten entfallen 45 auf die Abschnitte Eismeer, Klima und Eis, wogegen die spezielle Geographie der Arktis und der Antarktis nur 27 Seiten umfaßt. Schon rein äußerlich lassen diese Zahlen den Unterschied merken, der sich in dem Inhalt der beiden Werke wiedererkennen läßt. Den Hauptwert legt RUDOLPHI auf eine ausführliche Schilderung derjenigen Charakterzüge, durch welche die Polarwelt sich von den übrigen Teilen der Erdoberfläche unterscheidet, die aber gerade deshalb unsere besondere Anteilnahme erwecken.

Ganz anders geartet ist ein Teil der von OSCAR KENDE herausgegebenen „Enzyklopädie der Erdkunde“ (Nord- und Südpolarländer. Bearbeitet von O. NORDENSKJÖLD. Island und die Färöer. Bearbeitet von HANS RECK. 85 Seiten, 7 Bildertafeln, 1 Diagramm, 7 Kartenskizzen im Text. Leipzig und Wien: Franz Deuticke 1926. RM 5.—). Bei NORDENSKJÖLD ist der Stoff nicht so straff gegliedert und die Darstellung nicht so systematisch, lehrbuchmäßig aufgebaut. Das Werk hat vielmehr den Charakter einer Sammlung von Einzelabhandlungen, die aber darum besonders anziehend wirken, weil man überall spürt, daß der Verfasser nicht nur die meisten Teile der Nordpolarländer sondern auch die Antarktis aus eigener Anschauung kennt und der Erforschung zahlreicher polarer Probleme einen großen Teil seines Lebens gewidmet hat. Er schließt seine Betrachtungen mit einem Ausblick auf die Zukunft der Polarforschung, wobei er als Transportmittel für die Arktis dem Luftschiff, für die Antarktis dem Motorschlitten den Vorzug gibt.

Die Arbeit von RECK über Island und Färöer ist dem Polarwerk NORDENSKJÖLDs nur aus praktischen Gründen angegliedert worden. Sie betrachtet diese, außerhalb der Polarzone liegenden Inseln vornehmlich vom morphologisch-geologischen Standpunkt aus.

Dem Inhalt der verschiedenen Werke im einzelnen gerecht zu werden, ist im Rahmen dieser Anzeige nicht möglich, und noch weniger wird man sich in kritischer Weise mit den Verfassern über manche Anschauungen auseinandersetzen wollen, da die Polargebiete doch noch recht wenig erforscht sind, und manche Ergebnisse an Zuverlässigkeit viel zu wünschen übriglassen. Mit Recht weist z. B. NORDENSKJÖLD darauf hin, daß eine Erforschung des Klimas der Polarländer zu den wichtigsten Aufgaben künftiger Forschung gehöre, da bis jetzt fast alle Beobachtungen aus Küstengebieten stammen und feste meteorologische Stationen im Inneren der Polarländer fast niemals tätig gewesen sind.

Seltsamerweise findet die, für Arktis wie Antarktis so charakteristische Erscheinung des Polarlichtes in keinem der 3 Werke Berücksichtigung.

In der strittigen Frage nach der Benennung des

Südpolarkontinentes entscheidet sich MECKING für Antarktien, RUDOLPHI für Antarktika, während NORDENSKJÖLD zwar beide Namen als gleichwertig betrachtet, aber meist die Bezeichnung Antarktika benutzt.

Die Geschichte der Polarforschung wird von MECKING in besonderen Kapiteln behandelt, während sich in den beiden anderen Werken nur gelegentlich bei der Schilderung der einzelnen Länder Hinweise auf die Entdeckungsgeschichte finden. MECKING gibt auch eine, bis zum Jahr 1587 zurückgehende Tabelle der erreichten Höchstbreiten in der Arktis, dagegen streift er nur kurz die Frage der Abgrenzung der Polargebiete, welche von RUDOLPHI und NORDENSKJÖLD eingehender behandelt wird.

Die Literaturangaben sind bei MECKING am ausführlichsten und umfassen die wichtigsten Werke in systematischer Anordnung. Er verzichtet auf die gesamte ältere Literatur, die fast lediglich aus Reisebeschreibungen besteht, weil sie in den, von ihm zitierten historischen Darstellungen leicht zu finden ist. RUDOLPHI erwähnt lediglich Arbeiten in deutscher Sprache, läßt die vielen Expeditionswerke und Arbeiten über die Entdeckungsgeschichte der Polarländer unberücksichtigt und begnügt sich mit dem Hinweise auf das treffliche Werk von K. HASSERT, *Die Polarforschung*. NORDENSKJÖLD bringt eine sehr kurze Literaturübersicht, dagegen führt er vielfach ausländische, namentlich skandinavische Spezialarbeiten an.

Wie aus dieser kurzen Würdigung hervorgehen dürfte, ergänzen sich die 3 Werke in der glücklichsten Weise. Jedes hat seine Vorzüge, und wenn auch das Werk von MECKING an Ausführlichkeit die beiden anderen übertrifft, so wird der Fachmann doch auch aus deren Inhalt reiche Belehrung und vielseitige Anregung schöpfen.

Der Anschluß Korsikas an das französische Dreiecksnetz. Geodätische Anschlüsse der Insel Korsika an das Festland waren auf indirektem Wege bereits 1770 bis 1791 von TRANCHOT und 1827 von DURAND ausgeführt worden, aber deren Genauigkeit von 1 : 2000 der Distanz entsprach nicht den Erfordernissen einer Triangulierung erster Ordnung. Nach einer Mitteilung von F. HONORÉ (L'Illustration, Paris, 27. Februar 1926, S. 189–190) erfolgte im Sommer 1925 unter der Leitung von PAUL HELBRONNER eine neue Triangulierung unter Benutzung mächtiger Scheinwerfer, die einerseits auf den Festlandsstationen Fort du Mont Chauve und du Mont Agel bei Nizza, sowie Fort du Coudon und Gipfel von La Sauvette bei Toulon, andererseits auf den korsischen Berggipfeln Monte Stello (1305 m), Monte Rotondo (2625 m) und dem höchsten Berg der Insel, Monte Cinto (2710 m), aufgestellt waren. Die kürzeste Entfernung (Monte Stello—Mont Agel) beträgt 195,6 km, die längste (Monte Rotondo—Fort du Coudon) 271,1 km. In der Nacht vom 6. bis 7. August 1925 konnte auf dem Monte Rotondo zum erstenmal das Licht des Fort du Coudon gesehen werden. HONORÉ betont, daß dies die längste, bisher bei einer geodätischen Vermessung erzielte Sichtweite sei, die eine im Jahre 1879 bei den Anschlüssen zwischen Spanien und Algerien erreichte von 269 km noch etwas übertrifft. Die Messungen wurden bis zum 5. November 1925 fortgesetzt und unterliegen gegenwärtig der Verarbeitung.

O. BASCHIN.

Neuere Arbeiten auf dem Gebiete der Stellarphysik¹⁾.

Von E. A. MILNE, Cambridge.

(Aus dem Englischen übertragen von G. SCHNAUDER † und E. FREUNDLICH, Berlin-Potsdam.)

(Schluß.)

Versuchen wir nun, uns ein Bild von einer typischen Sternatmosphäre zu machen.

Sie wird aus Gasschichten bestehen, die sich nach Druck, Dichte, Temperatur und Zusammensetzung voneinander unterscheiden. Chemische Bindungen werden selten sein, da die Temperatur höher sein wird als ihre Dissoziationstemperaturen. Daher auch werden die Gase nahezu alle einatomig sein. Viele von den Atomen werden ionisiert sein, und es wird daher ein Überfluß an freien Elektronen geben; einige davon werden bei Zusammenstößen zwischen Atomen oder zwischen Atomen und Elektronen frei geworden sein, aber die große Mehrzahl wird photoelektrisch entbunden worden sein. In den tieferen Schichten, wo die Dichte groß genug ist, werden Elektronen fortwährend auf ionisierte Atome treffen und sich mit ihnen wieder vereinigen; aber in den höheren Schichten werden Zusammenstöße und Wiedervereinigungen seltener sein. Dank dem Überschuß an freien Elektronen wird die Gasmasse sehr gut leiten, und es wird keine merklichen, makroskopischen, elektrischen Felder geben.

Wie groß die Störungen im allgemeinen sein werden, wissen wir nicht. An begrenzten Stellen der Sonne, in den Sonnenflecken und Protuberanzen, mögen sie außerordentlich groß werden; im allgemeinen aber werden die Feldwirkungen nicht groß genug sein, um Konvektionsströme auszulösen. Die schweren Atome werden darum hauptsächlich in den tieferen Schichten liegen und die leichten in den höheren Schichten überwiegen. In diesem Zusammenhange dürfen wir aber die freien Elektronen nicht als leichte Atome behandeln, denn die elektrostatischen Kräfte zwischen ihnen und den Ionen werden eine merkliche Scheidung zwischen beiden verhindern — die Gasmasse als Ganzes wird in einem kleinen Gebiete elektrisch neutral sein. Die Atome werden sich also nach ihrer Masse schichten. Jedesmal, wenn ein Atom ein Strahlungsquant $h\nu$ absorbiert, erhält es auch einen Impuls vom Betrage $h\nu/c$. Allerdings wird es das Quant bald wieder emittieren, in den Zustand niedrigerer Energie zurückkehren und das Rückstoßmoment erhalten. Aber die Emission wird gleichmäßig nach allen Richtungen hin erfolgen, während von der Absorption in erster Linie die nach außen gerichtete Strahlung betroffen sein wird. Daher wird im Ganzen das Atom ein Impulsmoment nach außen erhalten. Es wird demnach im *Strahlungsdruck* auf die Atome der

Schwere entgegengesetzt wirken und wird den Druckgradienten abschwächen. Er wird auf die verschiedenen Atome ungleich wirken. Je höher die Frequenz ν , desto größer ist das damit verbundene Moment, daher wird der Strahlungsdruck (1) von den Wellenlängen abhängen, die das Atom absorbieren kann. Daneben wird er noch (2) von der Zahl der zur Verfügung stehenden Quanten abhängen, d. h. von der Intensität des kontinuierlichen Spektrums, ferner (3) von der Schnelligkeit des Vorganges der Absorption und Remission. Betrachten wir der Einfachheit halber ein hypothetisches Atom mit nur zwei Energieniveaus. Sobald es ein Quantum aufgenommen hat, ist es unfähig, ein zweites Quantum zu absorbieren, ehe es nicht in seinen Normalzustand zurückgekehrt ist; für die Wirkung des Strahlungsdruckes ist es außer Tätigkeit gesetzt, bis es remittiert hat. Das Schicksal eines Atoms, für welches die Möglichkeit besteht, ionisiert zu werden, ist noch viel schlimmer. Wenn nicht gerade sein Funkenspektrum ihm geeignete Linien darbietet, kann es auf den Strahlungsdruck nicht ansprechen, ehe es nicht wieder ein Elektron eingefangen hat. Die Zeitdauer, während der ein Atom in einem angeregten Zustande verweilt, ist daher von fundamentaler Bedeutung. Diese Verhältnisse stören die Lagerung der Atome nach der Schwerkraft empfindlich, und obwohl die schwereren Atome *statistisch* die tieferen Schichten bevorzugen werden, so müssen wir doch mit merklichen Ausnahmen hiervon rechnen, die von den verschiedenen Atomstrukturen abhängen.

Von den photosphärischen Schichten nach auswärts schreitend, stoßen wir zuerst auf Schichten von geringerer Dichte, wo die Atome nach und nach die Möglichkeit bekommen, ungestört von anderen Atomen ihre Linienspektren zu absorbieren und zu emittieren. Jede Schicht von Atomen schickt die Hälfte der absorbierten Strahlung zurück, während sie die andere Hälfte den darüberliegenden Schichten zustrahlt. Diese wiederum absorbieren einen Teil der nun schon verminderten Strahlung, senden die Hälfte des absorbierten zurück und geben die andere Hälfte weiter. Auf diese Weise entstehen die monochromatischen Absorptionslinien. Für die Strahlung, deren Wellenlängen zwischen den Absorptionslinien der Atome liegen, sind die Atome vollkommen durchlässig, und diese geht durch sie hindurch mit geringem bzw. ohne jeden Einfluß auf ihre Temperatur. Bis zu einem gewissen Grade aber wird doch ein Austausch zwischen der

¹⁾ Proceedings of the Physical Society of London 36, S. 2. 15. Febr. 1924.

strahlenden Energie und der Energie der molekularen Bewegung stattfinden mittels unelastischer Elektronenstöße und Dreikörperzusammenstöße, die einen gewissen Einfluß auf die Temperatur haben werden. Wir befinden uns nun oberhalb der spezifischen Gegend der Schwarzschild'schen Grenztemperatur, aber die Gase werden ungefähr diese Temperatur haben.

In den unteren Teilen der betrachteten Region wird das Gewicht der Atome zum großen Teile vom Druckgradienten getragen werden; denn teils weil viele der Atome in höheren Quantenzuständen sein werden, teils aus anderen Gründen wird es eine beträchtliche Anzahl von Atomen geben, die getragen werden müssen, die aber keinen wesentlichen Gebrauch vom Strahlungsdrucke machen können. Wenn wir emporsteigen, wird der Druck zuerst exponentiell abnehmen, und auch der Druckgradient wird abnehmen. Die durchwandernden Atome und viele der schwereren werden zurückbleiben, und wir werden in eine Gegend kleinen Druckes und kleiner Druckgradienten geraten, die nur aus denjenigen Atomen bestehen wird, die sich gewissermaßen aus eigener Kraft halten können. Dieses ist die Chromosphäre. Hier werden Zusammenstöße sehr selten sein, und jedes Atom wird sich entgegen der Schwerkraft vor allem durch eine lebhaft Folge von Impulsaufnahmen bei der Absorption von Quanten halten. Der Begriff der Temperatur ist auf ein solches Gebiet kaum anwendbar. Die dort vorhandenen Atome werden vor allem solche sein, die günstig gelegene Absorptionslinien besitzen und die nach der Absorption nach einem Zustande zurückstreben, wo sie leicht für die nächste Absorption verwertbar sind, die nicht gar zu leicht ihr wirksames Elektron verlieren, und die auch nicht zu schwer sind.

Betrachten wir nun den Typus des Absorptionsspektrums, den eine Sternatmosphäre dieser Art hervorbringen wird. Zuvörderst: Die Atome in den hohen, chromosphärischen Schichten, die lediglich vom Strahlungsdrucke getragen werden, dürften viel zu wenige sein, als daß sie einen merkbaren Einfluß auf die Bildung von Absorptionslinien haben könnten. Bei einer totalen Sonnenfinsternis sind sie im Flashspektrum sichtbar, weil wir tangential in eine ziemlich dicke Schicht blicken. Radial gesehen aber machen sie nur sehr wenig aus. Das zeigen z. B. die Heliumlinien, die, obschon auffallend im Flash — wo JANSSEN und LOCKYER das Helium entdeckt haben — im gewöhnlichen Fraunhoferspektrum kaum erscheinen. Die Absorptionslinien entstehen vielmehr in denjenigen Schichten, in denen ein merklicher Druckgradient herrscht, die Dichte nicht zu klein und nicht zu groß ist und die Atome im großen und ganzen eine Maxwell'sche Geschwindigkeitsverteilung aufweisen, die einer Temperatur nur wenig unter der effektiven entspricht.

Nun betrachten wir eine Linie wie $\lambda = 4227$ Ca.

Es ist dieses die erste Linie der Hauptserie und wird mit $1S-1P$ bezeichnet. Bei einem Ca-Atom, das imstande sein soll, sie zu absorbieren, muß das äußerste Elektron im Zustande kleinster Energie sein — im $1S$ -Zustande. Die Absorption besteht darin, daß das Elektron aus diesem $1S$ - in den $1P$ -Zustand springt. Die Stärke der Absorptionslinie $\lambda 4227$, die von der Sternatmosphäre erzeugt wird, wird daher davon abhängen, wieviel Ca-Atome mit einem Valenzelektron im $1S$ -Zustande in der umkehrenden Schicht vorhanden sind. Nicht alle vorhandenen Atome werden in diesem Zustande sein. Erstens werden manche die Linie schon absorbiert haben und daher bereits im $1P$ -Zustande sein; andere werden in anderen Zuständen, wie im $1D$ -, $1P$ -Zustande usw. sein, vielleicht infolge von Absorption, vielleicht auch nach einem unelastischen Zusammenstoße. Zweitens aber werden manche Atome ein Elektron verloren haben, sei es durch Zusammenstoß oder, was wahrscheinlicher ist, photoelektrisch. Auch diese Atome sind hinsichtlich der Linie $\lambda = 4227$ außer Betrieb gesetzt, bis sie wieder ein Elektron eingefangen haben. Aber diese beiden Möglichkeiten der Außerbetriebsetzung unterscheiden sich außerordentlich. Wie bald ein Atom, dessen Elektron nur auf eine andere Stufe gehoben ist, seinen Normalzustand wiedergewinnt, das hängt von mancherlei ab, hauptsächlich aber von der Struktur des Atoms. Wie bald aber ein *ionisiertes* Atom seinen neutralen Zustand wiedererlangt, hängt außerdem von der Aussicht ab, ein Elektron einzufangen. Das nur *angeregte* Atom hält seinen Partner noch zurück, aber das *ionisierte* muß erst einen neuen finden, und wie bald ihm das glückt, das hängt von der Zahl der verfügbaren Partner ab, d. h. von der Konzentration der freien Elektronen. Daher ist der Bruchteil der *ionisierten* Atome eng mit dem Drucke verknüpft; je niedriger der Druck, oder richtiger, je kleiner der Partialdruck der freien Elektronen ist, desto geringer sind die Aussichten auf Wiedervereinigung und desto größer ist daher in einem stationären Zustande der Anteil der ionisierten Atome. Auf diese Abhängigkeit der Ionisation vom Drucke hat SAHA hingewiesen. Der Versuch hat sie in weitem Umfange bestätigt.

Die *ionisierten* Ca-Atome sind außer Betrieb nur hinsichtlich der Absorption und Emission der Linie $\lambda 4227$, aber sie können ein *ihnen eigenes* Spektrum emittieren und absorbieren. Die Linien *H* und *K* des Fraunhoferspektrums sind das erste Paar der Hauptserie des *ionisierten* Calciums und daher für das *ionisierte* Atom das Analogon zu $\lambda 4227$ für das neutrale Atom. Sie entstehen durch Sprünge des übriggebliebenen Valenzelektrons.

Steigt die Temperatur und bleibt der Druck konstant, so wächst die Menge der ionisierten Atome, und die der neutralen nimmt ab. Daher sollte die Intensität von $\lambda 4227$ als Absorptionslinie abnehmen, wogegen die von *H* und *K* wachsen

mußte. Das wird andauern, bis der zweite Ionisationszustand einsetzt, der mit dem Verluste des zweiten Elektrons verbunden ist. Das Spektrum des Calciumatoms, dem zwei Elektronen fehlen, wird mit seinen intensiveren Linien weit im Ultraviolett liegen, und für unsere Zwecke können wir sagen, daß keine neuen Linien auftreten werden.

Genau das beobachten wir in der Folge der Sternspektren, wenn wir von den roten M-Sternen mit Atmosphärentemperaturen von rund 3000° zu den weißen und blauen B- oder O-Sternen mit Temperaturen von $20\,000^\circ$ und mehr übergehen. Die Intensität von $\lambda = 4227$ sinkt stetig und verschwindet bei A0 vollkommen. Diejenige von $\lambda = 3933$, und $\lambda = 3968$ wächst an bis zum K-Typ, bleibt groß bei den Sternen vom Sonnentyp, und nimmt hierauf stetig ab, aber noch lange, nachdem $\lambda = 4227$ verschwunden ist, treten diese Linien auf.

Dasselbe gilt für Strontium von dem Singlet $\lambda 4607$ (1S-1P) und dem Funkendublett $\lambda\lambda 4216, 4078$ (1 δ -1 $\pi_1, 2$). Die Potentiale der ersten und zweiten Ionisationsstufe sind ziemlich dieselben wie beim Calcium.

Diese Linien $\lambda = 4216, 4078$ sind zwei von denen, die ADAMS hauptsächlich bei der Bestimmung der absoluten Helligkeiten benützt hat. Nun liegt aber der Hauptunterschied zwischen Riesen und Zwergen desselben Typs in dem Grade der Verdichtung ihrer Materie. Der Radius des Riesen ist viel größer als der des Zwerges derselben Masse — sagen wir 20–30mal für einen Stern von Sonnenmasse im K-Typus — und die Gravitation an der Oberfläche mag rund 500mal kleiner sein. Dies besagt: die Druck- und Dichtegradienten sind in den äußeren Teilen eines Zwerges viel ausgeprägter als bei einem Riesen. Nun muß die einen Riesenstern verlassende Strahlung — sowohl die des kontinuierlichen Spektrums wie auch die Reststrahlung in den Absorptionslinien — ziemlich aus derselben Tiefe, gerechnet in durchstrahlter Masse pro Flächeneinheit, stammen, wie diejenige eines Zwergsternes. Die resultierende Strahlung eines Riesensternes muß daher aus einer Region sehr viel geringeren Druckes stammen als die eines Zwerges; und der Undurchlässigkeitsgrad für das kontinuierliche Spektrum, der eine Absorptionslinie zustande bringt, wird in einem Riesen bei niedrigerem Drucke erzeugt als in einem Zwerge. Bei beiden Sternen sehen wir bis zu derselben optischen Tiefe hinab; aber wegen des kleineren Gradienten in einem Riesen liegt die Grenze, bis zu welcher wir hineinblicken, dort in einem Gebiete kleineren Druckes. Es folgt daraus, daß in den wirksamen Schichten eines Riesen eine stärkere Ionisation herrscht und damit eine kräftigere Entwicklung der Funkenlinien, was genau in Übereinstimmung ist mit den Beobachtungen von ADAMS.

Es ist also in der Tat der Druck, der als zweite Veränderliche hinzukommt und die Reihe der

Spektraltypen spaltet. ADAMS Korrelation zwischen der Intensität der Funkenlinien mit der großen absoluten Helligkeit ist also eine indirekte; die Kette der Beziehungen lautet vielmehr: Starke Ionisation — niedriger Druck — kleiner Wert der Gravitation an der Oberfläche — großer Radius — große Sternscheibe — große absolute Helligkeit.

Wir können nun das Paradoxon aufklären, daß Riesen kleinere effektive Temperaturen haben als Zwerge desselben Types und trotzdem stärkere Entwicklung der Funkenlinien zeigen. Sehen wir von der Temperatur ab, so steht die Atmosphäre eines Riesen unter viel geringerem Drucke als die eines Zwerges, und er wird daher ein Spektrum von viel früherem Typ zeigen. Ordnen wir also die Sterne nach dem Schema gleichen allgemeinen Aussehens ihrer Spektren, so werden die Riesen bei gleichem Typ niedrigere Temperatur haben. Aber die auffallenderen Funkenlinien werden dabei immer noch eine Ausnahmestellung einzunehmen scheinen. Von diesem Gesichtspunkte aus wäre es logischer, die Sterne nach Temperaturklassen (Farbenklassen) zu ordnen; die spektralen Unterschiede zwischen Riesen und Zwergen derselben Farbenklasse wären dann sehr auffallend. Zudem wären die Unterschiede einer theoretischen Untersuchung leichter zugänglich.

SAHA hat nicht nur darauf hingewiesen, daß starke Entwicklung der Funkenlinien starke Ionisation bedeute, und daß starke Ionisation ebensogut durch niedrigen Druck wie durch hohe Temperatur erzeugt wird. Indem er LINDEMANN und EGGERT folgte, wandte er die thermodynamische Dissoziationsformel der physikalischen Chemie an, um den Ionisationsgrad eines Gases bei hoher Temperatur im thermodynamischen Gleichgewichte zu berechnen. Selbstionisation bei hoher Temperatur ist völlig analog der chemischen Dissoziation, wobei die durch das Ionisationspotential repräsentierte Arbeit die Stellung der (negativen) Reaktionswärme einnimmt. Die Formel drückt den Ionisationsgrad als Funktion von Temperatur und Druck aus.

Indem SAHA Drucke von 1–0,1 Atmosphären annahm und voraussetzte, daß eine Linie gerade auftaucht oder verschwindet, wenn der zu ihrer Absorption fähige Prozentsatz der Atome etwa von der Ordnung 1–0,1% ist, konnte er Temperaturen für das Erscheinen und Verschwinden berechnen. Z. B. fand er für das Verschwinden von $\lambda = 4227$ Ca $13\,000^\circ$, und dieses sollte die wahre Temperatur der Atmosphäre eines Sternes sein, bei dem diese Linie in Absorption gerade verschwunden ist. Diese Temperatur wurde füglich von SAHA den Sternen vom Typ B8 zugesprochen. Ähnlich berechnete er die Verschwindungstemperatur von $\lambda 3933$ Ca⁺ zu $20\,000^\circ$, diejenige von $\lambda = 4215$ Sr⁺ zu $14\,000^\circ$.

Ich habe die Theorie dargestellt in ihrer Anwendung auf die Linien der Hauptserie; die Hauptlinien eines neutralen Atomes müssen mono-

ton schwächer werden mit wachsender Temperatur, die Hauptlinien eines *ionisierten* Atoms dagegen sollten zu einem Maximum ansteigen und dann abklingen. Die Theorie der Linien einer *Nebenserie* ist nicht ganz so einfach. Ich habe den Begriff „Hauptserie“ als gleichbedeutend gebraucht mit derjenigen Serie, deren Linien von einem Atom in seinem niedrigsten energetischen Zustande absorbiert werden. Die Balmerlinien z. B. sind in diesem Sinne keine Hauptlinien; um die Balmerlinien zu absorbieren, muß das Atom erst auf den zweiten Quantenzustand gehoben sein. Bei niedrigen Temperaturen wird man den Prozentsatz der nicht im normalen Zustande befindlichen Atome vernachlässigen dürfen. In dem Maße aber, wie die Temperatur ansteigt, wird der Prozentsatz der Atome in allen angeregten Zuständen wachsen. Während daher die Linien der Hauptserie in Absorption erscheinen können, wie niedrig auch die Temperatur ist, können die Linien einer Nebenserie nur auftreten, wenn die Temperatur hoch genug ist, um einen merklichen Anteil erregter Atome zu erzeugen. Endlich müssen die Linien einer Nebenserie verschwinden genau wie die der Hauptserie in dem Maße, wie die Atome ionisiert werden. Die Linien der Hauptserien eines neutralen Atoms haben nur einen Verschwindungspunkt, aber eine Nebenserienlinie und ebenso die Hauptserienlinien und alle anderen Linien des ionisierten Atoms werden sowohl einen Erscheinungs- wie auch einen Verschwindungspunkt haben, mit einem Maximum dazwischen.

Zum Beispiel wächst das scharfe Mg-Triplett $\lambda = 5184, 5173, 5167$ ($1p_1, 2s-1s$) an Intensität bis zu Ko, danach nimmt es ab. Die Balmerlinien nehmen dauernd an Intensität zu bis zum Typ Ao und fallen dann langsam ab. Die Bogenlinien des Heliums, die allesamt Nebenserienlinien, von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet, sind, erscheinen bei den Ao-Sternen, erreichen ein Maximum beim Typ B2 und verschwinden in PLASKETTS Typ O5. Die Funkenlinie $\lambda 4481$ Mg ($2d-3p$), die eine Nebenserienlinie des ionisierten Atoms ist, tritt zuerst in der Sonne auf (Typ Go), erreicht ein Maximum zugleich mit den Balmerlinien und verschwindet in Typ O7. Je höher das Ionisationspotential oder je größer der Niveauunterschied zwischen dem normalen Zustande und dem betrachteten Erregungszustande ist, desto heißer wird der Stern sein, in welchem diese Linie auftritt.

In großen Umrissen erklären diese Betrachtungen das Erscheinen der Maxima und das Verschwinden, das Anwachsen und Abnehmen der Intensität der Linien, die in der Folge der Sternspektren vorkommen, deren Seriengesetze bekannt sind, und sie geben die Erklärung dazu in der richtigen Ordnung. Man hat das Recht vorauszusetzen, daß auch die aufeinanderfolgenden Veränderungen in den Linien verwickelterer Spektren wie wir C, N und O, Fe und Ti in Zukunft in ähnlicher Weise eine Erklärung finden werden.

Vom quantitativen Standpunkt bleibt allerdings noch manches zu wünschen übrig. Es war notwendig, und zwar in ziemlich willkürlicher Weise, einen Wert für den niedrigsten Konzentrationsgrad anzunehmen, unterhalb dessen Atome im passenden Zustande keine beobachtbare Absorptionslinie mehr liefern. Und gleichfalls notwendig war eine willkürliche Annahme über den Druck. Man hat neuerdings eine Möglichkeit gefunden, die erste Schwierigkeit zu umgehen und die zweite zu überwinden, indem man das Augenmerk auf die Lage des Intensitätsmaximums einer Linie in der Spektralfolge gerichtet hat anstatt auf die Stellen des Erscheinens und Verschwindens.

Betrachten wir wieder eine Linie, die nur von einem neutralen Atome in einem erregten Zustande absorbiert wird, wie etwa eine Balmerlinie. Bei vorgegebenem Drucke wird die Zahl der neutralen Wasserstoffatome, die in einem erregten Zustande sind, mit der Temperatur wachsen. Aber der Bruchteil aller Atome, die im neutralen Zustande sind, wird abnehmen, wenn die Temperatur wächst. Der Bruchteil aller Atome, die in dem erregten Zustande sind, ist dem Produkt dieser beiden Brüche proportional. Bei niedriger Temperatur werden die allermeisten Atome neutral, aber kaum ein Paar werden im erregten Zustande sein; bei hoher Temperatur wird ein großer Bruchteil der neutralen Atome sich in einem angeregten Zustande befinden, aber die Zahl der neutralen Atome wird überhaupt klein sein und darum auch die Zahl der angeregten Atome. Dazwischen wird es ein Maximum geben. Eine Formel der statistischen Mechanik, die in ihrem Ursprunge auf BOLTZMANN zurückgeht, gibt den Bruchteil in einem gegebenen Erregungszustande. Verbindet man diese mit der Ionisationsformel, so kann man den wahren Bruchteil der Atome in dem erregten Zustande bei einer gegebenen Temperatur ausrechnen. Durch einfache Differentiation können wir dann weiter ermitteln, für welche Temperatur dies ein Maximum wird. Für eine Nebenserie, deren Ionisationspotential und Serienbeziehungen bekannt sind, findet man, daß die Temperatur der Maximalkonzentration der Atome in einem gegebenen Erregungszustande durch eine bestimmte Formel geliefert wird, in der die einzige Unbekannte der Partialdruck der freien Elektronen ist.

Es ist plausibel, die Temperatur der maximalen Konzentration mit der Temperatur der größten Intensität der entsprechenden Linien in der Sternfolge zu identifizieren. Die Balmerlinien erreichen ein Maximum in den Ao-Sternen, mit einer effektiven Temperatur von rund $10\,000^\circ$. Es zeigt sich, daß dies mit der berechneten Temperatur wohl übereinstimmt, wenn man den Druck zu $1,3 \cdot 10^{-4}$ Atmosphären ansetzt. Dies müßte also der mittlere Druck der Elektronen sein in den Schichten einer Sternatmosphäre, die eine starke Wasserstoffabsorptionslinie hervorbringen.

Nimmt man an, daß derselbe Druck im allgemeinen herrscht, so können wir ihn in die Formel einsetzen und die Temperatur der maximalen Intensität für alle anderen Nebenserienlinien bestimmen. Man findet, daß die scharfen und diffusen Linien des Na ein Maximum bei 3900° haben müßten, diffuse Triplets und scharfe und diffuse Singletts von Ca bei 4400° , die entsprechenden Mg-Bogenlinien bei 5300° , die Bogenlinien des He bei $16\ 100^\circ$ und die Pickeringserie bei $35\ 200^\circ$. Vermerkt man die beobachteten Stellen der Maxima in der Folge der Spektren, so erhält man eine Temperaturskala, oder man kann, indem man die Prozedur umkehrt, die Sternskala von anderen Quellen her übernehmen und die Drucke berechnen.

Im großen und ganzen ist die erhaltene Temperaturskala in Übereinstimmung mit den auf anderen Wegen abgeleiteten. Die vielleicht am meisten überraschende Bestätigung der Theorie wird von der Magnesium-Funkenlinie $\lambda = 4481\ (2\delta - 3\varphi)$ Mg^+ gegeben. Ihr beobachtetes Maximum liegt im Ao-Typ, zugleich mit den Balmerlinien, und die berechnete Temperatur ist $10\ 200^\circ$. Also eine wohl begründete quantitative Theorie, die lediglich die optischen Termwerte benutzt, sagt voraus, daß Linien, die so verschieden sind in ihrem Ursprunge und Serienbeziehungen wie die Balmerlinien, die dem neutralen Wasserstoffatome angehören und das Anfangsdublett der Fundamentalserie des ionisierten Magnesiums zusammenfallende Maxima haben müssen.

Das berechnete Maximum der Bogenlinien des He $16\ 100^\circ$ legt die Temperaturen des Typs B2 fest. Die Spektraltheorie bestätigt so die höheren der verschiedenen beobachteten Werte. Bis heute kommen die einzigen offenbaren Schwierigkeiten bei dem dreifach ionisierten Silicium und dem ionisierten Helium vor. Nach FOWLERS Untersuchungen ist das Ionisationspotential für die Abtrennung des vierten Elektrons für Si 45 Volt. Die Linien $\lambda 4088, 4116$, das führende Paar der zweiten Hauptserie, haben ein berechnetes Maximum bei $27\ 000^\circ$. Sie haben ein beobachtetes Maximum in ϵ -Orionis vom Typ Bo. Die effektive Temperatur des B-Typs wird im allgemeinen viel niedriger als diese Zahl angenommen. Die berechnete Temperatur von $35\ 000^\circ$ für das Maximum der Pickeringserie ist andererseits vielleicht ein wenig zu hoch für die O-Sterne, für welche diese Linien besonders charakteristisch sind. Es ist indessen wahrscheinlich, daß die Harvardskala der Spektren bei den heißeren Sternen sehr großen Temperaturschritten entspricht; ein sehr beträchtliches Fortschreiten findet zum Beispiel innerhalb des Types Bo statt. Es sei auch bemerkt, daß die berechneten Temperaturen niedriger sich ergeben würden, wenn niedrigere Drucke als 10^{-4} Atmosphären für diese Linien hoher Erregung nötig wären.

Wenn weitere Serienbeziehungen verwertbar werden, sind mehr und mehr Punkte der Skala einer Bestimmung zugänglich, und wir können

mit dem größten Interesse den neuen Ergebnissen entgegensetzen, die FOWLER, wie wir hoffen, für uns bereit hat.

Die Annahme, daß der mittlere Druck, bei dem eine starke Linie entsteht, für alle Linien derselbe ist, wenigstens der Größenanordnung nach, ist plausibel, aber bislang eben doch eine reine Annahme. Wenn wir die übliche Temperaturskala von M bis B annehmen und die Drucke bestimmen, so daß die beobachteten Temperaturen der Maxima richtig herauskommen, dann ist die am meisten überraschende Tatsache die Gleichmäßigkeit, mit der sie sich um den Wert von rund 10^{-4} Atmosphären herum anhäufen; die Unterschiede sind nur so groß, wie wir sie von Linien erwarten müssen, die auf der Sonne als Hoch- oder Tief-schichtenlinien bekannt sind. (Der Druck, den die Rechnungen ergeben, ist nicht der Gesamtdruck, sondern nur der Partialdruck der Elektronen — es ist der Druck, welcher maßgebend ist für das Einfangen von Elektronen durch ionisierte Atome, und der daher den Ionisationsgrad reguliert. Indessen wird der Totaldruck im allgemeinen von derselben Größenordnung sein.)

Es erhebt sich die Frage: Warum sind die Drucke von dieser Größenordnung? Man neigt gewöhnlich zu der Ansicht, der Druck in einer Sternatmosphäre müßte vom Betrage einer oder mehrerer Atmosphären sein. Für schwache Linien muß in der Tat der Druck höher sein als für starke, weil wir bei schwachen Linien tiefer in den Stern hineinschauen. SAHAS Verfahren, das von der Annahme eines Druckes von einer Atmosphäre ausging, ergab Resultate in Übereinstimmung mit den Beobachtungen deshalb, weil er eine unnötig hohe Konzentration für das Minimum der Sichtbarkeit annahm. Die Balmerlinien haben ihr Maximum, wenn die Konzentration *ein* absorptionsfähiges Atom auf 10^5 beträgt; SAHA nahm eine Konzentration von $0,01-0,001$ als Sichtbarkeitsgrenze an. Es offenbaren daher die Ergebnisse auf Grund der Sichtbarkeitsgrenzen keine Widersprüche. Und alle neueren Untersuchungen — Druckverschiebungen von Wellenlängen, Verschwinden von Verbindungen wie TiO_2 , die die Bandenspektren der M-Sterne liefern infolge von Dissoziation — stimmen in ihren Ergebnissen hinsichtlich eines sehr kleinen oder praktischen verschwindenden Druckes überein. Aber läßt sich a priori die Zahl 10^{-4} Atmosphären irgendwie rechtfertigen?

Um hierzu überzugehen, sind aber sehr viel feinere Überlegungen nötig, als wir sie bisher angestellt haben. Die Konzentration der zur Absorption fähigen Atome variiert von Schicht zu Schicht, und die resultierende Intensität der Spektrallinie hängt ab von der Überlagerung der Wirkungen. Es wird daher eine ins einzelne gehende Theorie der Struktur einer Sternatmosphäre nötig — wir können uns nicht länger mit mittleren Drucken und mittleren Konzentrationen begnügen. Es ist aber klar, daß in jeder solchen Theorie eine

ganz bestimmte physikalische Konstante auftritt, die wir notwendig kennen müssen, nämlich der absolute Wert des Absorptionskoeffizienten des Gases für die betrachtete Spektrallinie. Je größer der Koeffizient, desto trüber das Gas, und desto weniger tief können wir in den Stern für die Strahlung von der Frequenz der betreffenden Linie hineinsehen, und desto niedriger der Druck. Der absolute Wert des Druckes wird von dem absoluten Werte des Absorptionskoeffizienten abhängen.

Nun ist der Absorptionskoeffizient eines Gases als Ganzem das Produkt von zwei Faktoren: der eine ist die Konzentration der Atome in dem erforderlichen Zustande, der andere ist der atomare Absorptionskoeffizient für ein Atom in dem betrachteten Zustande. Die Konzentration haben wir schon in Betracht gezogen. Der nächste Schritt bestünde darin, daß wir den absoluten Wert des atomaren Absorptionskoeffizienten in Rechnung zögen. Der Wert des Druckes in einer umkehrenden Schicht muß durch den Wert des atomaren Absorptionskoeffizienten festgelegt werden. Könnten wir dies, so würden wir imstande sein, den Druck auszurechnen; umgekehrt müßten wir imstande sein, aus dem Drucke den atomaren Absorptionskoeffizienten auszurechnen.

Der atomare Absorptionskoeffizient hängt von der Wahrscheinlichkeit ab, mit der ein Atom in einem gegebenen Zustande, wenn es einer bestimmten Strahlung ausgesetzt wird, ein Quantum absorbiert. Direkte Messungen von monochromatischen Absorptionskoeffizienten sind im höchsten Maße erwünscht. Die einzigen Beobachtungen sind die von WOOD über die Absorption durch Hg-Dampf in der Hg-Resonanzlinie. Diese deuten einen Absorptionskoeffizienten von der Ordnung 10^9 an. EINSTEIN hat gezeigt, wie der Absorptionskoeffizient in einfacher Weise mit der mittleren Zeit τ verknüpft ist, während deren ein Atom bis zur nächsten Reemission in einem Erregungszustande verharrt. Es ist ganz klar: je kürzer die Zeit τ ist, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit der Emission; folglich muß nach KIRCHHOFFS Satz auch der Koeffizient der Absorption um so höher sein. Experimentell ist τ von der Ordnung 10^{-8} Sekunden gefunden worden, und dieser Wert führt zu einem optischen Absorptionskoeffizienten von der Größe, wie sie WOODS Versuche liefern.

Die befriedigende Bestimmung der absoluten Werte monochromatischer Absorptionskoeffizienten oder, was auf dasselbe hinausläuft, der Werte für die Zeit τ auf rein astrophysikalischem Wege, und zwar aus Druckbestimmungen in den umkehrenden Schichten ist noch nicht gelungen, aber vorläufige Versuche scheinen anzudeuten, daß die Absorptionskoeffizienten mindestens von der Größe 10^8 oder 10^9 sind, in Übereinstimmung mit WOODS Versuchen und mit dem Werte von τ , wie es aus Experimenten sich ergibt. Die Brauchbarkeit solcher Rechnungen wird sich am Ende immer an

ihrer Fähigkeit, die genauen Temperaturunterschiede zwischen Riesen und Zwergen auszurechnen, erweisen.

EDDINGTON hat gezeigt, daß im Innern eines Sternes wie Capella der mittlere Absorptionskoeffizient (für alle Wellenlängen) ungefähr 150 ist. Das bedeutet, daß eine Schale aus Sternmaterie, die äquivalent ist 6 Zoll Luft unter Atmosphärendruck, nur $1/20$ der auf einer Seite einfallenden Strahlung durchlassen würde. Er bemerkt dazu, „daß daher Sterne für Strahlung erstaunlich undurchlässig seien“. Aber die monochromatischen Absorptionskoeffizienten, die für die Bildung der Absorptionslinien in Sternatmosphären in Betracht kommen, sind romillionenmal so groß. Wegen dieser enormen Undurchlässigkeit entstehen die Absorptionslinien offenbar unter so verhältnismäßig niedrigen Drucken. In der Tat erschienen bei einem so hohen Absorptionskoeffizienten 10^{-4} Atmosphären eher als ein großer Druck, wenn wir nicht bedenken würden, daß Atome in höheren Quantenzuständen, die in der Lage sind, eine Nebenserie zu absorbieren, gewöhnlich nur einen kleinen Bruchteil aller Atome ausmachen. Der Partialdruck der erregten Atome muß somit tatsächlich außerordentlich klein sein.

Wir sahen, daß niedrige Drucke Hand in Hand gehen mit kleinen Werten von g der Gravitation an der Oberfläche. Aber niedriger Druck tritt zusammen mit kleinen Werten von τ auf. Es sollte wohl möglich sein, diese beiden Effekte zu trennen, weil ja g nur vom Sterne, τ nur vom Atome abhängt.

Es ist darum wahrscheinlich, daß die allgemeine Übereinstimmung in den Drucken, wie sie aus den verschiedensten Linien abgeleitet werden, für die Tatsache spricht, daß τ von derselben Größenordnung für alle Linien aller Atome ist, daß aber die vorhandenen Unterschiede in letzter Instanz auf verschiedene Werte für τ für verschiedene Atome zurückgehen. Wenn z. B. τ für ein hochionisiertes Atom, wie dreifach ionisiertes Si, sehr viel kürzer ist, so haben wir eine Erklärung für die schon erwähnte Anomalie.

Vom Standpunkte der reinen Physik ist es interessanter, darauf hinzuweisen, daß wir eine wirksame Methode besitzen, um aus rein astrophysikalischer Erfahrung den absoluten Wert von τ zu ermitteln, eine Größe, die im Laboratorium nur mit Schwierigkeiten meßbar ist. Ich schließe, indem ich einen ganz anderen astrophysikalischen Gedankengang erwähne, der imstande ist, τ zu liefern.

Daß die Chromosphäre als eine Gasregion von sehr niedrigem Drucke aufzufassen sei, die vom Strahlungsdrucke getragen wird, habe ich schon erwähnt. Auf die Sonnenchromosphäre machte SAHA seine erste Anwendung der Theorie über die Abhängigkeit der Ionisation vom Drucke. Die Linien der ionisierten Atome erheben sich im allgemeinen zu viel größerer Höhe über der umkehrenden Schicht als die Linien, die von dem

selben aber neutralen Atom herrühren. So konnte MITCHELL feststellen, daß die beiden Linien H und K des Ca^+ bis zu Höhen von 14 000 km hinaufreichen, während die Linie $\lambda 4227$ des Ca nur bis zu 5000 km hinauf nachgewiesen werden kann. Ganz ähnlich erhebt sich $\lambda 4215$ Sr^+ bis zu 6000 km, dagegen $\lambda 4607$ Sr nur bis zu 350 km. In größten Höhen ist der Druck so niedrig, daß Gase wie Ca und Sr mit ihrem verhältnismäßig niedrigen Ionisationspotential vollständig ionisiert sind, so daß nur ihre Funkenlinien auftreten. Wasserstoffatome behalten bei ihrem hohen Ionisationspotential ihr Elektron noch in großen Höhen. Andererseits wieder ist die Funkenlinie des Magnesiums $\text{Mg } \lambda 4481$ ($2\delta-3\varphi$) kaum sichtbar, während einige der Bogenlinien des Mg bis zu 6000 km hinaufreichen. Dies steht jedoch in keinem Widerspruch zur Theorie; denn wenn auch die Mg -Atome bei großen Höhen in hohem Grade ionisiert sein werden, so wird doch für nur verhältnismäßig wenige unter ihnen das Elektron in der 3φ -Bahn liegen. Die 3φ -Bahn des Mg^+ entspricht einer um 11,57 Volt höheren Energiestufe als der Normalzustand des Mg -Atoms, während die 1π -Bahn des Ca^+ nur 3,14 Volt über dem Normalzustand des Ca -Atoms liegt. So ist der Umstand, daß die Linie $\lambda 4481$ in den oberen Schichten nicht auftritt, durchaus mit einem intensiven Auftreten von $\lambda 3933$ verträglich.

Wir wollen die Annahme machen, daß in den oberen Schichten jedes ionisierte Calciumatom sich unter der Wechselwirkung von Strahlungsdruck und Schwere im Gleichgewicht befindet. Jedesmal, wenn es ein Strahlungsquantum der Wellenlänge $\lambda 3933$ absorbiert, erfährt es einen gewissen Impuls, und es läßt sich leicht ausrechnen, daß 10^4 solcher Impulse in der Sekunde erforderlich sind, um es im Gleichgewicht zu halten. Hätten wir Kenntnis von der Intensität der Strahlung, dem das Atom ausgesetzt ist, und von dem spektralen Bereich, innerhalb welchem Absorption möglich ist, so könnten wir den Betrag der bei den 10^4 Impulsen pro Sekunde absorbierten Energie mit der überhaupt für die Absorption zur Verfügung stehenden Energiemenge vergleichen und auf diesem Wege den Absorptionskoeffizienten berechnen. Es ist jedoch recht mißlich, die Breite der Linie festlegen zu müssen; man vermeidet aber diese Schwierigkeit in folgender Weise: Nach jeder Aufnahme eines Impulses muß das Atom in seinen Normalzustand zurückkehren, um für den nächsten bereit zu sein, und so wird die mittlere Dauer eines vollen Zyklus etwa 10^{-4} Sekunden betragen. Bezeichnet τ_1 die mittlere Zeit, die jedes Atom im Normalzustand verharrt zwischen einer Emission und der nächsten Absorption, τ die mittlere Zeit, die es im erregten Zustande verharrt zwischen einer Absorption und der nächsten Emission, dann muß die Summe $\tau + \tau_1$ etwa vom Betrage 10^{-4} Sekunden sein. Aus thermodynamischen

Überlegungen, EINSTEIN folgend, können wir den Quotienten $\frac{\tau}{\tau_1}$ für irgendeine vorgegebene Strahlungsintensität berechnen (τ ist unabhängig von der Intensität, τ_1 ist umgekehrt proportional zu ihr). Die Linienbreite wird nicht benötigt.

Aus dem Quotienten $\frac{\tau}{\tau_1}$, gemeinsam mit der Summe $\tau_1 + \tau$, kann man τ und τ_1 getrennt ausrechnen. Die einzige Unsicherheit liegt in dem Wert der Strahlungsintensität, der das Atom in den oberen Schichten der Chromosphäre ausgesetzt sind. Da aber eine Absorptionslinie zustande kommt, so muß die Intensität zum mindesten niedriger als die des angrenzenden kontinuierlichen Spektrums sein.

Die Beziehungen lassen sich zusammenfassend wie folgt formulieren:

$$\tau + \tau_1 = 10^{-4}$$

$$\frac{\tau}{\tau_1} = \frac{J_{\text{Chrom}}}{J_{\text{Phot}}} \times 6 \times 10^{-4}$$

und da $J_{\text{Chrom}} < J_{\text{Phot}}$ ist, so findet man sofort, daß τ kleiner als $6,10^{-8}$ Sekunden sein muß. Ist die Intensität in der Mitte der Linie etwa $\frac{1}{30}$ derjenigen des angrenzenden kontinuierlichen Spektrums, so ergibt sich τ zu etwa $2,10^{-9}$ Sekunden. Eine genaue Messung der Intensität in der Linie würde uns, auf der Grundlage unserer Hypothesen, mit einem genauen Wert von τ versehen. Das chromosphärische Calcium muß sich de facto den Verhältnissen anpassen, daß gerade die zulässige Intensität für ein Gleichgewicht in den oberen Schichten zustande kommt. Der Betrag für τ , den man auf diesem Wege für Ca^+ ableitet, ist von der Größenordnung der experimentell für Wasserstoff abgeleiteten Werte und stimmt auch mit anderen Abschätzungen überein, die man gemacht hat; und es ist schon einigermaßen bemerkenswert, daß sich aus diesen einfachen, rein qualitativen Beobachtungen schon so viel erschließen läßt, daß Ca -Atome in den oberen Schichten der Sonnenchromosphäre sich anscheinend im Gleichgewicht befinden.

Die Anwendung dieser Überlegungen auf andere Chromosphärenlinien, wie solche des Wasserstoffs und Heliums, welche nicht aus einem Normalzustand des Atoms ihren Ursprung nehmen, ist schwieriger und soll hier übergangen werden.

So sind astrophysikalische Erkenntnisse imstande, für die Atomgröße τ an gewissen Linien und Atomen nach zwei voneinander unabhängigen Methoden Abschätzungen zu liefern, die eine fußend auf der Veränderlichkeit der Linie durch die Reihe der Spektralklassen der Sterne, die andere fußend auf dem Gleichgewichtszustande der Chromosphäre.

Die moderne Spektraltheorie hat manches Problem der Astrophysik gelöst; hier vermag im Gegensatz dazu die Astrophysik wieder einmal einen Beitrag zur Physik der Atome zu liefern.

Die Darstellung von Motorbetriebsstoffen aus Kohlenoxyd und Wasserstoff.

Von G. BANDTE, Berlin.

Um die Bedeutung der Frage der Gewinnung von Motorbetriebsstoffen richtig zu erkennen, seien einige wirtschaftliche Betrachtungen vorweggenommen.

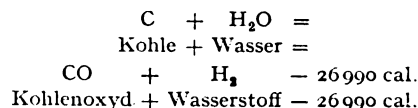
Das Erdöl, insbesondere das Benzin, gehört heutzutage in Amerika außer der Kleidung und der Nahrung zu den lebensnotwendigen Bedarfsartikeln. Von 1920 bis 1925 ist die Zahl der Personen- und Lastkraftwagen in der Welt von rund 10 Millionen auf über 21 Millionen gestiegen. Hier-von entfallen auf das geographische Nordamerika allein 18 Millionen, 2 Millionen auf Europa, der Rest auf die übrigen Erdteile. Da, was den Kraftwagenverkehr anbelangt, außer Nordamerika die übrige Welt sich noch in den Kinderschuhen befindet, so ist klar, daß der Bedarf an Kraftstoffen in den nächsten Jahren immer mehr ansteigen muß. Nach geologischen Schätzungen soll jedoch der noch vorhandene Erdölvorrat bei gleichbleibendem Bedarf nur noch 30—50 Jahre ausreichen. Wie weit man derartigen Schätzungen Glauben schenken darf, mag dahingestellt bleiben. Sicher bleibt jedoch die Tatsache, daß die vorhandenen Erdölvorräte keine unerschöpflichen Quellen für die Lieferung des Kraftstoffbedarfes der Zukunft darstellen. In Deutschland liegen die Verhältnisse so: Der Kraftstoffbedarf für Vergasermotore wird für das Jahr 1926 auf rund 600 000 t geschätzt. Zur Deckung dieses Bedarfes stehen uns an einheimischen Kraftstoffen rund 200 000 t Motorenbenzol, 15 000 t Braunkohlenbenzin, 40 000 t Naphthalin und 100 000 t Spiritus augenblicklich zur Verfügung. Also mindestens rund 50% müssen als Benzin eingeführt werden. Bedenkt man andererseits, daß Deutschland auf dem Gebiete des Kraftfahrwesens sich erst in den ersten Anfängen der Entwicklung befindet, so zeigen uns diese Zahlen nur allzu deutlich, wie sehr wir danach trachten müssen, uns in dem Bezuge von Kraftstoffen vom Auslande unabhängig zu machen, da auch mit einer Entdeckung ergiebiger Erdölfelder im eigenen Lande wohl kaum noch zu rechnen ist. Wie die oben angeführten Zahlen aber auch zeigen, ist es auch für die Länder, die augenblicklich noch im Überfluß an Erdölen leben, eine Notwendigkeit der nächsten Zukunft, nach Mitteln und Wegen zu suchen, die Kraftstoffe aus Materialien zu gewinnen, die sich nicht in absehbarer Zeit erschöpfen und in allen Ländern in genügender Menge vorrätig sind.

Ein solches Material haben wir in den überall vorkommenden Kohlen und in den ebenfalls sehr verbreiteten bituminösen Schiefern (sog. Ölschiefern), beides Substanzen, in denen die Öle schon mehr oder weniger vorgebildet sind. Betrachten wir heute nur die Kohle als Ausgangsmaterial. Es ist das hochmolekulare Bitumen und die Humussubstanz der Kohle, welche zur Ölbildung dienen. Die Verarbeitung der Kohle geschieht durch:

1. Destillation bei hohen Temperaturen ohne Druck;
2. Destillation bei mittleren Temperaturen ohne Druck;
3. Destillation bei mittleren Temperaturen und hohen Drucken;
4. Extraktion mit geeigneten Extraktionsmitteln.

Nach 1. erhalten wir den Gasanstalt- und Kokereiteer. Nach 2. die Schmel- und Tieftemperaturteere (Urteere), nach 3. das Berginöl und nach 4. Montanwachs. Die ersten drei destruktiven Verfahren liefern uns aber nur verhältnismäßig geringe Mengen leichtsiedender Öle, wie wir sie für unsere Kraftfahrzeugmotore benötigen. Um zu solchen Stoffen zu kommen, wäre es weiterhin noch notwendig, diese schweren Öle in kleineren Bausteine zu zerschlagen, zu kracken. Der Krackprozeß wird ja bereits in Amerika in größerem Maßstabe für die Gewinnung von Benzin aus schweren Erdölen ausgeführt. Nur so ist überhaupt eine Deckung des Bedarfes an Motorbetriebsstoffen, wie sie der jetzt existierende Vergasermotor benötigt, möglich. Leider kennen wir noch keine Methoden, um die erhaltenen Kohlentee in befriedigender und wirtschaftlicher Weise zu kracken, d. h. für den Vergasermotor verdaulich zu machen. Auch das Berginverfahren (direkte Hydrierung der Kohle unter hohem Druck) liefert nur untergeordnete Mengen leichtsiedender Produkte.

Man hat daher Versuche angestellt, durch Synthese aus kleineren Bausteinen zu Produkten zu gelangen, die sich als Motortreibmittel verwerten lassen. Hierzu kann man entweder von der Kohle direkt ausgehen oder den bei der destruktiven Destillation gewonnenen Koks resp. Halbkoks der Tieftemperaturverschmelzung benutzen. Leiten wir über Kohlenstoff bei Temperaturen von 900 bis 1000° Wasserdampf, so erfolgt die Reaktion



Das so erhältliche Gemisch von Kohlenoxyd und Wasserstoff, das Wassergas, bildet im wesentlichen bei allen im folgenden zu beschreibenden Prozessen das Ausgangsmaterial. Gerade der Koks und der Halbkoks, letzterer vor allen Dingen, bis heute noch ein kaum verwendbares Produkt der Urteergewinnung, lassen sich aber praktisch fast restlos mit einem theoretischen Nutzeffekt von ca. 80% mit Hilfe von Generatoren in Wassergas verwandeln. Haben wir nun Verfahren, dieses Wassergas in flüssige für den Motor geeignete Stoffe zu verwandeln, so ist das Problem der restlosen Überführung der Kohle in Öle als praktisch gelöst zu betrachten.

Wir wollen jetzt auf die wichtigsten bisher bekannten Verfahren dieser Art eingehen. Auch hier haben wir wieder zwei verschiedene Arten zu unterscheiden:

1. Verfahren unter Anwendung von Druck,
2. Verfahren ohne Anwendung von Druck.

Es ist die Badische Anilin- und Sodafabrik gewesen, der es gelang, die Synthese ins Große zu übersetzen. Die erste Mitteilung, die wir von dieser Seite aus in der Literatur finden, ist das D.R.P. Nr. 293 787 betitelt „Verfahren zur Darstellung von Kohlenwasserstoffen und deren Derivaten“. Hierin heißt es: „Es wurde nun gefunden, daß man Kohlenwasserstoffe flüssiger oder leicht zu verflüssigender Natur und von Kohlenwasserstoffen abgeleitete Verbindungen, namentlich Sauerstoffderivate, leicht aufbauen kann, wenn man die Oxyde des Kohlenstoffes mit Wasserstoff oder wasserstoffreichen Verbindungen, wie z. B. Methan, oder mit Gemischen beider untereinander oder mit anderen Gasen in Gegenwart von Katalysatoren unter höheren Drucken, und zwar zweckmäßig von vielen Atmosphären, behandelt. Je nach der Natur des Katalysators und den Arbeitsbedingungen können sehr verschiedene Stoffe bzw. Gemische solcher entstehen, z. B. flüssige Kohlenwasserstoffe gesättigter und ungesättigter Natur, Alkohole, Aldehyde, Ketone, Säuren usw. Für die Erzielung insbesondere größerer Mengen flüssiger Verbindungen kann es vorteilhaft sein, solche Gasgemische zu verwenden, in welchen der Wasserstoffgehalt verhältnismäßig zurücktritt.

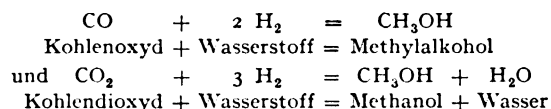
Als Katalysatoren kann man die verschiedenartigsten Elemente und Verbindungen verwenden. Beispielsweise seien Cer, Chrom, Kobalt, Mangan, Molybdän, Osmium, Palladium, Titan, Zink bzw. Oxyde oder Verbindungen derselben genannt. Man kann auch Gemische anwenden und dem Katalysator andere, z. B. vorteilhaft basischere Stoffe, wie Alkalihydroxyd, begeben“.

Die weiteren Ausführungen dieses Patentes finden sich in den Zusatzpatenten D.R.P. 295 202 und 295 203.

Nach diesem Verfahren wurden an flüssigen Kondensationsprodukten eine ölige und eine wässrige Schicht erhalten. Die ölige Schicht bestand in der Hauptsache aus Kohlenwasserstoffen, welche zu $\frac{2}{3}$ gesättigten und zu $\frac{1}{3}$ olefinischen Charakter zeigten. Die Siedegrenzen lagen zwischen 20—200°. Die wässrige Schicht bestand aus einem Gemisch von Alkoholen, Ketonen, Aldehyden und Säuren. Die Fortsetzung dieser Arbeiten führte nun die Badische Anilin- und Sodafabrik zu der bekannten Methanolsynthese. Der Erfolg war begründet durch die in systematischen Arbeiten erzielten Kenntnisse über Katalysatoren. Es zeigte sich nämlich, daß die Wirkung der bekannten Katalysatoren durch geringe Beimischungen anderer an und für sich ganz inaktiver Stoffe potenziert und in eine gewünschte Richtung gelenkt werden kann. Je nach der Natur des Katalysators und der sonstigen Arbeitsbe-

dingungen gelangt man entweder zu Methan oder Methylalkohol, oder höheren Alkoholen oder schließlich vorwiegend flüssigen Kohlenwasserstoffen (A. Mittasch, Ber. d. dtsh. chem. Ges. 1926, S. 13).

Nach den neuesten Patenten (Chem. Zentralbl. 1926, I S. 2147 ff.) sehen wir, daß gerade die beiden sonst in der Industrie üblichsten Katalysatoren, das Eisen und das Nickel, nach Möglichkeit in der Kontaktmasse vermieden werden. Es sind praktisch fast alle Metalle und deren Oxyde der 2. bis 7. Gruppe des periodischen Systems patentiert. Vor allen anderen scheint sich gerade das Zinkoxyd, mit geeigneten Zusätzen vermischt, für die Methanolsynthese als besonders brauchbar erwiesen zu haben. Die Gasgemische werden im allgemeinen so gewählt, daß sie der von den Gleichungen



geforderten Zusammensetzung entsprechen. Die Gase können außerdem jedoch noch Stickstoff, Kohlenwasserstoffe und andere Gase enthalten. Von schwefelhaltigen Produkten sollen sie jedoch möglichst befreit sein. Die Temperaturen schwanken je nach der Art des Katalysators zwischen 200—600°. Die verwendeten Drucke liegen über 50 und unter 150 Atmosphären. Im allgemeinen scheint mit 100 Atmosphären gearbeitet zu werden. Ein bei diesen Arbeiten in großen Mengen anfallendes Nebenprodukt ist das Eisencarbonyl $\text{Fe}(\text{CO})_5$. Es wird von der „Badischen“ als Antiklopfmittel verwendet. Unsere heutigen Benzine zeigen in hochkomprimierenden Motoren die Neigung, explosionsartig zu verbrennen, bevor der Zündfunke das Gasgemisch entzündet hat. Hier durch wird der ruhige Gang des Motors gestört, er klopft. Ein minimaler Zusatz von Eisencarbonyl genügt bereits, um dieses Detonationsklopfen zu verhindern. Kraftstoffe mit Eisencarbonylzusatz als Antiklopfmittel werden von der „Badischen“ als „Motalin“ in den Handel gebracht. Es ist hier jedoch nicht der Raum, auf die interessante Frage der Antiklopfmittel jetzt näher einzugehen. Parallel laufend mit den Arbeiten der Badischen Anilin- und Sodafabrik waren auch andere Forscher an der Bearbeitung der Frage der Reduktion des Kohlenoxyds mit Wasserstoff tätig, teils um zu Methylalkohol, teils um zu Betriebsstoffen zu gelangen. Es müssen hier zwei Namen erwähnt werden. FRANZ FISCHER, welcher im Kaiser-Wilhelm-Institut für Kohlenforschung zu Mülheim/Ruhr durch Anwendung alkalischer Kontakte zu komplizierten Flüssigkeitsgemischen gelangte, ferner der Franzose PATART, welcher ebenfalls das Zinkoxyd als Kontakt für die Synthese des Methylalkoholes vorschlägt. Diese einzelnen Verfahren decken sich jedoch derartig, daß nur dem speziell interessierten Fachmann ein

näheres Eingehen interessieren dürfte. Hier sei nur folgendes erwähnt. Das Fischersche Verfahren ist unter dem Namen „Syntholverfahren“ bekannt. Mit Synthol bezeichnet FISCHER das bei der Drucksynthese entstehende, schwer- oder unlösliche Gemisch von Alkoholen, Ketonen, Aldehyden usw. Als Reaktionsgas verwendet er das Wassergas. Als Kontaktmaterial wird in der Hauptsache alkalisiertes Eisen verwendet. Die Temperaturen betragen 400–450°, die Drucke gehen bis auf 150 Atmosphären. Die im Druckapparat aus Wassergas erhaltenen Reaktionsprodukte bestanden zu 10% aus Säuren (Ameisensäure bis zu den Fettsäuren mit 8 Kohlenstoffatomen), zu 29% aus wasserlöslichen Alkoholen, Aldehyden und Ketonen, 11% teilweise mit wassermischbarem Öl, 48% wasserdampfliches Öl (Propion- und Isobutylaldehyd, Diäthylketon, höhere Alkohole bis zu C₉, Ester, Kohlenwasserstoffe) und schließlich 2% nicht wasserdampfliches Öl. Der wasserunlösliche Anteil wurde entsäuert und bis 200° abdestilliert, wobei 87% bis zu dieser Temperatur übergingen. Das so erhaltene Produkt stellte, wie Fahrversuche zeigten, einen sehr guten Motorbetriebsstoff dar, dessen Leistungsfähigkeit hinter der des Benzols nicht zurückstand. Gegenüber Benzin hat es den großen Vorteil einer hohen Kompressionsfestigkeit. Es neigt daher nicht zum Klopfen. Als man die bis 99° siedenden Anteile des Synthols abdestillierte und den von 99°–225° siedenden Rückstand im Autoklaven unter Druck bei Abwesenheit von Kohlenoxyd erhitzte, wurde unter Abscheidung von Wasser ein Öl erhalten, das in der Hauptmenge aus gesättigten Kohlenwasserstoffen bestand. Dieses Produkt wurde als „Synthin“ bezeichnet.

In neuester (Brennstoffchemie Bd. 7, S. 97. 1926) Zeit ist es FRANZ FISCHER gelungen, die Synthese von gasförmigen, flüssigen und festen Kohlenwasserstoffen aus Kohlenoxyd und Wasserstoff *ohne Druck* durchzuführen. Alle Versuche über die Reduktion des CO, die bisher ohne Druck ausgeführt worden sind, lieferten als Endprodukt immer Methan. FRANZ FISCHER fand nun, daß man bei der Anwendung eines Eisenzinkoxydkatalysators auch bei gewöhnlichem Druck die Bildung von Methanhomologen erreichen kann. Die weitere Durcharbeitung zeigte, daß die Fähigkeit, Methanhomologe zu bilden, keineswegs auf obigen Katalysator beschränkt ist. Es wurde eine Reihe von Katalysatoren gefunden, so z. B. ein Gemisch von Kobalt- und Chromoxyd, das bei einer Temperatur von 270° gasförmige, flüssige und feste Kohlenwasserstoffe lieferte. Die genaue Verfolgung des Reaktionsverlaufes zeigte, daß der Kohlenstoff des Kohlenoxyds unter Carbiddbildung vom Kontakt aufgenommen wird. Die so gebildeten Carbide werden nun von dem Wasserstoff des Gasmisches in der Weise zerlegt, daß der Kohlenstoff als Kohlenwasserstoff fortgeführt und das Metall regeneriert wird. Es handelt sich hier

scheinbar um kohlenstoffreiche Carbide, deren Existenzgebiet bei relativ niedriger Temperatur liegt. Die Kondensation und Polymerisation der primär gebildeten Kohlenwasserstoffe führt schließlich zu den flüssigen und festen Reaktionsprodukten. Wir hatten oben gesehen, daß die Syntholbildung im wesentlichen zu sauerstoffhaltigen Kohlenstoffverbindungen führte. Bei diesem Verfahren konnten jedoch nur sauerstofffreie Produkte gefunden werden. Wurde bei den gleichen Katalysatoren die Temperatur gesteigert, so ging die Bildung der höheren Kohlenwasserstoffe vollkommen zurück und man erhielt nur Methan. Genauere Angaben über die Ausbeute haben wir vorläufig noch nicht. Es wurden jedoch bei mehrmaligem Überleiten aus 1 cbm Wassergas bereits 100 g an flüssigen und festen Kohlenwasserstoffen erhalten. Um die theoretisch erzielbaren Mengen zu berechnen, betrachten wir das Wassergas als Ausgangsmaterial. Den Idealfall kann man dann durch die Gleichung



wiedergeben, wobei unter den CH₂-Radikalen irgendein Polymeres ausgedrückt sein soll. Nach obiger Gleichung könnte man dann theoretisch aus 1 cbm Wassergas rund 190 g Benzin erhalten. Wir sehen also, daß die oben erzielte Menge von 100 g bereits rund 55% der Theorie ausmacht. Der gesamte Sauerstoff des Kohlenoxyds befindet sich, wie uns obige Gleichung zeigt, als Wasser und Kohlensäure in den Reaktionsprodukten. Das Mengenverhältnis der Kohlendioxyd- und Wasserbildung verschiebt sich je nach der Art des verwendeten Katalysators. Die Eigenschaften der erhaltenen Kohlenwasserstoffe sind die folgenden: das sog. Gasol, welches die gasförmigen Reaktionsprodukte enthält, besteht in der Hauptmenge aus Äthan, Propan und Butan. Ungesättigte Kohlenwasserstoffe mit Olefincharakter waren nur in ganz untergeordneten Mengen nachzuweisen. An flüssigen Produkten wurde mittels aktiver Kohle ein Benzin aus den Reaktionsgasen gewonnen, welches wasserhell und lichtbeständig war und einen angenehmen Geruch besaß. Selbst nach längerem Stehen trat keine Verfärbung oder Verharzung ein. Das Benzin stellte also eine verkaufsfähige Ware dar, die keiner weiteren Reinigung (Raffination) bedurfte. Gerade dieser Gesichtspunkt ist für die wirtschaftliche Beurteilung des gesamten Verfahrens von wichtigster Bedeutung. Die Dichte betrug $D_{15} = 0,6718$. Eine Siedeanalyse im Engler-Kolben ergab folgende Werte:

bis 50°	= 18,2 Vol.-%,
bis 100°	= 75,3 Vol.-%,
bis 150°	= 92,3 Vol.-%,
und bis 180°	= 96,4 Vol.-%.

Es wird, wie die Siedeanalyse zeigt, ein äußerst hochwertiges Benzin erhalten. Unsere jetzigen Markenbenzine liefern bis 100° meistens nur 25–30 Vol.-%. Die höher siedenden Kondensate

stellen ein Petroleum dar. Es hat die Dichte $D_{20} = 0,7804$. Der Siedebeginn liegt bei 170° . Bis 200° gehen 15%, bis 300° 70,4% über. Bei einigen Versuchen wurde bei Verwendung eines alkalisierten Eisenkupferkontaktes sogar die Bildung von festem Paraffin beobachtet. Das durch zweimalige Umkrystallisierung mit Aceton gereinigte und von flüssigen Paraffinölen befreite Produkt war vollkommen farblos und zeigte einen Erstarrungspunkt von 61° . Nach der Elementaranalyse ergibt sich das Verhältnis von Kohlenstoff zu Wasserstoff $C : H = 1 : 2,05$. Ein solches Produkt stellt daher ein gutes Ausgangsmaterial für die Kerzenfabrikation dar.

Wir haben es also heute in der Hand, aus Kohlenoxyd und Wasserstoff beim Arbeiten ohne Druck zu Methan und seinen Homologen zu gelangen. Arbeiten wir mit Druck, so können wir, je nach der Wahl des verwendeten Katalysators, Methylalkohol resp. seine Homologe gewinnen. Für die Gewinnung von Motorbetriebstoffen dürften die letzt erwähnten Arbeiten von FRANZ FISCHER und seinen Mitarbeitern von besonderer Bedeutung

sein. Dies vor allen Dingen aus dem Grunde, weil man keine komplizierten Hochdruckapparaturen anzuwenden braucht. Die großtechnische Beherrschung solcher Apparaturen bereitet ja heutzutage auch keine allzu großen Schwierigkeiten mehr. Wenn es jedoch möglich ist, solch kostspielige Apparaturen zu umgehen, so wird man dies ohne weiteres tun. Der ganze Berginprozeß, über dessen Wirtschaftlichkeit heute die verschiedenen Meinungen noch sehr stark divergieren, krankt einzig und allein an den hohen Anschaffungs- und Unterhaltungskosten der dafür benötigten Hochdruckapparatur. Für die neue weitere Erdölsynthese ergeben sich noch weitere Perspektiven. Die Tieftemperaturverkohlung liefert uns ja den Urteer und den Halbkoks. Daß dieser Schwelprozeß sich bis jetzt noch nicht weiter eingebürgert hat, hat seine Hauptursachen in der schwierigen Absatzfähigkeit des Halbkokes. Gerade dieser ist aber ein ausgezeichnetes Material für die Gewinnung von Wassergas, welches uns weiterhin die gewünschten Motorbetriebstoffe liefert.

Besprechungen.

SAPPER, KARL, **Das Element der Wirklichkeit und die Welt der Erfahrung.** Grundlinien einer anthropozentrischen Naturphilosophie. München: C. H. Beck-scher Verlag 1924. XV, 250 S. Preis RM 6.—.

In den letzten Jahrzehnten war die Naturphilosophie, soweit man ihr überhaupt ernstliche Aufmerksamkeit schenkte, was ja bei der vorherrschenden Richtung auf das rein Empirische nur in geringem Maße der Fall war, zunächst und vor allem erkenntnistheoretisch und erkenntniskritisch eingestellt. Man befaßte sich also nicht eigentlich mit der Wirklichkeit selbst, mit der Natur in ihrem engeren oder weitesten Zusammenhange, sondern mit den Möglichkeiten und Grundrichtungen des Denkens und Erkennens, welche allenfalls zur Einsicht in die Zusammenhänge der Naturerscheinungen hinführen könnten. Welchen Einfluß dabei die Erkenntnislehre und Erkenntniskritik KANTS, des oft auch mißverständlich und sehr einseitig gefaßten KANTS, ausgeübt hat, braucht ja nur beiläufig erinnert zu werden.

Soweit man nun aber dennoch über die Grenzen der bloßen erkenntnistheoretischen Einstellung hinaus das Wirkliche selbst zu begreifen unternahm, hatte die Naturphilosophie einen rein atomistisch-mechanistischen Grundcharakter. Man faßte also die Natur als einen Zusammenhang rein materieller Art, als eine Welt von Körpern und Stoffelementen, welche in ihren letzten Bestandteilen nur quantitative, nicht aber qualitative Unterschiede aufwiesen; soweit solche qualitative Unterschiede aber sich zeigten, mußten sie, insbesondere also auch die psychischen Erscheinungen, auf quantitative zurückgeführt werden, die zahlenmäßig darstellbar seien, wie denn überhaupt die restlose mathematische Fassung aller Naturerscheinungen und Naturvorgänge das eigentliche Ideal der Wissenschaft sei; und alle diese Vorgänge und Veränderungen selbst, die irgendwie in der Natur sich zeigten, seien das Ergebnis von Kräften, welche lediglich kausal-mechanisch, nicht aber teleologisch, zielstrebig wirkten, in diesem Sinne also die Gesamtheit alles Naturlebens nichts als ein blindes Wechselspiel materieller Teile oder letzter Stoffelemente (Atome).

In der jüngsten Zeit hat sich dieser Auffassung gegenüber allmählich eine immer stärker hervortretende Wandlung vollzogen. Jedenfalls ist sie, wenn auch noch durchaus vorherrschend, keineswegs mehr allein herrschend. Unterstützt auch durch mancherlei Ergebnisse der Naturwissenschaften hat die Naturphilosophie allmählich immer mehr die Bahn der atomistisch-mechanistischen Einstellung verlassen und sich daran gewöhnt, in dem großen Widerstreit von Subjekt und Objekt, Seele und Körper, Bewußtsein und Sein, Teleologie und Mechanismus usw. nicht mehr einseitig Partei zu ergreifen. Sie ist dabei auch schon zu Auffassungen gelangt, welche denen der einseitig atomistisch-mechanistisch-kausalen Betrachtungsweise zum Teil oder ganz entgegengesetzt sind. Nach dieser Richtung hat sich in unseren Tagen beispielsweise die vitalistische Lehre von HANS DRIESCH vielfache Anerkennung erworben.

In eben derselben Richtung ist nun auch die vorliegende Schrift von KARL SAPPER von vornherein besonders bemerkenswert. Sie hat mancherlei Züge mit der Grundauffassung von DRIESCH gemeinsam, doch betont der Verf. demgegenüber mit Recht auch das Unterscheidende und Besondere seines Werkes, über dem, wie er im Vorwort sagt, vor allem das Dreigestirn ARISTOTELES-LEIBNIZ-SCHOPENHAUER geleuchtet habe, abgesehen davon, daß in vielen Einzelheiten auch EDUARD VON HARTMANN einen wesentlichen Einfluß auf seine Anschauungen gehabt hätte.

Für die Grundeinstellung SAPPERS ist von vornherein schon das Beiwort im Titel seiner Schrift „*anthropozentrische Naturphilosophie*“ kennzeichnend und läßt keinen Raum zu Zweifeln übrig. Aber bemerkenswert ist dabei auch von vornherein, wie der Verf. dieses Wort und damit seine Grundeinstellung aufgefaßt wissen will: in einem Sinne nämlich, der von jeder Art von Dogmatismus weit entfernt ist. Wenn immer wieder von den verschiedensten Seiten her der Anspruch erhoben wird, im Besitze der absoluten Wahrheit zu sein, an die man unbedingt glauben müsse, so hat der Verf. mit solchen Prätensionen nichts zu tun. Von vorn-

herein erkennt er vielmehr an, daß unsere Erkenntnis begrenzt, relativ ist und daß die Begriffe, mit Hilfe deren wir die Erfahrungsstatsachen zu deuten und zu beschreiben suchen, diese nie in vollkommen adäquater Weise auszudrücken und zu erfassen vermögen. Demgegenüber erscheint ihm darum die Aufgabe des kritisch und besonnen eingestellten Naturphilosophen als eine doppelte. „Es handelt sich einmal darum, die der Naturauffassung zugrunde liegenden Begriffe immer wieder kritisch zu durchmustern, weiterhin aber auch darum, für das Erfassen und Darstellen der Wirklichkeit immer bessere, treffendere Bilder oder ‚Modelle‘ zu schaffen. Wenn nun in der vorliegenden Schrift der Versuch gemacht wird, nicht nur die Begriffe unserer heutigen Naturauffassung einer Kritik zu unterziehen, sondern ein bis zu einem gewissen Grad neues ‚Modell‘, nämlich den Begriff der *Entelechie*, zu gestalten, so soll damit keineswegs der Anspruch erhoben werden, daß diesem Modell gelingen könnte, was bisher keinem anderen gelungen ist: die Naturerscheinungen vollkommen zu erklären oder auch nur lückenlos zu beschreiben. Nicht nur gibt es aus dem erwähnten Grunde ein solches ‚Modell‘ überhaupt nicht, sondern es scheint, daß ein und dasselbe Modell auf alle Naturerscheinungen in ihrer unübersehbaren Mannigfaltigkeit gar nicht anwendbar ist. Diese Erkenntnis scheint sich in der Naturphilosophie der Gegenwart mehr und mehr Bahn zu brechen; so ist z. B. auch W. OSTWALD in der neuesten Ausgabe seiner Naturphilosophie darüber klar geworden, daß der Begriff der Energie nicht instande ist, *alle* Naturerscheinungen befriedigend zu erklären. Aber ebenso wie der Begriff der Energie trotz dieser Unzulänglichkeit sich für die Wissenschaft unendlich fruchtbar erwiesen hat und kein Physiker daran denken wird, ihn preiszugeben, so hoffe ich von dem Begriff der *Entelechie* zeigen zu können, daß auch er für weite Gebiete der Naturerscheinungen anwendbar und fruchtbar ist.“

Der Begriff der *Entelechie* stammt bekanntlich von ARISTOTELES. Aber ungeachtet aller Verwandtschaft mit diesem ARISTOTELISCHEN Begriff wie auch mit dem der LEIBNIZISCHEN MONADE, gelangt SAPPER zu seinem neuen Modell, in Übereinstimmung mit den Ergebnissen moderner Naturerkenntnis, auf gesondertem Wege. Es sind dabei gewissermaßen drei Hauptstadien zu unterscheiden: einmal die Gewinnung des *Entelechie*begriffes selbst an der Hand kritischer Prüfung bisheriger naturphilosophischer Grundbegriffe, namentlich solcher der atomistisch-mechanistischen Betrachtungsweise; dann gleichsam Vorführung des neuen Modells, Aufzeigung seiner wichtigsten Kennzeichen und Merkmale; endlich Anwendung desselben auf die Hauptgebiete des Naturerkennens, namentlich die der organischen und der anorganischen Natur.

Die atomistisch-mechanistische Naturauffassung ist nach der Ansicht des Verf. charakterisiert durch folgende 3 Grundsätze:

1. Die materielle Welt besteht aus Körpern, die in ihren letzten Bestandteilen (Elementen) nur quantitative, nicht aber qualitative Unterschiede aufweisen.
2. Die Vorgänge, welche sich an den materiellen Elementen (bzw. Elementkomplexen) abspielen, sind in letzter Linie das Ergebnis von Kräften, die ohne Rücksicht auf ihren Erfolg, d. h. „kausalmechanisch“, nicht aber „teleologisch“ (zielstrebig) wirken.
3. Die Vorgänge in der materiellen Natur verlaufen unbeeinflusst durch irgendwelche Bewußtseinsstatsachen; das „Psychische“ wirkt nicht auf das „Physische“ (Axiom der geschlossenen Naturkausalität).

Diese 3 Grundsätze sind ausschließlich abgeleitet aus der Betrachtung der *leblosen* Natur. Darauf beruht

ihre Einseitigkeit und Schwäche. So ergibt sich z. B. beim ersten Grundsatz von vornherein schon der innere Widerspruch, daß das Stoffelement zugleich als ausgedehnt (raumfüllend) und unausgedehnt im Sinne des absolut Einfachen gedacht werden soll, was unmöglich ist. Nähere Überlegung zeigt nun aber, daß alles, was wir über einen Körper, irgendeinen Teil der leblosen Natur wissen und wissen können, ausnahmslos auf den Wirkungen beruht, die dieser Körper auf unsere Sinnesorgane ausübt. „Es gibt schlechterdings keine Eigenschaft eines Körpers, die nicht Wirkung wäre; was liegt also näher als die Definition des Körpers als eines Wirkenden, genauer als eines Komplexes von wirkenden Faktoren! Wir kommen von dieser Auffassung aus zu der Definition des Elements als der letzten Wirkens- oder Kräfteinheit.“ Dementsprechend wäre dann der zweite Grundsatz des Mechanismus genauer so zu formulieren, „daß alle Naturvorgänge Summationsphänomene von Elementarwirkungen sind, und daß diese Elementarwirkungen das Ergebnis des mechanisch-losen Wirkens von Elementarkräften sind“. Beim dritten Grundsatz aber erweist sich auch eine solche Verbesserung und Richtigestellung als unmöglich. Es gibt hier keinen Übergang vom Physischen zum Psychischen, auch nicht einmal eine Annäherung beider, und die folgerichtige atomistisch-mechanistische Naturanschauung denkt sich eben die Elemente als gänzlich unbesetzt. Zwar wird von vielen Naturforschern und Naturphilosophen dem Atom eine Art von Beseelung zugeschrieben (Hylozoismus). Aber vom Standpunkte der atomistisch-mechanistischen Naturauffassung handelt es sich dabei nach Ansicht des Verf. um nichts als „eine Verlegenheitsauskunft, zu dem Zweck ersonnen, die Bewußtseinsstatsachen begreiflich zu machen“.

Demgegenüber sucht nun die vorliegende anthropozentrische Naturphilosophie den Grundmangel der mechanistischen dadurch zu beheben, daß sie nicht wie diese von der leblosen, sondern von der beseelten Natur ausgeht und, gestützt auf das Axiom von der Einheitlichkeit und Gleichartigkeit aller Naturerscheinungen, von diesem Standorte aus das Ganze zu begreifen sucht. Und zwar geht sie dabei von der höchsten Erscheinung der belebten Natur, vom Menschen, aus und sucht dieserart das allem Seienden zugrunde liegende Element zu gewinnen. Es versteht sich dabei von selbst, daß unter „Mensch“ als Ausgangspunkt dieser Betrachtungsweise zunächst die Innenseite, die Summe der Bewußtseinsstatsachen in Frage kommt, nicht die materielle Außenseite, der menschliche Körper.

Innerhalb des Bewußtseins nun, in dem es „stets nur fertige Gebilde von passivem, flüchtigem, diskontinuierlichem Charakter“ gibt, unterscheidet der Verf. drei Hauptgruppen: einmal intellektuelle und emotionale Gebilde (feststellendes und bewertendes Bewußtsein) und sodann als drittes Aktivitätswahrnehmung (Aktivitäts- bzw. Spontaneitätswußtsein), wobei in letzterem Falle zu berücksichtigen ist, daß nur die sporadisch auftretende Aktivitätswahrnehmung, nicht etwa der als beharrendes wirkendes Prinzip gedachte einheitliche Wille, wirklich ins Bewußtsein fällt.

Dennoch muß nun eben diese Willenseinheit oder die Ichrealität, das Subjekt des zielstrebigsten Wirkens, als Grundelement der Bewußtseinsstatsachen gedacht werden. Er kann nur als einheitliche, nicht als komplexe Größe gefaßt werden, noch weniger kann man ihn als Summationsphänomen aus zahlreichen das Individuum zusammensetzenden Element- oder Atomwillen auffassen, schon deshalb nicht, weil, wie der Verf. meint, die Richtung des Willens, d. h. seine Ziele, normalerweise die Erhaltung des Individuums und

seiner Art sind, Ziele, an die das Atom, sofern es überhaupt einen Atomwillen gibt, in keiner Weise gebunden gedacht werden kann. — Auch die intellektuellen und emotionalen Gebilde, die Tatsachen des feststellenden und wertenden Bewußtseins, oder kurz populär ausgedrückt: Gedanken und Gefühle sind jener Willenseinheit untergeordnet, auch sie sind nicht Produkte eines mechanischen Geschehens, sondern eines zielstrebigen Wirkens. Was die intellektuellen Gebilde anbetrifft, so lassen sich „nur die auf der Assoziation beruhenden Reproduktionsvorgänge“ nach dem Schema eines mechanisch ablaufenden Geschehens begreifen; alle anderen Vorgänge können nur als eine zielstrebige Tätigkeit aufgefaßt werden, deren Ergebnis das Weltbild ist, mit Hilfe dessen wir uns in der uns umgebenden Welt rasch und leicht orientieren. Das Erkennen des Menschen, sofern er Naturwesen ist, dient den natürlichen Zielen des Willens, „steht also im Dienste des Willenssubjektes“. Ähnliches gilt dann auch von den Gefühlen, wie der Verf. im einzelnen nachzuweisen sucht, wobei man ihm freilich nicht durchweg folgen kann. Entscheidend und kennzeichnend für die Beziehung aller Gefühle auf das zielstrebige Wirken, das zuletzt auf die Erhaltung des Individuums und der Art hinzielt, ist schon die Differenzierung aller emotionalen Gebilde in Lust- und Unlustgefühle. Auch für die ästhetischen und moralischen Gefühle will der Verf. in dieser Hinsicht keine Ausnahme gelten lassen. Die Frage also, wer als Subjekt oder Träger der Gefühle „anzusehen sei und ob unsere Gefühle als Summationsphänomene aufgefaßt werden müssen, ist aus denselben Gründen, die wir bei der Frage nach dem Wesen des Willens erörtert haben, dahin zu beantworten, daß als Träger der Gefühle nicht eine Vielheit materieller Bestandteile in Betracht kommen kann. Subjekt der Gefühle ist das Willenssubjekt.“

Aus diesem Willenssubjekt nun, der Wirkenseinheit, der Ichrealität wird von SAPPER jenes Grundelement abgeleitet, das neue „Modell“, durch welches alle Naturerscheinungen zu erklären seien. Oder vielmehr diese Wirkenseinheit und Ichrealität ist bereits, in weitestgehender abstrakter Verallgemeinerung vorgestellt, dieses neue Grundelement. „Die Ichrealität als einfache, zielstrebig wirkende, qualitativ (durch ihren Zielinhalt) bestimmte, wissende und wertende Größe gilt uns als Prototyp aller Naturelemente; wir nennen es *Entelechie*.“ „Der Grundgedanke dieser Naturauffassung ist also der, daß alle Elemente der wirklichen Welt, die der lebendigen so gut wie die der leblosen, als Entelechien aufzufassen sind, d. h. als Wirkenseinheiten. Wo wir Wirkungen wahrnehmen, schließen wir auf wirkende Realitäten, also auf Entelechien. Unsere Naturauffassung ist daher ebenso wie die des Atomismus pluralistisch, insofern wir jede Wirkenseinheit als selbständiges Element auffassen. Jeder materielle Körper gilt uns als ein Entelechienkomplex.“

Ob und wie weit man nun diesen Pluralismus als eine letzte Tatsache hinnehmen solle oder nur als einen täuschenden Schein, hinter dem sich das „All-Eine“ verberge, das läßt der Verf. gänzlich unerörtert und unentschieden, weil ihm diese Frage über die Grenzen seines Themas hinaus zu liegen scheint. Entscheidend ist ihm aber dabei vor allem auch der praktische Gesichtspunkt, daß, wie er meint, „die Wissenschaft ohne die Annahme einer Vielheit von Elementen überhaupt nicht arbeiten kann. Mag man nun Massenpunkte oder Elektronen, Quanten oder Atome oder was sonst immer der Forschung zugrunde legen; es gibt keine Naturbetrachtung, die der Vielzahl der Elemente entraten könnte.“

Da der Entelechiebegriff im letzten Grunde vom menschlichen Willen abstrahiert ist, so ergibt sich daraus von selbst, daß das neue Thema vom Naturgeschehen auch nur aus den Beobachtungen menschlicher Willenstätigkeit zu gewinnen ist. Hierbei ergibt sich folgendes: „Das im Verkehr der Willenssubjekte wahrnehmbare Gesetz des Wirkens ist der Prozeß der Bildung und des Zerfalls der mannigfaltigen Gruppen im geschichtlichen und sozialen Leben der Menschheit. Wir können dementsprechend von einem assoziierenden und dissoziierenden Wirkungstypus reden. Die Bildung einer Gruppe beruht stets auf der Überlegenheit des Willens eines einzelnen Individuums bzw. einer Anzahl von gleichgerichteten Individuen gegenüber anderen Individuen. Die Umstimmung ihres Willens im Sinne des stärkeren Willens nennen wir Assimilation (im philosophischen Sinn). Das Sichlösen und Selbständigwerden der in einer Gruppe vereinigten Individuen muß dementsprechend Dissimilation genannt werden.“ „Das geschichtliche und soziale Leben der Menschheit weist eine unübersehbare Mannigfaltigkeit solcher Gruppen auf, indem die aller verschiedensten Seiten des menschlichen Wesens zur Gruppenbildung Anlaß geben können, von der einfachen naturgegebenen Rassebestimmtheit an bis hinauf zu den höchsten Erscheinungen der Kultur; aber das Phänomen der Gruppenbildung und des Gruppenzerfalls selbst fehlt nirgends, wo wir Menschen in Wechselbeziehungen treten sehen... Ein Kulturstaat z. B. stellt eine Gemeinschaft der allermannigfaltigsten, einander vielfach durchkreuzenden Gruppen dar, aber das oben charakterisierte Grundschema der Gruppenbildung kann doch überall festgehalten werden.“

Kann nun dieses Schema des Wirkens menschlicher Willenssubjekte: Assoziation (Gruppenbildung) durch Assimilation — Dissoziation (Gruppenzersetzung) durch Dissimilation auf die materielle leblose Welt, auf das Naturgeschehen überhaupt übertragen werden? Die Frage wird vom Verf. eben uneingeschränkt bejaht. Wenn man demgegenüber einwenden wollte, wie heterogen beides, die leblose Natur und das auf sie zu übertragende Schema, seien, so weist der Verf. darauf hin: „Die Geschichte der Naturwissenschaft lehrt uns... daß ein tieferes Verständnis der Natur nicht an dem Stoffe der sinnlichen Wahrnehmung haften bleiben darf, sondern schöpferisch Begriffe („Modelle“) bilden muß, mit Hilfe deren die sinnliche Wahrnehmung gedeutet werden kann, die ihr aber nicht unmittelbar entstammen. So hat die atomistisch-mechanistische Naturauffassung zum Zweck der Naturerkenntnis nicht nur die mathematischen Symbole geschaffen, die ja durchaus nicht unmittelbar aus der sinnlichen Wahrnehmung geschöpft sind, sondern sie hat außerdem in ihren qualitätslosen Stoffelementen (z. B. den Ätheratomen) einen Begriff gebildet, der zu den qualitativ bestimmten sinnlichen Wahrnehmungen geradezu heterogen ist.“ —

Es ist ein sehr weites, vielumfassendes Gebiet, das in der SAPPERSchen Schrift auf nicht mehr als 250 Seiten behandelt und bald nur kurz umrissen, bald eingehender zur Darstellung gebracht wird. Es ergeben sich natürlich öfter mancherlei kritische Einwendungen gegen diese Darstellung, die auch zuweilen jene Konsequenz und Geradlinigkeit vermissen läßt, die bei einem solchen Thema besonders erwünscht wäre. Um so mehr verdient die Unbefangenheit und Objektivität hervorgehoben zu werden. Auch scheinbaren Paradoxien geht der Verf. dabei nicht aus dem Wege, insbesondere auch nicht bei den zahlreichen erläuternden Vergleichen und Beispielen; so wenn er die Funktion der Zentral-

entelechie mit der Tätigkeit der Regierung eines Kulturstaates bis ins einzelne vergleicht; oder wenn er sagt, daß in einem gewissen Umfange die „Intelligenz der Körperzellen“, d. h. der diese Zellen repräsentierenden Entelechiengruppen die Intelligenz bewußter menschlicher Handlungen übertrage; „allerdings gibt es auch wieder Beispiele, wo die Zweckmäßigkeit der niederen Entelechiengruppen auch im Hinblick auf die von ihnen zu leistende, spezielle Aufgabe als unvollkommen bezeichnet werden muß; man denke nur an die Kritik von HELMHOLTZ bezüglich des Baues der Augen.“ Hervorhebung verdient auch noch besonders, daß der Verf. sich der vielseitigen Problematik seiner Aufgabe deutlich bewußt ist, diese auch nirgends verbirgt und darum immer wieder auch mit jener Zurückhaltung argumentiert, welche die Sache erfordert. Um so mehr ist zu erwarten, daß diejenigen, welche sich ernsthaft mit den Problemen der Naturphilosophie beschäftigen, aus der vorliegenden Schrift wertvolle und fruchtbringende Anregungen gewinnen werden.

M. KRONENBERG, Berlin.

KOFFKA, K., **Grundlagen der psychischen Entwicklung**. 2. verbesserte Auflage. Osterwieck a. Harz: M. W. Zickfeldt 1925. VIII, 299 S. 15 × 22 cm. Preis geb. RM 7.80.

Die zweite Auflage des an Lehrer wie Psychologen sich wendenden Buches berücksichtigt die Neuerscheinungen, insbesondere die Neuauflagen der Bücher von STERN und BÜHLER und ist mit den Ansichten, zu denen der Verfasser nunmehr gelangt ist, in Einklang gebracht.

Das Buch behandelt die Entwicklung des vorschulpflichtigen Alters, vor allem der ersten Lebensjahre. Drei Leitgedanken darf man wohl als richtunggebend für das Buch bezeichnen: die Einstellung auf den Entwicklungsgedanken, die Einteilung in deskriptive und Funktionsbegriffe und vor allem die beherrschende Betonung des „Gestalt“-Standpunktes.

Die Kinderpsychologie ist durchaus unter den Gesichtspunkt der Entwicklungsbetrachtung zu stellen. Die anderen Disziplinen der vergleichenden Psychologie sind ausgiebig heranzuziehen. Ein breiter Raum wird dem Tierexperiment speziell den Versuchen KÖHLERS gewidmet. Abgelehnt wird der Gedanke BINETS, Experimente an Schwachsinnigen für die Kinderpsychologie zu verwerten. Der Hypothese, daß die Stammesentwicklung in der geistigen Entwicklung des Kindes sich wiederhole, schließt sich der Verfasser nicht an; auch die von THORNDIKE im Sinne des Neudarwinismus vertretene Theorie, wonach eine Entwicklung ontogenetisch in dem Zeitpunkt auftritt, der sich als zweckmäßig bewährt hat und daher nach den Prinzipien von Variation und Auslese festgehalten wurde, wird abgelehnt. KOFFKA vertritt eine weniger einfache, aber vorsichtiger „Übereinstimmungs“-Theorie, nach der die individuelle und Stammesentwicklung eine Folge von primitiven und komplizierteren Reaktionsformen von gemeinsamen Typus ausbilden. Eingehend wird der Parallelismus von geistiger und Gehirnentwicklung erörtert.

Für die Methodik sei wichtig, Begriffe der Vorgangsbeobachtung und der Erlebniswahrnehmung sauber zu unterscheiden. Erstere heißen „Funktions“- , letztere „deskriptive“ Begriffe. Der in Amerika groß gewordene Behaviourismus, der grundsätzlich sich darauf beschränken will, Aussagen über das Verhalten in gewissen Situationen zu machen und auf Erlebniswahrnehmung überhaupt zu verzichten, gehe zu weit in seinem Streben nach Objektivität. Eine übertriebene Angst vor der Anwendung von deskriptiven Begriffen sei selbst in

der Tierpsychologie nicht am Platz; erst recht kommt es in der Kinderpsychologie auf die Erfassung und Beschreibung des Gesamtgebarens und die Deutung des beobachteten Verhaltens an. Diese sei freilich gerade die psychologische Kunst. Der Erwachsene darf nicht von sich aus interpretieren, seine Konstruktion muß zum beobachteten äußeren Verhalten wirklich passen.

Eine beherrschende Rolle spielt der „Gestalt“-Gedanke. An dem Beispiel von Reflexen, die schon beim Neugeborenen auftreten, wird die Theorie entwickelt, daß z. B. das optische Sensorium und Motorium nicht als selbständige, mechanisch verbundene Apparate anzusehen seien, sondern als einheitliches physikalisches System, in dem kein Vorgang an einer Stelle unabhängig von den Vorgängen an anderen Stellen und ohne Einfluß auf sie ist. Das Gesamtsystem ändere jeweils seine eigenen Bedingungen im Sinne größtmöglicher Einfachheit. Ob diese Auffassung, die sich auf KÖHLERS Untersuchung physischer Gestalten in Ruhe und im stationären Zustand beruft und darüber hinaus dynamische Gestalten annimmt, den tatsächlichen Erscheinungen leichter gerecht werden kann als die mehr analysierende, den einzelnen Elementen des Systems eine gewisse Selbständigkeit zuerkennende Betrachtung, die KOFFKA die mechanistische nennt, könnte wohl erst bei konkreter Durchführung endgültig entschieden werden. Sie hat gewiß den Vorzug größerer Elastizität, gerade in der Abgrenzung der relativen Selbständigkeit der einzelnen Teile des Systems aber wird die Schwierigkeit liegen. Dem Referenten scheint der Organismus überhaupt mehr zu leisten, als man einem physikalischen System irgendwelcher Art zumuten kann. KOFFKAS Standpunkt kann jedenfalls so charakterisiert werden, daß ein Organ, das Reflexe liefert, so beschaffen sein muß wie ein physikalisches System, das sich als Ganzes auf günstigste Bedingungen einstellt. Die Erklärung von Instinkten als Kettenreflexen im Sinne von SPENCER, JAMES, THORNDIKE und WATSON befriedigt KOFFKA nicht. Alle Zusatzhypothesen werden der faktischen Mannigfaltigkeit nicht gerecht. Doch stecke in der Theorie THORNDIKES der richtige Kern, daß es abgeschlossenes, ausgezeichnetes und nicht abgeschlossenes physiologisches Geschehen gebe. Instinkthandlungen seien zu erklären durch Annahme „geschlossener“ physikalisch-chemischer Vorgänge. Damit sei die Brücke zwischen Reflexen und Instinkten wieder geschlossen; die eigentlichen Reflexe seien erstarrte Instinkte. Psychovitalistische Erklärungsprinzipien würden dadurch überflüssig. Der Psychovitalismus scheint dem Referenten nicht angemessen interpretiert, wenn als sein Hauptargument eine Art von Geschlossenheit des Organismus und seines Verhaltens hingestellt wird. Das Hauptmotiv für die Einführung psychovitalistischer Hypothesen dürfte in dem Auftreten sinnvoller Zweckmäßigkeit zu erblicken sein, die physikalisch-chemisch nicht erklärt werden kann, und zwar weder mechanistisch noch im Sinne physikochemischer Gestalten. Denn schließlich ist eine physikalische Gestalt nicht wesensverschieden von einem mechanischen System. Im Sinne der Physik besteht doch nur ein gradueller Unterschied hinsichtlich der gegenseitigen Abhängigkeit der einzelnen Teile und der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wirkung; aber im Grunde folgen die Systeme, die zweckmäßig als Ganzes, als Gestalt betrachtet werden, obwohl auch sie als aus Elementen und elementaren Vorgängen aufgebaut gedacht werden, doch denselben strengen mechanischen bzw. elektromagnetischen Gesetzen wie die Systeme, die in relativ unabhängige Teile bzw. Teilvorgänge zerlegbar sind. Die Ent-

wicklung sinnvoller Zweckmäßigkeit bleibt für eine Theorie, die den lebenden Organismus als physikochemische Gestalt betrachtet, nicht weniger Problem wie für die gewöhnliche mechanistische Theorie des Lebens. Wenn nun gar Intelligenzleistungen auf physische Gestalten des Nervensystems bezogen und als deren Herstellung erklärt werden sollen, so scheint mir die Tragkraft der Hypothese erheblich überspannt. Gewiß befriedigt sich unser suchender Trieb erst, wenn eine gestellte Aufgabe gelöst, der Ring geschlossen, die Lücke ausgefüllt, die Unsicherheit beseitigt, das Gleichgewicht gefunden ist, und die Struktur- und Ganzheitsbetrachtung erweist sich sicherlich für die Untersuchung des Denkens und Lernens als ebenso fruchtbar wie für die der Wahrnehmung, aber im Interesse der Klarheit scheint es mir doch erwünscht, die physischen Gestalten hier nur als Analogie, nicht als Erklärungsgrund heranzuziehen, selbst wenn, was erst noch zu erörtern wäre, dadurch einige Einwände gegen die ältere Assoziationstheorie weggeräumt werden könnten.

Trotzdem Ref. hier dem Verfasser nicht folgen zu können glaubt, scheint ihm das Buch als Ganzes so reich an Tatsacheneinhalt und Anregungen, daß es nicht ohne Gewinn aus der Hand gelegt werden wird.

WENZL, München.

SIEGEL, CARL, Grundprobleme der Philosophie organism entwickelt. Wien und Leipzig: Wilh. Braumüller 1925. XI, 218 S. 16 × 24 cm. Preis RM 5.—.

Hier liegt einmal eine Einführung in die Philosophie vor, die auch dem eingefleischten Naturwissenschaftler zu zeigen geeignet ist, daß moderner Philosophiebetrieb nichts mehr zu tun hat mit scholastischem Formelkram oder mit phantastischer Gedankendichtung, vielmehr im folgerichtigen Durchdenken von Problemen besteht, die sich jedem denkenden Menschen, besonders aber gerade den Wissenschaftlern auf dem Boden der Naturforschung mit Notwendigkeit aufdrängen.

Es kann hier nicht unsere Aufgabe sein, die durchaus eigenartige, aber sehr glückliche Anlage des Buches näher zu entwickeln, es genüge der Hinweis, daß ihr zufolge der Leser von seinem, im philosophischen Sinne naiven Standpunkte aus förmlich gedrängt wird, gewisse Probleme als unabweisbar zu sichten, wie etwa das Problem der Beseelung und ihrer Grenzen in der Natur, und in dem wiederholten Versuch, jeweils das eine zu umgehen, auf je ein anderes, noch tiefer liegendes Problem gestoßen wird; so z. B. auf das der Entwicklung und des Wesens des Lebens, ja des Stoffes überhaupt und weiter der Möglichkeit und des Zieles unserer Erkenntnis, von hier wieder zum Problem der Wirklichkeit oder dann von Freiheit und Notwendigkeit. Herausgegriffen mögen hier nur einige besonders eigenartige Positionen sein, die von speziellem Interesse für den Naturwissenschaftler sind.

Die Frage, wie weit reicht die Grenze der Beseelung, wird durch Konvergenz verschiedener Kriterien dahin beantwortet: mindestens, soweit Leben reicht. Wie weit aber reicht das Leben? Gibt es scharfe Grenzen zwischen anorganischer und belebter Materie? Die Antwort des Verfassers ist, das Charakteristische sei die Selbstgestaltung der Organismen und die eben dadurch bedingten Erscheinungen seien der eigentliche Gegenstand aller Biologie. Damit sei aber noch nicht ausgemacht, ob nicht auch in der Natur des sog. Leblosen solche sich selbst erhaltende Systeme, wie etwa unser Sonnensystem angenommen werden dürfen, nur daß

Physik und Chemie (wenigstens in ihrer traditionellen Form) kein Interesse für eine entsprechende Betrachtung haben. Die Notwendigkeit dieser verschiedenen Interessenrichtung in Biologie und Physik wird durch ein einfaches Gedankenexperiment klar erhellt. Wenn also auch gegenüber aller Mechanistik die restlose Rückführbarkeit der Biologie auf Physik energisch zurückgewiesen werden muß, so wäre es ganz gut denkbar, daß in der Zukunft eine allgemeine Systemlehre, eine Art verallgemeinerter Biologie entwickelt würde, unter die dann sich ebenso unsere Biologie im engeren Sinne wie die heutige Physik als Sonderkapitel zwanglos einordnen ließe. In Zusammenhang mit dieser Frage darf wohl auch die abstrakte Betrachtungsweise unserer Mechanik gebracht werden (auf die Verfasser schon an früherer Stelle hinweist), wonach ein Vorkommnis in seinem Ablauf als unabhängig davon betrachtet wird, ob es zum ersten- oder millionstenmal erfolgt, was als Sonderfall des Unabhängigkeitsprinzips (Parallelogrammsatzes) gefaßt wird und der Gedächtniserscheinung in der Psychologie gegenübergestellt wird. In prägnanter Formulierung: „Die Vorgänge der Materie — wie sie die Mechanik betrachtet — erfolgen gedächtnislos.“

Wichtig für den Naturforscher ist etwa auch die Frage: Gibt es Zufall im Sinne von besonderer Konstellation? Man könnte meinen, für eine vollendete Naturwissenschaft müßte so etwas wie Zufall verschwunden sein (vgl. LAPLACES Weltgeist). Verfasser zeigt nun aber, daß dies ein Fehlschluß sei, insofern hierbei die mögliche Kenntnis einer allerersten Weltkonstellation vorausgesetzt werde. Doch von einem Beginne der Welt, ja einem Weltganzen kann nur sprechen, wer sich von naiv-realistischen Anschauungen noch nicht frei gemacht habe. Zufall kann es freilich nicht geben in der Natur, sofern darunter nichts anderes als der Inbegriff aller Naturgesetze, also des Immerwiederkehrenden, Überzeitlichen verstanden wird. Aber Natur in diesem Sinne deckt sich dann nicht mit der Wirklichkeit, ist vielmehr nur ein Ausschnitt aus ihr. Zu der Wirklichkeit gehört vor allem auch die Kette alles individuell in der Zeit sich Abspielenden, streng Einmaligen, darunter vor allem das menschliche Wollen. Es ist also auch von einem streng naturwissenschaftlichen Standpunkt die Freiheit des Willens zu vertreten durchaus möglich, die freilich ihrerseits nicht erweisbar, aber jedenfalls als theoretisch sich empfehlende und praktisch fruchtbare Hypothese bezeichnet werden darf.

Auf eine ähnliche naive Anschauung ist auch — wie Verfasser hübsch zeigt — eine vielfach übliche Bewertung der modernen Relativitätstheorie der Physik zurückzuführen, wonach sie beweisen würde, daß es eine einheitliche, absolute Zeit nicht gibt, ja daß man nicht einmal an einem bestimmten Orte von Zeit in eindeutigen Sinne sprechen könne. Denn, so meint man da, was man in A z. B. als eine Sekunde betrachtet, erscheint an irgendeiner anderen, im Verhältnis zur ersten bewegten Stelle B als eine (in genau angebarem Maße) größere Zeitdauer; oder mit anderen Worten: es gibt an jedem Orte nicht eine, sondern unendlich viele verschieden gehende und doch gleichberechtigte „Uhren“. Beweisend gegen die Absolutheit der Zeit ist dies aber offenbar nur, solange Zeit nichts anderes wäre, als was die Uhr anzeigt, ähnlich so, wie wenn die Größe eines Gegenstandes mit der sog. scheinbaren Größe zusammenfiel. Eine solche Gleichsetzung entspricht aber eben der naiv-realistischen Anschauung, der zufolge das Sein sich erschöpfe in dem jeweiligen Wahrgenommenwerden. Über diese Verschiedenheit

hinweg aber reicht der gerade in der modernen Relativitätstheorie ermittelte *gesetzliche Zusammenhang* aller verschiedenen sog. „Zeiten“ und wenn wir in diesem das eigentliche Wesen der Zeit sehen (im Sinne Kants), so lehrt uns die neue physikalische Theorie erst recht wieder, daß es so etwas wie eine wahre Zeit gibt.

Wie hier auf die modernste unter den großen naturwissenschaftlichen Theorien, so fällt in anderem Zusammenhang helles Licht wieder auf andere der geläufigen allgemeinen Theorien und Hypothesen, wie Atomistik, Energetik, Lamarckismus und Selektionslehre. Natürlich kann auf all dieses hier nicht mehr eingegangen werden, um so weniger, als alle einzelnen Betrachtungen des vorliegenden Buches erst dann in richtigem Lichte erscheinen, wenn sie in „organischer Entwicklung“ erfaßt werden. Dies aber kann nur ein gründliches Studium des Werkchens selbst vermitteln, das allen Fachkollegen mit nur etwas allgemeineren Interessen hiermit wärmstens empfohlen sei.

F. NETOLITZKY, Czernowitz.

KLEIN, F., **Elementarmathematik vom höheren Standpunkt aus**. Bd. II: Geometrie, ausgearbeitet von E. HELLINGER. (Grundlehren der mathematischen Wissenschaften Bd. XV.) III. Aufl. Berlin: Julius Springer 1925. VI, 302 S. und 157 Abbildungen. 16 x 24 cm. Preis geh. RM 15.—, geb. RM 16.50.

Die allgemeine Tendenz dieser KLEINSchen Vorlesungen ist bereits bei der Besprechung des ersten Bandes (diese Zeitschr. 1926, S. 13) geschildert worden. Die Geometrie wird im vorliegenden 2. Band in der gleichen großzügigen, nur das wesentliche betonenden und vorführenden Übersicht behandelt, wie die Algebra im früheren Band. Es ist eine Freude, daß bei der Niederschrift und Ausarbeitung der Vorlesungen so wenig von dem *spezifisch Kleinschen Tone* verlorengegangen ist. Seine zahlreichen früheren Hörer werden KLEINS Diktion oft aus den Zeilen heraushören — am meisten vielleicht in den gelegentlich bewußt subjektiv hingestellten Rand- und Zwischenbemerkungen. Diese bildeten für KLEIN ein wichtiges Mittel, dem Hörer wenigstens einen starken Anreiz zu geben, um über Gegenstände, deren volle Diskussion im Kolleg nicht gut möglich war, selbständig nachzudenken. Beispielsweise findet sich bei der Besprechung der wahren Natur der geometrischen Axiome und Sätze (S. 201) kurz der Standpunkt des Nominalismus referiert, d. i. der Standpunkt, daß die Definitionen und Verknüpfungsaxiome die Natur der geometrischen Größen erschöpfen, „— wir nennen den Inbegriff dreier Koordinaten einen Punkt, ohne uns etwas dabei zu denken“ —“. Hierzu KLEINS abschließende Bemerkung: „Ich selbst teile diesen Standpunkt keineswegs, sondern halte ihn für den Tod aller Wissenschaft: Die Axiome der Geometrie sind — wie ich meine — nicht willkürliche, sondern vernünftige Sätze, die im allgemeinen durch die Raumanschauung veranlaßt und in ihrem Einzelinhalte durch Zweckmäßigungsgründe reguliert werden.“ Nicht jeder hätte die kurze, beim Vortrag durch die persönliche Note gemilderte Einstellung so exakt zu Papier zu bringen gewagt; für den Hörer und Leser aber ist es von großem Wert, die Einstellung KLEINS zu diesem fundamentalen Problem auch ohne die tiefere Auseinandersetzung mit dem Nominalismus kennenzulernen.

Eine andere Stelle: „Stolz, der damals mit mir zusammen in Göttingen war, hatte STAUDI gelesen, was

ich selbst nie fertig gebracht habe.“ (S. 133.) Nur im Bewußtsein seines Ranges kann ein Autor das im Druck stehen lassen — und welch ein Trost entsteht daraus für den ringenden Adepten, der geneigt ist, die Schwierigkeiten, die er beim Lesen findet, nur sich selbst zur Last zu legen!

Die 3 Hauptteile der Vorlesung behandeln: *Die einfachsten geometrischen Gebilde; Die geometrischen Transformationen; Systematik und Grundlegung der Geometrie*. Synthetische und analytische Behandlungsweise ist, entsprechend den schon in Bd. I ausgesprochenen Forderungen, aufs innigste verflochten. Fern ist KLEIN jeder qualvolle „*Purismus*“, d. h. die ausschließliche Verwendung euklidisch-synthetischer oder analytischer Methoden: gerade der Wechsel des Standpunktes und die Synthese der Methoden zu einem kürzesten und leichtesten Beweise zeigt in seinen Augen die Beherrschung der Mathematik an.

Das „Erlanger Programm“, KLEINS berühmte Habilitationsschrift über die Gruppentheorie als Einteilungsprinzip der mathematischen Forschung, durchsetzt den ganzen Aufbau der Vorlesung und tritt zumal im letzten Kapitel über die Systematik der Geometrie hervor. Daher ist dem Verhalten der analytischen und der geometrischen Größen bei Transformationen von den ersten Seiten ab die größte Sorgfalt gewidmet.

Auch im Geometriebande ist das Historische in anregendster Weise in das Methodische eingearbeitet. EUKLIDS Elementen sind einige 20 Seiten gewidmet. Im ganzen warnt KLEIN vor der Überschätzung der EUKLIDischen Lehre, als eines „unübertrefflichen Systems“: „wir sind heutzutage überall und gewiß auch in der Geometrie wesentlich über die Griechen hinausgekommen“ (S. 204). Diese Einstellung KLEINS hat sich bekanntlich in den neueren deutschen Lehrplänen für den Schulunterricht durchgesetzt, während z. B. im englischen Schulunterricht — hierin wohl dem konservativsten, wenn auch in anderer Beziehung beneidenswert freiheitlichen — EUKLID noch Trumpf ist.

Von großem Interesse ist das Schlußkapitel der Vorlesungen: *Einiges über den Unterricht in der Geometrie*. Es ist erstaunlich zu sehen, auf wie vielerlei Arten Elementargeometrie beigebracht werden kann. In England, Frankreich, Italien und Deutschland — über diese Länder wird berichtet — herrschen Strömungen und Gegenströmungen, die zum größten Teil durch die auch als Forscher hervorragenden Geometer dieser Länder geleitet werden und deren sinnfälligster Niederschlag die Examenbestimmungen, Lehrpläne und Lehrbücher der Schulen sind. In KLEINS souveräner Art erhält man einen Überblick über dies bunte Vielerlei von Möglichkeiten, von dem die Struktur des mathematischen Denkens unserer Zeitgenossen in erheblichem Maß abhängen dürfte. Die neuere Entwicklung des Schulunterrichts (ab 1908) wird in „Zusatz II“ von F. SEYFARTH behandelt. Viele der nicht speziell auf das Schultechnische eingestellten Leser werden es ihm danken, daß er bei der Gelegenheit einen kurzen Überblick über das allgemeine Schulsystem der behandelten Länder gibt.

Wie der 1. Band, so gibt auch der 2. nicht nur Schulmännern reiche Anregung, sondern jedem, der sich über die „elementare“ Mathematik zu orientieren sucht. Es gehört zur mathematischen Allgemeinbildung, die KLEINSchen Vorlesungen zu kennen.

P. P. EWALD, Stuttgart.

Zuschriften.

Der Herausgeber hält sich für die Zuschriften nicht für verantwortlich.

Elektrische Bodendistanzmessung von Luftfahrzeugen.

In dem Aufsatz des Dipl.-Ing. LIST über „Flugzeugnavigation bei Nacht und Nebel“ in Heft 26, S. 611 des 14. Jahrgangs (1926) wird ein elektrischer Bodendistanzmesser „nach dem Prinzip der Kapazitätsmessung“ erwähnt. Ich bemerke hierzu, daß dieses Prinzip von mir angegeben und in der Patentschrift U. St. A. 1492 300 vom 17. Juli 1923 des Näheren beschrieben ist. Ein nach diesem Prinzip gebautes Instrument wurde gelegentlich der Deutschlandfahrt des amerikanischen Zeppelinluftschiffes (Z. R. III) im September 1924 erprobt. Diese Versuche sind in der „Physikalischen Zeitschrift“, 26. Jahrgang, 1925, S. 646–654 beschrieben, und es wurden bei diesen Messungen die Kapazitätsänderungen mit Hilfe der von mir angegebenen „Abreißmethode“ (Französisches Patent Nr. 603 314 vom 13. August 1925) bestimmt, wobei kein Wellenmesser, sondern bloß ein Sender benötigt wird.

Außer diesen *Kapazitätsmethoden* habe ich noch zwei auf wesentlich anderen Grundlagen beruhende Methoden zur Bestimmung der Bodendistanz angegeben: eine *Interferenzmethode* und die sog. *Fizeau-Methode*, die in U. St. A. unter Nr. 1 585 591 (vom 17. Juli 1923) patentiert ist.

Wien, den 1. Juli 1926.

HEINRICH LÖWY.

Ultraviolettbestrahlung von Milch.

In der letzten Zeit häufen sich die Mitteilungen über den Einfluß ultravioletter Bestrahlung auf die Bildung bzw. Vermehrung therapeutisch wichtiger Faktoren in Nahrungsmitteln, besonders auf die Entstehung vitaminartig wirkender Stoffe. Z. B. soll bestrahlte Milch als Frischmilch, aber auch in Pulverform antirachitische Wirkungen zeigen. Die Milch soll bei der Bestrahlung einen bestimmten charakteristischen Geschmack und Geruch annehmen, der auch als lebertranähnlich bezeichnet und damit in direkte Beziehung zur therapeutischen Wirkung gebracht wird¹⁾.

Wir möchten nun hier darauf hinweisen, daß bei den uns bisher bekanntgewordenen derartigen Versuchen die bei der Ultraviolettbestrahlung der Milch zwangsläufig aus dem Luftsauerstoff sich ergebende Ozonwirkung nicht genügend berücksichtigt ist. Wird die Milch in offenen Schalen dem Licht etwa der künstlichen Höhensonne ausgesetzt, so herrschen keine definierten Versuchsbedingungen, denn das in der Umgebung der Lampe sich bildende Ozon wirkt natürlich neben den Strahlen auf die Milch ein. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß einige Autoren über die Einwirkung derartig vorbestrahlter Stoffe auf die photographische Platte berichten und diese Wir-

kung auf Wasserstoffsuperoxyd und Ozon zurückführen¹⁾.

Wir haben nun in einigen Versuchsreihen gleiche Mengen frischer Milch verschiedenen Ursprungs bei gleichen Temperaturbedingungen folgendermaßen behandelt:

Etwa 100 ccm frische Milch wurden in 30 cm Abstand dem Licht einer normalen Quarzquecksilberlampe je 30 Minuten ausgesetzt.

1. Offen in flacher Schale mit und ohne Eiskühlung.

2. In einem abgeschlossenen Kolben oder Rohr aus Bergkrystall mit und ohne Eiskühlung, wobei durch Evakuieren des Kolbens und durch restlose Anfüllung des Rohres die Anwesenheit von Luft möglichst ausgeschlossen wurde.

3. Die Milch wurde in einem Glaskolben geschützt vor den Strahlen die gleiche Zeit mit Luft in Berührung gebracht, die aus der Umgebung der in einen Holzkasten eingebauten Quarzlampe während der Versuchsdauer abgesaugt wurde.

4. Die Milch wurde in entsprechender Weise mit Luft, die in einem Siemensrohr ozonisiert wurde, in Berührung gehalten.

Unsere von einer Reihe von Personen kontrollierten Geschmacks- und Geruchsproben ergaben folgendes.

Die Milch aus Versuch 1 und 3 stimmte in Geruch und Geschmack weitgehend überein. Bei Versuch 4 war der Geruch und metallische Geschmack ähnlich, nur intensiver.

Die vor Ozon geschützte bestrahlte Milch aus Versuch 2 wurde im allgemeinen von der Frischmilch nicht unterschieden, bisweilen wurde ein leicht an angebranntes Horn erinnernder Geruch und Geschmack festgestellt. Hier waren nach unserer Meinung schwer zu entfernende, z. B. an der Innenwand der Gefäße haftende oder in der Milch gelöste Luft- und Staubspuren ozonisiert worden.

Damit scheint uns erwiesen, daß der charakteristische Geruch und Geschmack ultraviolettbestrahlter Milch auf die Einwirkung von Ozon zurückgeführt werden muß²⁾. Natürlich wollen und können wir nicht behaupten, daß neben der Ozonwirkung nicht auch eine spezifische, durch Geruch und Geschmack nicht zu erkennende, Lichtbeeinflussung stattfindet. Eine leichte Färbung der frei bestrahlten Milch ist bisweilen zu beobachten. Hierüber müssen physiologische Versuche, die der eine von uns (R.) an Tieren in Angriff genommen hat, entscheiden; ebenso darüber, in welchem Umfang „nur ozonisierte“ Milch die vitaminähnlichen Effekte zeigt.

Berlin, Chemisches Institut der Universität, und Weißensee, Säuglingskrankenhaus, den 1. Juli 1926.

E. TIEDE. P. REYHER.

¹⁾ N. S. LUCAS, Biochemical Journ. 20, 23. 1925.

²⁾ Anm. b. d. Korr.: Die nach Absendung dieser Zuschrift von der Tagespresse gebrachten ähnlichen Ergebnisse Leipziger Forscher waren uns unbekannt. Am 30. 5. 26 habe ich die „Vitaminisierung mit Ozon“ zum Patent angemeldet. E. TIEDE.

¹⁾ P. GYÖRGY, Klin. Wochenschr. 4, 1118. 1925; 5, 747. 1926.

Biologische Mitteilungen.

Neues zum Sexualitätsproblem. Das Sexualitätsproblem wurde in den letzten Jahren zu einem der zentralen Fragenkomplexe der Biologie, und die Forschungsarbeit hat schon eine Reihe überaus interessanter Resultate zutage gefördert. An die bahnbrechenden Untersuchungen von RICHARD GOLDSCHMIDT schließen

sich jetzt neue Untersuchungen von C. B. BRIDGES (Sex in Relation to Chromosomes, American Naturalist 59, 25), deren Ergebnisse mit jenen GOLDSCHMIDTS aufs beste harmonieren. BRIDGES fand bei der Fruchtfliege *Drosophila* eine Reihe verschiedener Geschlechtstypen, und die cytologische Untersuchung zeigte ihm, daß

jedem dieser Typen eine besondere Chromosomenkombination entspricht. Diese verschiedenen Geschlechtstypen erschienen besonders unter den Nachkommen von triploiden Weibchen, d. h. Weibchen, die anstatt des in der normalen Befruchtung vereinigten doppelten Chromosomensatzes drei Geschlechtschromosomen und je drei jedes der Autosomen besaßen. Wenn, wie bei diesen Weibchen, außer den drei Geschlechtschromosomen auch je drei aller übrigen Chromosomen vorhanden sind, ist das Geschlecht des Tieres in keiner Weise geändert. Diese 3N-Gruppe erweist sich aber bei der Bildung der Geschlechtszellen als nicht stabil. Jedes Ei erhält einen vollen Chromosomensatz, ein zweiter Chromosomensatz geht in den Richtungskörper, und der Extra-Chromosomensatz schließlich wird in allen möglichen Kombinationen zwischen Ei und Richtungskörper verteilt. So kommt es z. B. verhältnismäßig häufig vor, daß Eier solcher Weibchen zwei volle Autosomensätze (A) haben, dagegen nur ein Geschlechtschromosom; wir können ein solches Ei kurz als X, 2A charakterisieren. Nach Befruchtung mit einem normalen Spermia würde die Formel 2X, 3A lauten. Eine solche Zygote entwickelt sich zu einem Intersex, einem Tier mit Mischung von Männchen- und Weibchenteilen, ähnlich wie GOLDSCHMIDTS *Lymantria*-Intersexe. Die weiteren Untersuchungen, vor allem an Fällen, in denen das 4. Chromosom verloren ging, führten zu der Auffassung, daß jedes Merkmal eines Individuums der Index für die Auswirkung des Gleichgewichtszustandes einer großen, aber unbekannten Zahl von Genen ist, von denen einige die Tendenz haben, die Entwicklung in der einen, die anderen sie in der entgegengesetzten Richtung abzulenken. Das definitive Aussehen eines Individuums ist also immer der Ausdruck des Maßes von „Faktorenbalanz“ innerhalb der Zygote, aus der er sich entwickelt hat. Aus diesen Befunden und Überlegungen ergeben sich hinsichtlich der Intersexe die folgenden Schlüsse: Die Intersexe weichen hinsichtlich der Chromosomenkonstitution von normalen Individuen nur durch den Besitz einer Extra-Chromosomengarnitur ab. Die Autosomen haben also etwas mit dem Geschlecht zu tun. Und zwar haben sie ein gewisses Maß männchenbestimmender Wirkung, da ja ein überzähliger Autosomensatz Männchencharaktere an den Weibchen zur Erscheinung bringt. Der Netto-Männcheneffekt eines Autosomensatzes muß aber wesentlich geringer sein als der Netto-Weibcheneffekt eines X-Chromosoms, da ja die Addierung eines X-Chromosoms zu einem Männchen dieses in ein Weibchen verwandelt (2X, 2A). Unter den Autosomen selbst nimmt aber das 4. Chromosom wieder eine Ausnahmestellung ein; es besitzt ähnlich wie das X-Chromosom eine Nettowirkung in weibchenbestimmender Richtung. Das geht daraus hervor, daß die Intersexe mehr weibchenähnlich sind, wenn drei 4. Chromosomen, mehr männchenähnlich, wenn nur zwei 4. Chromosomen vorhanden sind. BRIDGES fand auch 4N-Tiere, d. h. solche, bei denen jedes Chromosom in vierfacher Zahl vorhanden war. Diese Individuen unterscheiden sich in nichts von den 3N- und 2N-Tieren, da in ihnen die Faktorenbalanz in keiner Weise gestört ist. Das gleiche müßte auch von haploiden Individuen, d. h. solchen mit nur je einem Chromosom jeder Sorte (N), zutreffen; solche sind bis jetzt nicht gefunden worden. Wir wollen hier nur noch zwei andere überaus interessante Fälle anführen, die BRIDGES vergleichend cytologisch und morphologisch untersuchte und die seine Auffassung aufs schönste bestätigen. Tiere mit 3 X-Chromosomen, aber nur 2 Autosomensätzen (3X, 2A) stellen sogenannte „Überweibchen“ dar, sie bringen die normalen Weib-

chencharaktere in verstärktem Maße zum Ausdruck, und das umgekehrte gilt von Tieren mit nur einem X-Chromosom, aber 3 Autosomensätzen (1X, 3A), sie sind „Übermännchen“. Diese Untersuchungen geben einen tiefen Einblick in die überaus komplizierte ineinandergreifende Wirkung der verschiedenen Chromosomen bei der sexuellen Determination.

Den Verteilungsmechanismus der Geschlechtschromosomen sehen wir in Fällen am Werke, über die F. A. E. CREW (Poultry Research, The National Poultry Journal 6. 1925) in einer vorläufigen Notiz hinweist. Es kommt bei Hühnern vor, daß sich weibliche Tiere zu funktionstüchtigen Hähnen umwandeln. CREW verwendete drei solche Hähne zur Paarung mit normalen Hennen und fand in der Nachkommenschaft als Geschlechtsverhältnis: „The sex ratio among the chickens is one male to two females in every three on the average.“ Was heißt das? Bei den Hähnen, die zur Verwendung kamen, ist natürlich die ursprüngliche Chromosomenkonstitution, d. h. eben die weibliche, bei der Geschlechtsumwandlung erhalten geblieben. Wie alle Körperzellen dieser Männchen die weibliche Chromosomengarnitur besitzen, so auch die Geschlechtszellen, und es werden also Spermien mit den Chromosomenverhältnissen der Eier gebildet. Nun ist bei den Vögeln das weibliche Geschlecht heterozygot, d. h. es werden zweierlei Eier, aber nur eine Sorte von Spermien gebildet. Die eine Hälfte der Eier enthält ein Z- die andere Hälfte ein W-Chromosom, sämtliche Spermien (der normalen Hähne) dagegen besitzen nur ein Z-Chromosom. Eine ZZ-Befruchtung liefert dann ein Männchen, eine WZ-Befruchtung ein Weibchen. In dem vorliegenden Falle nun sind sowohl Z und W Eier wie Spermien vorhanden, und bei zufallsmäßiger Befruchtung müssen die folgenden Zygoten in gleichen Mengen zustande kommen: ZZ, ZW, WZ, WW. Die WW-Zygoten sind nicht lebensfähig. Dann aber bleibt das Verhältnis von einer männlichen zu zwei weiblichen Zygoten übrig, wie es in den Versuchen tatsächlich gefunden wurde. Wenn diese Versuche sich an größerem Material bestätigen, werden sie einen besonders schönen Beweis für die Bedeutung des Chromosomenmechanismus für die Geschlechtsbestimmung darstellen.

Der normale Geschlechtschromosomenmechanismus liefert also bei zufallsmäßig zustande kommender Befruchtung die gleiche Anzahl von Männchen und Weibchen. In der Tat aber finden sich im allgemeinen kleine Abweichungen von der Erwartung, so z. B. beim Menschen ein geringer Knabenüberschuß unter den Neugeborenen. Es ist wiederholt versucht worden, diese Abweichungen durch selektive Sterblichkeit während der Embryonalentwicklung zu erklären. Es war schon nach unseren bisherigen Kenntnissen wenig wahrscheinlich, daß sich auf diesem Wege die Verhältnisse befriedigend erklären lassen. Das ist jetzt durch neue Untersuchungen von E. C. MACDOWELL und E. M. LORD (The Sex Ratio in Litters of Mice Classified by the Total Amount of Prenatal Mortality. Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine 22. 1925) an Mäusen noch unwahrscheinlicher geworden. Die Verfasser gingen von der Voraussetzung aus, daß im Falle einer selektiven Elimination des einen Geschlechts während der ganzen Trächtigkeitsperiode zwischen der vorgeburtlichen Sterblichkeit und dem Geschlechtsverhältnis eine negative Korrelation bestehen müsse. Die Untersuchungen erstreckten sich auf den Prozentsatz vorgeburtlicher Sterblichkeit von 445 Würfen von Mäusen. Von der Zahl der befruchteten Eier, festgestellt durch die Zahl

vorhandener Corpora lutea, wurde die Anzahl der geborenen Jungen subtrahiert, und die so gewonnenen Zahlen zeigen deutlich, daß einer Zunahme vorgeburtlicher Sterblichkeit kein Sinken des Geschlechtsverhältnisses entspricht, wie es doch sein müßte, wenn die Sterblichkeit selektiv wäre. Die Ursachen der Abweichungen vom zufallsmäßig zu erwartenden Gleichheitsverhältnis beider Geschlechter müssen also auf anderen noch unbekannten Faktoren beruhen. In diesem Zusammenhange wäre übrigens eine neue, groß angelegte, statistische Untersuchung über das Geschlechtsverhältnis abortierter menschlicher Feten überaus wünschenswert.

Bei Tieren, in denen das männliche Geschlecht heterogametisch ist, also zweierlei Spermien gebildet werden, wäre es denkbar, daß sich diese beiden Spermienarten durch eine verschiedene Länge des Kopfes (der praktisch nur den Zellkern darstellt) unterscheiden lassen. Tatsächlich konnte ein solcher Längenunterschied zuerst von ZELENY bei einem Insekt (*Lygaeus kalmii*) nachgewiesen werden. J. L. LUSH (*The Possibility of Sex Control by Artificial Insemination with Centrifuged Spermatozoa. Journal of agricultural research* 30. 1925) stellte nun neuerdings entsprechende Messungen an Kaninchen- und Schweinespermien an. Die Kurven, die sich als Ergebnis der Messungen an Kaninchensperma ergaben, lassen keine definitive Beantwortung der Frage zu, ob tatsächlich zwei Gruppen verschieden langer Spermien vorhanden sind. Jedoch erwecken dieselben den Eindruck, daß tatsächlich ein solcher Unterschied besteht, die Differenzen der Maxima aber so gering sind, daß eine monomodale Kurve mit breitem Maximum entsteht. Bei Schweinesperma dagegen besteht eine deutliche Größendifferenz, die größeren Spermien übertreffen die kleineren um 7,1 bis 8,6% an Kopflänge (gegen 20% nach WODSEDALEK). LUSH führte diese Messungen mit dem Gedanken aus, daß, falls eine deutliche Größendifferenz vorhanden sei, dieser wohl auch eine entsprechende Gewichts- und Differenzentsprache und die beiden Spermienarten sich durch Zentrifugieren trennen ließen. Künstliche Befruchtungen mit einer dieser beiden Fraktionen müßten dann zumindest einen großen Überschuß von Tieren nur des einen Geschlechtes liefern. Solche künstlichen Befruchtungen wurden nur mit Kaninchen ausgeführt, und entsprechend der offenbar sehr geringen Größendifferenz hatte das Zentrifugieren zweifellos keinen wesentlichen Einfluß. Das Geschlechtsverhältnis der Nachkommen zeigte keine Abweichungen von der Norm. Bei Schweinesperma brachte das Zentrifugieren eine deutliche, wenn auch nicht vollständige Trennung der beiden Spermienarten hervor. Leider konnten aus äußeren Gründen mit Schweinen keine künstlichen Befruchtungen ausgeführt werden. Es ist zu hoffen, daß diese Experimente an einem anderen Institute durchgeführt werden.

Wie grundlegend die mit der Geschlechtsverteilung zusammenhängenden chemischen Differenzierungen dem ganzen Organismenreich gemeinsam sind, wird durch die von MANOILOV gefundene Reaktion zur Feststellung des Geschlechtes eines Organismus gezeigt. S. SATINA und M. DEMEREC (*MANOILOV'S Reaction for Identification of the Sexes. Science, N. S.* 62. 1925) haben die MANOILOV'sche Reaktion nachgeprüft und ihre Zuverlässigkeit in vollem Umfange bestätigt. Sie prüften den Chlorophyllextrakt aus Blättern von Weide und Pappel, Blut von Mäusen und Schafen, Blutserum von Tauben und Körpersubstanz der Fruchtfliege *Drosophila* und des Krebses *Cladocera*. In allen diesen Fällen, wie in den von MANOILOV und seinen Mitarbei-

tern geprüften, wurde die Lösung nach Hinzufügen der Reagenzien (auf die wir hier nicht eingehen können) alsbald farblos, wenn das Chlorophyll bzw. Blut oder Körpersubstanz von einem männlichen Organismus stammte, während sie bei weiblicher Herkunft ihre rotviolette Färbung behielt.

Auf ein völlig neues Gebiet führen uns die „Untersuchungen über relative Sexualität“ von MAX HARTMANN (*Biol. Zentralbl.* 45. 1925). Über die Sexualität der niederen Organismen (Protisten, Algen, Pilze) waren uns bis jetzt sehr wenige prinzipielle Tatsachen bekannt. BÜTSCHLI und SCHAUDINN haben eine Sexualitätshypothese aufgestellt, die besagt, daß jede Protisten- und Geschlechtszelle hermaphrodit oder bisexuell sei, und daß durch das Überwiegen des einen oder anderen Partners sie männlich oder weiblich in bezug auf eine andere Zelle werde, in der der entgegengesetzte Partner überwiege. BÜTSCHLI und SCHAUDINN hatten dabei aber offenbar nur an die Bildung von zwei Sorten verschiedener Geschlechtszellen, rein weiblichen und rein männlichen, gedacht. HARTMANN zeigt nun, daß diese Hypothese „nur unter der Bedingung zu Recht bestehen könnte, wenn die geschlechtliche Differenzierung der Sexualzellen nicht eine absolute, sondern nur eine relative resp. unter gewissen Umständen noch relative wäre“. HARTMANN fand in der Meeresalge *Ectocarpus siliculosus* ein geeignetes Objekt, an dem sich das Vorhandensein relativer Sexualität experimentell beweisen ließ. *Ectocarpus* verhielt sich an den untersuchten Fundorten stets streng diöisch, d. h. auf einer Pflanze finden sich stets nur Fortpflanzungszellen, die die physiologische Differenzierung des einen Geschlechtes zeigen. Für die Experimente wurden nun die Schwärmzellen nach ihrer Entleerung aus den Gametangien von einzelnen Pflanzen gesammelt und durch Zusammenbringen mit den Schwärmzellen anderer Individuen die verschiedensten Kombinationen hergestellt. Eine und dieselbe Pflanze konnte an einander folgenden Tagen mit verschiedenen anderen Pflanzen hinsichtlich des Verhaltens ihrer Geschlechtszellen (eben der Schwärmzellen) geprüft werden. Von 400 Kombinationen, die so hergestellt wurden, ergab die große Mehrzahl normale bipolare Sexualität. In 14 Fällen konnte jedoch eine Geschlechtsreaktion zwischen zwei Gametenarten des gleichen Geschlechtes beobachtet werden. HARTMANN unterscheidet zwischen stark und schwach weiblichen bzw. männlichen Gameten. Seine Versuche zeigen, daß die schwach männlichen Gameten sich stark männlichen gegenüber als weibliche verhalten können, und daß die schwach weiblichen gegenüber stark weiblichen als männliche Gameten fungieren können. Damit ist gegenüber der bipolaren zum ersten Male das Bestehen von *multipolarer Sexualität* nachgewiesen worden. Es ergibt sich daraus der interessante Sachverhalt, daß die morphologisch übereinstimmenden Gameten von *Ectocarpus* zwar eine bestimmte männliche und weibliche Differenzierung in physiologischer Hinsicht zeigen, daß aber jede Gamete stets beiderlei Sexualpotenzen, nur offenbar in verschiedenem quantitativen Verhältnis, besitzt. Schon heute lassen sich von hieraus interessante Parallelen zu den Verhältnissen bei den höheren Organismen ziehen, und es ist kaum zweifelhaft, daß auf dieser neuen Bahn weitere wichtige Tatsachen über die Sexualität gefunden werden. Die Resultate HARTMANN'S lassen uns auch die Evolution der Bisexualität bei den niederen Organismen in einem neuen und viel verständlicherem Lichte erscheinen.

Das erbliche Verhalten identischer Zwillinge. In der Erforschung der Erbliehkeitsverhältnisse des

Menschen spielen die identischen Zwillinge eine besonders wichtige Rolle, weil sie am besten geeignet sind uns zu zeigen, welche Eigenschaften des Menschen überhaupt vererbt sind. Die identischen Zwillinge gehen aus der Zerspaltung eines einzigen befruchteten Eies hervor, sie enthalten beide genau die gleichen Erbeigenschaften. Die Unterschiede zwischen identischen Zwillingen müssen auf Modifikationen zurückzuführen sein, die entweder während der Embryonalentwicklung oder nach der Geburt zur Geltung kamen. Besondere Vorteile bietet die Untersuchung identischer Zwillinge, die bald nach der Geburt getrennt worden waren und unter wesentlich verschiedenen Bedingungen aufwuchsen. An solchen Individuen wird sich am sichersten feststellen lassen, welche Rolle die Umwelt bei gleichen Erbanlagen spielt.

Über die Körpereigenschaften solcher eineiiger Zwillinge hat von VERSCHUER (Die Wirkung der Umwelt auf die anthropologischen Merkmale nach Untersuchungen an eineiigen Zwillingen, Arch. f. Rassen- u. Gesellschaftsbiol. 17, 1925) interessante Beobachtungen angestellt. Er untersuchte 47 identische Zwillingspaare aller Altersstufen. Der Verf. teilt seine Zwillingspaare in 3 Gruppen: 1. solche, die im wesentlichen in der gleichen Umgebung aufgewachsen waren und lebten; 2. solche, die in verschiedener Geburtslage oder mit verschiedenem Gewicht geboren wurden, die nicht dieselben Krankheiten durchmachten, an verschiedenen Orten leben oder verschiedene Berufe haben; 3. solche, die unter sehr verschiedenen Lebensverhältnissen aufgewachsen sind und leben. Wenn man nun vergleicht, wie sich die Körpermaße und -proportionen der Zwillingindividuen zueinander verhalten, so ergeben sich im Durchschnitt für die 3 Gruppen die folgenden prozentualen Abweichungen:

1. Gruppe	0,61 ± 0,11
2. Gruppe	0,82 ± 0,15
3. Gruppe	0,95 ± 0,25

Die körperliche Variabilität ist also auch bei Zwillingen, die aus einem einzigen Ei hervorgegangen sind, eine Funktion der Umwelt. Aber die verschiedenen Zwillingspaare verhalten sich in dieser Hinsicht wesentlich verschieden: „Es gibt sehr ähnliche Zwillinge mit relativ verschiedener Umwelt, und umgekehrt sehr verschiedene Zwillinge, bei denen eine Ursache für die Verschiedenheit in der Umwelt nicht zu finden ist. Wir müssen dabei allerdings hervorheben, daß uns in den meisten Fällen die Verhältnisse in utero nicht bekannt sind, was bei diesen Fragen nicht unerheblich ins Gewicht fallen dürfte.“ Die anthropometrischen Messungen an identischen Zwillingen führten den Verf. zu den folgenden Schlüssen. Die Körpergröße, die Längenmaße der Extremitäten und das Verhältnis der Extremitäten zur Körpergröße, die physiognomischen Maße: Ohren, Nase und Augen, sind durch die Umwelt nur wenig beeinflussbar. Die Längen-, Breiten-, Tiefen- und Umfangsmaße des Rumpfes (ausgenommen die Breite der Schultern und des Brustkorbes), das Körpergewicht, die Länge und Breite und der Längenbreitenindex des Schädels werden von der Umwelt stark beeinflusst. Häufige Differenzen in der Schädelform gehen wahrscheinlich auf intrauterine Einflüsse zurück. Das Geburtsgewicht hat wahrscheinlich auf die spätere Entwicklung Einfluß. Das Maß der vorkommenden Abweichungen scheint bei männlichen und weiblichen Zwillingspaaren nicht verschieden zu sein.

Über die geistigen Eigenschaften zweier weiblicher identischer Zwillinge, die bald nach der Geburt ge-

trennt worden waren und dann unter sehr verschiedenen Umweltsbedingungen aufwuchsen, berichtet H. J. MULLER (Mental Traits and Heredity. The Journ. of Heredity 16, 1925). Die beiden 32 Jahre alten Mädchen wurden einer Reihe von Intelligenzproben unterworfen. Trotzdem ihre Schulausbildung und ihr Milieu sehr verschieden waren, ergaben sich bei diesen Intelligenzprüfungen sehr auffallende Übereinstimmungen. Ganz im Gegensatz dazu stehen aber die Ergebnisse hinsichtlich der Prüfungen auf motorische Reaktionszeit, Assoziationszeit, Willens- und Temperamentsausdrücke und soziale Einstellungen. In diesen Eigenschaften zeigten die beiden Mädchen große Verschiedenheiten, durchschnittlich sogar etwas größere als zwei zufallsmäßig gewählte Personen. Und viele dieser Eigenschaften schienen in direktem Zusammenhang mit der jeweiligen vorhergegangenen Lebenserfahrung der beiden Mädchen zu stehen. Weitere Untersuchungen auf diesem Gebiete werden sicher noch viele interessante Tatsachen zutage fördern.

WALTER LANDAUER.

A Synopsis of the Amphibia of California. (TRACY I. STORER, Univ. of California publ. in zool. 27, 1—308 Pl. 1—18, 1925.) Eine außerordentlich sorgfältige und in die Einzelheiten gehende Arbeit über die geschwänzten und ungeschwänzten Batrachier Californiens, die sich nicht nur mit der Systematik, sondern vor allem auch mit der geographischen Verbreitung, der Biologie und Ökologie, sowie der eingehenden Beschreibung der Fortpflanzungsweise der hier behandelten Lurche befaßt.

Der Verf. zählt 17 Arten von Schwanzlurchen und 21 Anuren (einschließlich der Subspezies) für Californien auf. Sie verteilen sich auf folgende Familien: Salamandridae (1), Ambystomidae (4), Plethodontidae (12), Discoglossidae (1), Scaphiropodidae (1), Bufonidae (8), Hylidae (2) und Ranidae (9).

Im Gegensatz zu den östlichen Staaten der Union ist Californien ein Land ohne eigentlichen Winter, in welchem aber die Niederschläge nicht über das ganze Jahr verteilt, sondern auf eine mehr oder weniger eng begrenzte Periode beschränkt sind. Keine der Wintertemperaturen ist so niedrig, als daß sie die Amphibien am Laichgeschäft hindern könnte, aber der Regenfall ist in der Hauptsache auf die Monate Oktober bis April beschränkt. Der Beginn des Laichgeschäftes wird daher bei den Arten, welche ihre Eier ins Wasser ablegen, durch den Beginn der Regenfälle, nicht durch die Temperatur, bestimmt. Die ausgesprochenen Trockengegenden, die sich in Californien finden, sind nicht völlig frei von Amphibien, indes ist die geographische Verbreitung derselben vielfach diskontinuierlich. Zum Schutze gegen das trockene Klima ist bei den californischen Froschlurchen die Haut dicker als bei denen des westlichen Amerika, bei den Kröten und bei Scaphiopus sind die Fußtuberkel in größerem oder geringerem Grade zu Grabschaufeln umgestaltet. Keine Örtlichkeit in Californien, vielleicht mit alleiniger Ausnahme des äußersten Nordens des Staates beherbergt mehr als 2 Ranaarten, einen sumpfbewohnenden Typus und einen der am und im fließenden Wasser lebt, während in den östlichen Staaten der Union bis zu 5 verschiedene Arten nebeneinander vorkommen können.

Das aride Klima Californiens erschwerte die biologischen Studien des Verf. außerordentlich. Die feuchten Plätze und die Wasseransammlungen, die allein den Amphibien günstige Lebensbedingungen zu bieten vermögen, liegen sehr weit auseinander und beherbergen immer nur wenige Arten pro Fundort. Es mußten vielfach Exkursionen von 15 bis 80 Meilen

gemacht werden, und nur selten konnten auf einer solchen Exkursion mehr als 3 Arten studiert werden. Um so erstaunlicher und aner kennenswerter ist aber die Fülle der biologischen Beobachtungen, die in diesem Werke niedergelegt sind.

Die groß angelegte Arbeit umfaßt verschiedene Kapitel allgemeineren Inhalts, so einen kurzen historischen Überblick über die Erforschung der californischen Amphibienfauna, eine allgemeine Erörterung der Faktoren, von welchen die Amphibien in erster Linie abhängen, ein Kapitel über ihre Verbreitung innerhalb des Staates Californien, Bemerkungen über die Nomenklatur, Maße, Sexualcharaktere usw.

Dann folgen Bestimmungstabellen der erwachsenen Tiere, ihrer Larven und ihrer Eier und endlich der ungemein ins Detail gehende systematisch-biologische Teil, dem am Schlusse eine summarische Übersicht der hauptsächlichsten biologischen und ökologischen Ergebnisse angefügt ist. Ein ausführliches Literaturverzeichnis beschließt das Werk.

Einige Wärme- und Feuchtigkeitskurven, Tabellen, welche den Eintritt und das Ende der Laichzeit der einzelnen Arten veranschaulichen, eine tabellarische Darstellung der geographischen Verbreitung der Amphibien innerhalb Californiens und eine Anzahl

von Strichzeichnungen (Eier, Mundpartien der Larven usw.) finden sich im Text. Ferner sind dem Werke 17 Tafeln mit vorzüglichen Photographien beigegeben, welche charakteristische Laichplätze, sowie auch Habitusbilder erwachsener Tiere, ihrer Eier und Larven darstellen.

Leider ist es nicht möglich, in der gedrängten Kürze eines Referates auf die Fülle der interessanten biologischen und ökologischen Einzelheiten einzugehen, die in dieser Arbeit enthalten sind. Wir möchten hier lediglich bemerken, daß nicht nur der Spezialist und Systematiker, sondern auch der Biologe und Tiergeograph bei der eingehenden Lektüre dieses Werkes voll auf seine Rechnung kommen wird, da die Lebensweise der einzelnen Arten und die Art ihrer geographischen Verbreitung stets im engsten Zusammenhang mit der Natur der Aufenthaltsorte behandelt wird. Abschnitte, wie die über *Triturus torosus* (RATHKE), *Dicamptodon ensatus* (ESCHHOLTZ), den größten Molch Nordamerikas, und *Aneides lugubris* (HALLOWELL), der seine Eier oft hoch über dem Erdboden in die Höhlungen von Eichen legt und bewacht und ein nicht unbedeutendes Klettervermögen besitzt, haben auch für Zoologen, die der Systematik fernstehen, Interesse.

LORENZ MÜLLER.

Geophysikalische und geographische Mitteilungen.

Die Normannenkultur in Grönland. Schon um das Jahr 920 soll der Normanne GUNBJÖRN Grönland entdeckt haben, aber erst 985 begann die Besiedlung des Landes durch Erich den Roten. Die Normannen, die von und über Island nach dem „grünen Lande“ zogen, siedelten sich hauptsächlich in 2 Kolonienkomplexen an, der „Österbygd“, westlich der Südspitze im heutigen Distrikt Julianehaab, und der „Vesterbygd“ weiter nördlich im heutigen Distrikt Godthaab. Aber während die meisten Siedler ihre Wohnsitze in den geschützten Meeresbuchten der Fjorde wählten, bevorzugte HERJOLF BAARDSON als Einziger die Lage an der offenen See. Dieser nach ihm *Herjolfsnes* benannte Platz ist das heutige Narssarmit, der südlichste Punkt des grönländischen Festlandes westlich von Kap Farvel, ziemlich genau unter dem 60. Grad nördlicher Breite. Herjolfsnes bot sehr günstige Bedingungen für Jagd wie für Fischerei und hatte zugleich einen Hafen, der sowohl von Normannen, als auch von Händlern anderer Nationen häufig besucht wurde, so daß es sich zu einem wichtigen Handelsplatz entwickelte.

Der grönländische Freistaat kam 1261 unter die Herrschaft der norwegischen Krone, von der er schon längst ökonomisch abhängig geworden war, und die norwegische Hafenstadt Bergen galt als Hauptsitz des Handels und Verkehrs mit Grönland. Im 14. Jahrhundert jedoch wurde Bergen von der Pest und Bränden heimgesucht, es verlor seine glanzvolle Stellung, und so kam es, daß die Schifffahrt nach Grönland allmählich aufhörte. Moderne Historiker sind der Meinung, daß etwa um 1410 jeder Verkehr mit den normannischen Volksgenossen jenseits des Atlantischen Ozeans abgebrochen wurde und die Kunde von dem fernen Lande in Vergessenheit geriet.

Erst der Engländer FROBISHER entdeckte Grönland 1576 von neuem, und als JOHN DAVIS 1585 das Land besuchte, waren die alten Normannen ausgestorben und Eskimos an ihre Stelle getreten. Eine neue Kolonisation begann mit der 1721 erfolgten Übersiedelung des Landpfarrers HANS EGEDE, und heute ist Grönland, dank der hervorragenden Forschertätigkeit dänischer Gelehrter, das bestbekannte aller Polarländer und dank der ver-

ständnisvollen Behandlung durch die dänische Regierung, die in wahrhaft väterlicher Weise die Interessen der eingeborenen Bevölkerung wahrnimmt, das bestverwaltete Kolonialland der Erde.

Neben den zahlreichen physikalischen und geographischen Problemen, die das merkwürdige, seit der Eiszeit größtenteils unter Gletschermassen begrabene Land darbietet, hat auch die Frage nach der Ursache des Aussterbens der alten Normannenbevölkerung die Grönlandforscher vielfach beschäftigt. Bei den Eskimos, die keine Schriftsprache hatten, waren Überlieferungen erhalten, nach denen sie die Normannen in blutigen Schlachten besiegt und schließlich ausgerottet hätten, eine Anschauung, die auch in Europa vielfach geteilt wurde, obgleich es recht unwahrscheinlich klingt, daß jenes kleingewachsene Polarvolk den kraftvollen Normannen überlegen gewesen sein sollte. Andere waren der Meinung, daß eine Vermischung der wenigen Normannen mit den zahlreichen Eskimos eingetreten sei, der Eskimotyp die Oberhand gewonnen hätte, und die germanische Rasse in der des Polarvolkes aufgegangen wäre. Eine dritte Hypothese führt das Verschwinden der Normannen auf eine Degeneration zurück, für welche das unwirtliche Klima, die schwierigen Lebensbedingungen und, nach dem Aufhören der Verbindung mit den europäischen Volksgenossen, auch die Inzucht verantwortlich zu machen sei.

Nur eine gründliche Untersuchung der noch vorhandenen Überreste aus jener alten Normannenzeit konnte diese und manche andere noch offene Frage beantworten. Nachdem Ausgrabungen, die man im Jahre 1840 bei Herjolfsnes veranstaltet hatte, ergebnislos geblieben waren, sandte die dänische „Kommission for Ledelsen af de geologiske og geografiske Undersøgelser i Grönland“ im Verein mit dem „National Museum“ eine archäologische Expedition unter der Leitung von Dr. POUL NÖRLUND aus, welche im Juli und August 1921 mit großem Erfolg bei Herjolfsnes tätig war und ihre Resultate in einem stattlichen Bande (Meddelelser om Grönland, København, 1924, Bd. 67. 547 Seiten. 204 Abbildungen im Text. 87 Tafeln.) veröffentlicht hat.

Das Werk enthält drei umfangreiche Abhandlungen: 1. Buried Norsemen at Herjolfsnes, an archaeological and historical study by POUL NÖRLUND, Ph. D. of the National Museum Copenhagen, 2. Interpretation of the Runic Inscriptions from Herjolfsnes by FINNUR JÓNSSON, Ph. D. Professor of Norse Philology Copenhagen, 3. Anthropologia medico-historica Groenlandiae antiquae I. Herjolfsnes by FR. C. C. HANSEN, M. D. Professor of Anatomy Copenhagen.

Neben den historischen und philologischen Ergebnissen enthält das Werk eine so große Fülle von naturwissenschaftlichen Resultaten, daß hier nur kurze Hinweise gegeben werden können. Einen ausführlicheren Bericht über die Ergebnisse hat WILLIAM HOVGÅRD unter dem Titel „The Norsemen in Greenland“ veröffentlicht (Geographical Review, New York, 15, Nr. 4, S. 605–616, Oktober 1925).

Auf dem ehemaligen Kirchhof von Herjolfsnes wurden die Überreste von 110 bis 120 Bestattungen aufgedeckt. Da das Land keinen Baumwuchs aufweist und Bretter aus Europa eingeführt werden mußten, so sind offenbar nur wohlhabende Personen in Särgen beigesetzt worden. Darauf dürfte es zurückzuführen sein, daß viele Leichen in den von ihnen getragenen Gewändern direkt in die Erde gelegt wurden. Gerade bei diesen aber haben sich nicht nur die Kleider überraschend gut erhalten, sondern auch Teile der Skelette, während die Leichen in den Särgen meist vollständig vermodert waren. Die Gewänder der Männer wie der Frauen bestanden aus einem, vom Hals bis zu den Knöcheln reichenden, unten faltigen Rock mit langen oder kurzen Ärmeln, der aus Schafwolle als Körper gewebt war. Viele fand man so gut erhalten, daß ihre Schnittmuster rekonstruiert werden konnten, die neben den Photographien der Kleider in dem Werke wiedergegeben sind. Die Farbe war schwarz oder braun; Schuh und Kette hatten mitunter verschiedene Farben. Die Kostüme lassen keine Anpassung an das arktische Klima erkennen; auch macht sich keine Spur eines kulturellen Einflusses der Eskimos bemerkbar. Fellkleider wurden nicht gefunden. Man darf daher annehmen, daß es sich um direkte Nachahmungen der damals in Skandinavien üblichen Tracht handelt, und der Wert dieser Funde von Herjolfsnes wird noch dadurch erhöht, daß in Europa aus jener Zeit des vierzehnten Jahrhunderts keine europäischen Kleidungsstücke mehr vorhanden sind.

Als Kopfbedeckung diente eine Kapuze, die etwa 60 cm hoch war, so daß sie auch noch die Schultern umhüllte, und hinten einen vom Kopfstück lang herunterhängenden Gurt hatte, der wahrscheinlich um den Hals geschlungen wurde.

Ein getreues Bild von dem Körperbau der grönländischen Normannenbevölkerung liefert die sorgfältige Untersuchung der Skelettreste von 25 Individuen. Überraschend ist zunächst die Feststellung einer viel geringeren Körpergröße als man vermutet hatte, nämlich 138–145 cm bei den Frauen, 153 bis 162 cm bei den Männern. Von Krankheitserscheinungen waren erkennbar: Rachitis, Tuberkulose, Beckendeformation, Skoliose, Kyphoskoliose, sowie auffällige Asymmetrien der Extremitäten. Bemerkenswert ist auch das jugendliche Alter, das bei 14 von den 25 Individuen unter 30 Jahren blieb. Aber auch die übrigen konnten nur wenig älter gewesen sein, und jedenfalls ließen sich in keinem einzigen Fall Symptome eines beträchtlich höheren Alters feststellen.

Die Zähne zeigten keine Spur von Caries oder Skorbut, wohl aber überaus starke Abnutzung, was darauf hindeutet, daß die ursprüngliche tierische Nahrung durch

vegetabilische ersetzt wurde, was in diesen Gegenden ein untrügliches Zeichen von Nahrungsmangel ist. Es gelang Professor HANSEN nach einer neuen Methode aus dem besterhaltenen Schädel ein Porträt der betreffenden Person zu rekonstruieren. Das Resultat war ein Typus, der dem bekannten Habitus der nordischen Völker entspricht. HANSEN faßt die Ergebnisse seiner Untersuchungen dahin zusammen, daß die kraftvolle nordische Rasse, die ursprünglich Grönland kolonisierte, im Laufe der Jahrhunderte einem Degenerationsprozeß unterlag, der durch die harten und ständig sich verschlechternden Lebensbedingungen verursacht wurde, zu denen noch andere ungünstige Begleiterscheinungen kamen, ganz besonders die völlige Isolierung, welche in intellektueller, materieller und rassenhygienischer Beziehung verderblich wirken mußte. So entstand schließlich eine kleine schwächliche Rasse, die manche Defekte und pathologische Erscheinungen aufwies. Die Verminderung der Körpergröße ist ein typisches Beispiel für den wohlbekannten Einfluß der chronischen Unterernährung, welcher sich namentlich bei der Entwicklung der Kinder geltend macht, wenn die ungünstigen Bedingungen über mehrere Generationen hin fortauern. Die verschlechterte Rasse konnte sich den einwandernden, an die Polarnatur gewöhnten Eskimos gegenüber nicht behaupten, sondern mußte zugrundegehen, nachdem jeder Verkehr mit Europa aufgehört hatte und somit die, für eine gesunde Weiterentwicklung notwendige Blutauffrischung unterbunden war.

Hervorgehoben muß aber werden, daß kein Schädel irgendwelche Anzeichen erkennen ließ, die auf die Möglichkeit einer Kreuzung mit der Eskimorasse schließen läßt, so daß also eine solche Blutmischung nicht für den Untergang der Normannen verantwortlich gemacht werden kann.

Dagegen scheint noch eine andere Ursache in hervorragendem Maße mitgewirkt zu haben, auf die schon öfter hingewiesen worden war, die aber bisher von den zuständigen Fachgelehrten abgelehnt wurde, nämlich eine Verschlechterung des Klimas. Im allgemeinen wird von meteorologischer Seite bestritten, daß eine nachweisbare Verschlechterung des Klimas in historischer Zeit eingetreten sei, aber die Ausgrabungen in Herjolfsnes haben doch manche Tatsachen an das Licht gebracht, die auf eine merkliche Abnahme der Temperatur hindeuten.

Die größte Beweiskraft dürfte dem guten Erhaltungszustand der ausgegrabenen Holzteile und der wollenen Gewänder zukommen, die in dem Kirchhof von Herjolfsnes 500 Jahre lang gut konserviert wurden, trotzdem die aus Kiesen und Sanden bestehende Bodenart dafür nicht besonders geeignet ist. Die Erhaltung ist jedoch darauf zurückzuführen, daß die betreffenden Bodenschichten durchweg in allen Jahreszeiten gefroren sind, was die Ausgrabungen sehr erschwerte. Als man die Leichen begrub muß der Boden, wenigstens im Sommer, frostfrei gewesen sein. Dieses beweisen auch die zahlreichen pflanzlichen Wurzelfasern, welche selbst die am tiefsten gelegenen Särge und Gewänder durchsetzt haben, was nur in eisfreiem Boden möglich war. Solche Befunde lassen sich nicht anders erklären, als durch die Annahme, daß das Klima im Laufe der Jahrhunderte erheblich kälter geworden ist.

Dafür sprechen auch die Wanderungen der Eskimos, deren Lebensweise als Seehundsjäger sie zwingt den Robben zu folgen, die an das Vorkommen von Treibeis gebunden sind, da sie in eisfreiem Wasser nicht gedeihen. Als die Normannen nach Süd-Grönland kamen gab es dort keine Eskimos, wohl aber Spuren ihrer früheren Anwesenheit. Sie hatten sich damals nach

Norden zurückgezogen, kehrten jedoch im Laufe des 13. Jahrhunderts nach Süden zurück. Um die Mitte jenes Jahrhunderts dürften sie bis zur Insel Disko (etwa 70° Nord) gekommen sein; doch im 14. Jahrhundert drangen sie weiter in das Normannengebiet vor, welches sie um die Mitte des Jahrhunderts okkupiert haben dürften. 100 oder 200 Jahre später bewohnten sie dann schon die ganze Westküste bis zur Südspitze, Kap Farvel. Man darf daraus schließen, daß um das Jahr 1000 das Treibeis an jenen Küsten sich ziemlich weit nordwärts zurückgezogen hatte, was auch durch das Fehlen jeder Erwähnung von Eis als Schifffahrtshindernis in den isländischen Berichten über die damaligen Grönlandfahrten bestätigt wird. Um 1130 wird zum ersten Male das Vorkommen von Eis in der Nähe der Ansiedelungen erwähnt. Mit der Zunahme der Eisblockade ist dann auch die Temperatur gesunken, wobei dahingestellt bleibt, was als Ursache und was als Wirkung anzuspochen ist. Auf ein milderes Klima in der ersten Zeit der Kolonisation deutet auch das Züchten von Vieh hin, sowie die Versuche zum Anbau von Getreide. Noch der, vom Beginn des 13. Jahrhunderts datierende, norwegische „Konungs skuggsjá“ (Königsspiegel) enthält Angaben über die großen und guten Farmen in Grönland mit Rindvieh- und Schafherden, sowie über reichliche Produktion von Butter und Käse.

Eine Erklärung für diese Klimaänderung glaubt NÖRLUND in einer, von dem schwedischen Geophysiker und Hydrographen O. PETERSSON neuerdings aufgestellten Hypothese zu finden. In seiner letzten Arbeit darüber (Innere Bewegungen in den Zwischenschichten des Meeres und der Atmosphäre. *Nova Acta reg. soc. scient. Upsaliensis*, Upsala, Ser. 4, 6, Nr. 2. 1923), schreibt PETERSSON die Verschlechterung des Klimas einer Änderung in der ozeanischen Zirkulation zu, die ihrerseits durch kosmische Vorgänge verursacht wird. Nach seiner Darstellung sind die Anziehungskräfte von Sonne und Mond am größten, wenn bei beiden Himmelskörpern Erdnähe und Deklination ihre Maxima erreichen. Diese Konstellation tritt in Perioden von etwa 1850 Jahren ein und kam zuletzt im Jahre 1433 vor. In jener Periode maximaler kosmischer Einwirkung erfolgte eine Verstärkung der Gezeitenbewegungen des Meerwassers, ein Aufbrechen der arktischen Eismassen und deren Vorstoß nach Süden, natürlich nicht im Sinne einer plötzlichen Katastrophe, sondern in dem einer allmählichen Verschiebung, wie sie einem periodischen Vorgang von so langer Dauer entspricht.

So haben die Ausgrabungen von Herjolfsnes nach vielen Richtungen hin wertvolle Resultate auf verschiedenen naturwissenschaftlichen Gebieten gezeitigt. Ihre technische Durchführung sowohl, wie die gründliche, von echtem wissenschaftlichen Geist durchdrungene Bearbeitung der Funde bilden ein neues Ruhmesblatt in der Geschichte dänischer Grönlandforschung.

Spitsbergen Papers. Vol. I. Scientific Results of the First Oxford University Expedition to Spitsbergen (1921). Oxford University Press, 1925.

Im Herbst 1920 wurde von Angehörigen der Universität Oxford der Plan einer Expedition nach Spitsbergen gefaßt, die ursprünglich nur das Vogelleben dieses arktischen Archipels erforschen sollte, deren Ziele sich aber dann auch auf andere Wissenschaften richteten. Dieser ersten Spitzbergenfahrt, auf welcher auch die Bäreninsel besucht wurde, folgten 1923 und 1924 weitere Unternehmungen, von denen namentlich die letztere durch Verwendung von Flugzeugen und Überquerung völlig unbekannter Gebiete eine größere Bedeutung gewann.

Die Berichte der einzelnen Expeditionsteilnehmer sind in den verschiedenartigsten Zeitschriften sowohl allgemeinen Inhalts, als auch geologischen, geographischen, biologischen, botanischen, und zoologischen veröffentlicht worden.

Es war daher ein glücklicher Gedanke des Komitees, die Separatabdrücke aller Abhandlungen, die sich auf die Ergebnisse der ersten Reise im Jahre 1921 beziehen, zu vereinigen und als Sammelband herauszugeben. Er enthält nicht weniger als 33 Einzelberichte, deren abgekürzte Titel hier angeführt seien:

R. A. FRAZER, Topographical Work. J. S. HUXLEY and N. E. ODELL, Surface Markings. V. S. SUMMERHAYES and C. S. ELTON, Ecology. J. H. ORTON, Rate of Growth. JOHN WALTON, A Spitsbergen Salt Marsh. H. SANDON, Protozoa. J. S. HUXLEY, *Colymbus stellatus*. G. J. VAN OORDT and J. S. HUXLEY, Red-throated Diver. A. H. PAGET WILKES, Glaucous Gull. F. C. R. JOURDAIN, The Birds of Spitsbergen and Bear Island. F. C. R. JOURDAIN, Birds of Spitsbergen. A. H. PAGET WILKES, Turnstone. F. C. R. JOURDAIN, Barnacle Goose. R. KIRKPATRICK, *Rhizomolgula globularis*. F. W. EDWARDS, Diptera Nematocera. J. E. COLLIN, Diptera. JAMES WATERSTON, Hymenoptera Parasitica. F. D. MORICE, Saw-flies. GEORGE H. CARPENTER and MISS K. C. JOYCE PHILLIPS, Collembola. JAMES WATERSTON, Mallophaga. A. RANDELL JACKSON, Spiders. CHAS. D. SOAR, Hydracarina. J. E. HULL, Land Mites (Acari). J. STEPHENSON, Oligochaeta. PIERRE FAUVEL, Annelides Polychètes. DAVID BRYCE, Rotifera. H. A. BAYLIS, Parasitic Worms. W. WATSON, Liverworts. H. N. DIXON, Mosses. ROBERT PAULSON, Lichens. B. MILLARD GRIFFITHS, Tetradroides spetsbergensis. GEORGE SLATER, Nordenskiöld and Neighbouring Glaciers. APPENDIX, Polyzoa, Tunicata, and Hydrida.

Eine Reihe von Diagrammen, schönen Abbildungen, Tafeln und Kartenskizzen veranschaulichen hauptsächlich die Landesnatur, die Gletscherstruktur, die rätselhafte Anordnung des Gesteinsschuttes in regelmäßigen Figuren (sog. Polygonboden) und das Vogelleben. Die Bereicherung unserer Kenntnis von den Lebensbedingungen auf Spitzbergen und der Bäreninsel schon durch diesen ersten Band ist so groß, daß man mit Spannung dem Erscheinen des zweiten entgegenseht, welcher die Arbeiten der Expeditionen von 1923 und 1924 zusammenfassen soll.

Isoonenkarte vom Deutschen Reich nach den Ergebnissen der neueren magnetischen Messungen für die Epoche 1925 entworfen von KARL HAUSSMANN. 1 : 2 000 000. 65 × 54 cm. Hergestellt von der Reichskartenstelle des Reichsamtes für Landesaufnahme, Berlin 1925. Kommissionsverlag: Robert Kiepert, Charlottenburg 2. Preis 1 Goldmark.

Über den Wert der erdmagnetischen Deklination oder Mißweisung, d. h. der Abweichung der Richtung einer Kompaßnadel von der wahren Nord-Südrichtung herrscht vielfach große Unklarheit, die durch falsche oder unvollständige Angaben in physikalischen und geographischen Lehrbüchern genährt wird. Die Tatsache, daß dieser Wert von etwa 10° West an der Westgrenze Deutschlands bis 0° an der Ostgrenze abnimmt und sich außerdem noch um etwa ein Fünftel Grad jährlich vermindert, ist auch vielen Naturforschern unbekannt.

Ihre Erklärung findet diese bedauerliche Unkenntnis in dem Mangel an zuverlässigen und leicht zugänglichen Orientierungsmöglichkeiten. Im Jahre 1909 veröffentlichte ADOLF SCHMIDT (Potsdam) die ersten Karten der drei wichtigsten erdmagnetischen Elemente für Nord-

deutschland (Abhandl. d. Kgl. Preuß. Meteorolog. Inst., 3, Nr. 4), die 1914 in der abschließenden Publikation noch einmal herausgegeben wurden (ebenda 4, Nr. 12). KARL HAUSSMANN hat sie dann für ganz Deutschland erweitert und auf die Epoche 1912 gebracht (PETERMANN'S Mitteilungen 1913, H. 1, 2 und 3). Eine weitere Karte, die nur die geographische Verteilung der erdmagnetischen Deklination in Linien gleicher Mißweisung (Isogonen) über Deutschland für 1921 angibt (PETERMANN'S Mitteilungen 1922, Septemberheft) ist besonders wichtig, weil sie auch die Verschiedenheit der Säkularänderung innerhalb Deutschlands berücksichtigt. Alle diese Karten waren in Zeitschriften erschienen, wodurch ihr Vertrieb und ihre Benutzbarkeit erschwert wird.

Mit Freude dürften daher alle Naturwissenschaftler die Veröffentlichung einer neuen Isogonenkarte als selbständige Publikation begrüßen, die eine allmählich unerträglich gewordene Lücke in dem geophysikalischen Arbeitsmaterial ausfüllt, und für die dem Bearbeiter der wärmste Dank gebührt, ebenso wie für den erläuternden Aufsatz (K. HAUSSMANN: Isogonenkarte des Deutschen Reiches für die Epoche 1925, 5. Zeitschr. f. Geophysik, Braunschweig 1925, Jg. I, S. 129–133), der mit erschöpfenden Literaturangaben versehen ist.

Die Isogonen sind mit roter Farbe, meist in Abständen von $0,1^\circ$ zu $0,1^\circ$, dagegen in Störungsgebieten, von denen namentlich das ostpreußische besonders stark hervortritt, vielfach in größeren Wertabständen eingetragen.

Es kann keine bessere Empfehlung für die Karte geben als den Aufsatz, in dem die erste Autorität auf dem Gebiet des Erdmagnetismus, ADOLF SCHMIDT, Potsdam, auf diese Karte und ihre Vorzüge hinweist (Geographischer Anzeiger 26, H. 9/10. 1925. Gotha), daneben aber noch wichtige Mitteilungen von allgemeinerem Interesse macht. Wir erfahren durch ihn z. B., daß die jährliche Abnahme der westlichen magnetischen Deklination in Potsdam zu Beginn unseres Jahrhunderts wenig über $4'$ betrug, während sie jetzt fast $12'$ erreicht. Wenig bekannt dürften auch die älteren Werte der Mißweisung für Berlin sein, die eine gute Anschauung von der Änderung geben, welche die Richtung der Magnetnadel seit zwei Jahrhunderten erlitten hat. Die Abweichungen des Nordendes der Kompaßnadel aus der astronomischen Nordrichtung nach Westen betrug:

1725	$11,5^\circ$	1800	$18,4^\circ$	1875	$12,3^\circ$
1750	$15,2^\circ$	1825	$17,6^\circ$	1900	$10,0^\circ$
1775	$17,8^\circ$	1850	$15,6^\circ$	1925	$6,4^\circ$

Es bedarf wohl kaum des ausdrücklichen Hinweises, daß die Angaben der HAUSSMANN'Schen Karte nicht nur für die Epoche 1925 brauchbar sind, sondern daß sie auch für spätere Jahre benutzt werden können, wenn man die bis dahin eingetretene Säkularänderung berücksichtigt, indem man bis auf weiteres mit einer jährlichen Abnahme der westlichen Deklination um $0,2^\circ$ rechnet.

O. BASCHIN.

Unsere Lücken in den Kenntnissen über die Tiefenverhältnisse der Seen. In Europa klaffen die größten Lücken in der Halbinsel Kola, der östlich an Finnland grenzenden Landschaft Karelän, in Finnland selbst, wo der Enaresee, der mehr als doppelt so groß wie der Genfersee ist, eine beinahe vollkommene Aqua incognita ist, sodann im Gebiet des Irischen Freistaates, der noch zahlreiche über 20 qkm große Seen enthält, deren Tiefenverhältnisse bisher unbekannt geblieben sind. Auch von den Seen der griechischen Landschaft

Ätolien sind unsere Kenntnisse noch sehr lückenhaft. Noch keine Tiefenkarten besitzen wir auch von zahlreichen tiefen Seen Norwegens. In den europäischen Hochgebirgen harren noch immer eine große Zahl kleinerer Seen ihrer Auslotung.

Von den ganz großen Seen Afrikas sind die Tiefenverhältnisse des Viktoriasees, Nyassasees und Tanganjikasees bisher nur in allgemeinen Umrissen bekannt. Tiefenangaben des Albertsees, des Kiwusees, des Edwardsees, des Leopold II-Sees und des Tumbasees fehlen bisher gänzlich, ebenso von den Seen, die sich vom Rudolfsee bis in das Herz Abessinien erstrecken. Der Tanasee, der Quellsee des blauen Sees, ist nur sehr oberflächlich bekannt. In den Hochländern Ostafrikas gibt es noch eine ganze Reihe unausgeloteter kleinerer Seen.

In Asien wissen wir von den Tiefenverhältnissen des 3400 qkm großen Wanasees in Armenien und des halbsogroßen Tengrinor in Zentralasien bisher so gut wie nichts. Groß ist die Zahl der Seen, in denen zwar einzelne Lotungen unternommen wurden, welche aber zur Herstellung einer Tiefenkarte nicht im geringsten ausreichen. Dazu gehören z. B. der Urmiassee, der Innykkul, der Kobogol, der Tobasee auf Sumatra. Die Tiefenkarte des Toten Meeres, für welches die letzten Lotungen etwa 100 Jahre zurückliegen, ist sehr verbesserungsbedürftig. Für den Chankasee in der Mandchurei, den Ubanor in der Mongolei, die kleinasiatischen Süßwasserseen Egerdir, Buldugil liegen keinerlei Lotungen vor, obwohl keiner von ihnen unter 100, einige beinahe 1000 qkm groß sind. In den zahlreichen tiefen Seen Tasmaniens und Neuseelands sind zwar Lotungen gemacht worden, aber nur von einigen sind bisher Tiefenkarten vorhanden, obwohl sie technisch zum Teil schon ausgenutzt werden.

In Amerika klaffen die größten Lücken im äußersten Norden und im äußersten Süden. Hier sind es die großen, an der chilenisch-argentinischen Grenze gelegenen Seen Buenos-Aires, Argentino, St. Martin, Viedma, für welche nur wenige dürftige Angaben bisher vorliegen, dort harren vor allem die 30 000 qkm großen Seen, der Gr. Sklavensee und der Gr. Bärensee näherer Untersuchung. Aber auch auf den, dem nordamerikanischen Kontinent vorgelagerten, Inseln und auf der Halbinsel Labrador gibt es noch zahlreiche Aquae incognitae und selbst für manche Seen der Vereinigten Staaten, wie z. B. für die tiefen Seen Tahoe und Chelan, für den Atitlan in Guatemala, den Chapalasee in Mexiko sind unsere Kenntnisse so dürftig, daß sie zu einer Tiefenkarte nicht zureichen. Das gleiche gilt übrigens auch für viele Seen des mittleren und nördlichen Chile.

So gibt es in allen Teilen der Erde noch ein reiches Feld zur Betätigung seenkundlicher Arbeit auf dem Gebiet der Morphologie, das naturgemäß nur nach und nach wird beackert werden können, und es wäre sehr erwünscht, wenn diese kurze Darstellung den einen oder den anderen Jünger der Geographie veranlassen würde, seine Arbeitskraft diesem Gebiete zuzuwenden, und möchte zum Schluß nur noch die Bitte aussprechen, es möchten die Verfasser von Artikeln in Lexicis und von geographischen Hand- und Schulbüchern bei ihren Angaben über Tiefenverhältnisse von Seen doch die schon vorhandene Literatur besser berücksichtigen, als dies bisher häufig geschehen ist. Ich glaube, daß sie in meinem, als Ergänzungsheft zu PETERMANN'S Mitteilungen 1922 erschienenen Werk „Die Seen der Erde“ ein Material finden werden, das wenigstens den damaligen Stand unserer Kenntnisse nach dieser Richtung einigermaßen vollständig wiedergibt. W. HALBFASS.

Aufgaben der Anthropologie, menschlichen Erblchkeitslehre und Eugenik¹⁾.

VON EUGEN FISCHER, Freiburg i. Br.

Meine Herren! Gern komme ich der Aufforderung nach, in Ihrem Kreise einige Worte über Zweck, Bedeutung und Aufgabe eines Forschungsinstitutes für Anthropologie, Erblchkeitslehre und Eugenik zu sagen²⁾. Der Inhalt der Anthropologie, wie sie heute aufgefaßt wird, hat sich im Laufe der letzten Dazennien ganz erheblich verschoben und geändert. Wenn man auf die Zeit zurückblickt, die etwa an den glänzenden Namen RUDOLF VIRCHOWS gebunden ist, so sind wir von jener Art der Forschung, die sich größtenteils auf Messungen und die Verarbeitung dieser Messungen stützte, ganz erheblich abgerückt, abgerückt dadurch, daß sich die Anthropologie nach zwei Richtungen stärker entwickelt und entfaltet hat: einmal eine Erweiterung nach der biologischen Seite und zum anderen nach der Richtung hin, die wir als „Sozialanthropologie“ bezeichnen können, und diese beiden Zweige neigen sich in ihren Enden doch wieder aufs engste zusammen und bilden ein Eins. Vielleicht darf ich einfach in ein paar Zügen den wesentlichen Inhalt dessen, was heute anthropologische Forschung will, kurz skizzieren: dann wird sich die Bedeutung dieser Forschung ganz von selbst ergeben, auf sie braucht man dann nicht mehr besonders hinzuweisen.

Anthropologie und Erblchkeitslehre sind untrennbar voneinander geworden. Unsere ganze Auffassung von den einzelnen menschlichen Varietäten, von allem dem, was wir vom Menschen wissen, ist durch das geniale Werk GREGOR MENDELS unendlich befruchtet worden. Die Ergebnisse, die Botaniker und Zoologen und dann die auf die Krankheiten des Menschen eingestellte Vererbungsforschung auf medizinischem Gebiet herausgebracht haben, bewirkten, daß man nun auch auf den ganzen Ablauf der Erscheinungen normaler menschlicher Merkmale und Eigenschaften die Anwendbarkeit dieser Vererbungsregeln prüfte und sie dann feststellte.

Es ist heute unmöglich, von menschlichen Rassen etwa einfach nur nach der morphologischen Seite zu sprechen. Wenn ich es allgemeinverständlich in zwei Worten ausführen darf: es ist unmöglich, etwa das bekannte GÜNTHERsche Buch zu

lesen, in dem sehr viele ausgezeichnete Beobachtungen und vorzügliche Ausführungen neben stark tendenziösen Dingen stehen, und dann zu meinen: wenn ich jetzt etwas von der Schädelform und der Haar- und Augenfarbe und sonst noch ein paar Dinge kenne, kann ich ohne weiteres Rassendiagnosen stellen! Es bestehen eben unendlich viel *mehr* Faktoren, die Einzelmenschen und Gruppen von Menschen zu dem machen, was sie wirklich sind.

Wir kennen heute so einigermaßen und in den Anfängen wenigstens eine Reihe von Einflüssen innerer Art, die abseits von Rassegeschehen — wenn ich so sagen darf — auf die Ausgestaltung des Menschen wirken. Ich deute nur an: Einflüsse der inneren Sekretion, also der chemischen Säfte gewisser Drüsen, die wir im Körper haben, die für das Wachstum, für die Ausgestaltung von Einzelheiten von eigenartiger Bedeutung sind und von deren Zusammenhang mit Vererbung und Rasse wir heute eigentlich noch nichts wissen. Es ist möglich, daß auch Rassenvererbung auf dem Umweg über solche Drüsen geht: Erhebungen darüber fehlen aber noch so gut wie ganz. Aber wenn gerade ich persönlich, dem man wirklich, glaube ich, nicht nachsagen kann, daß er die Einflüsse der Vererbung gering einschätzt, mir erlaube zu betonen, daß Vererbung bei der Frage nach den menschlichen Rassen, also in der gesamten Anthropologie, nicht das Alpha und Omega ist, sondern daß es neben Vererbung noch andere Einflüsse sind, die auf den Menschen wirken, so möge man daraus erkennen, wie schwierig das ganze Problem ist. Ich habe vorgeschlagen, alle diese Einflüsse, die von außen auf die Bildung der Geschöpfe — Pflanzen, Tiere und Menschen — kommen, als peristatische Einflüsse zu bezeichnen — peristatisch von *περίστασις*, „die Umstände“, im weitesten Sinne des Wortes —, und stelle diese peristatischen Einflüsse neben den Vererbungseinfluß. Anthropologie ist nicht nur Erblchkeitslehre, sondern muß gerade auch diese peristatischen Einflüsse prüfen. Um Ihnen mit einem Beispiel zu zeigen, wo das hinaus will: Der bekannte amerikanische Anthropologe — auch ein Gönner von uns in schwerer Zeit — FRANZ BOAS hat gezeigt, und meiner Meinung nach einwandfrei gezeigt, daß Ostjuden, die in New York eingewandert sind, in der zweiten Generation, also schon in der ersten dort geborenen Kindergeneration, eine deutliche Veränderung ihrer Schädelform zeigen, und daß umgekehrt Süditaliener, Sizilianer und Neapolitaner, die nach New York gezogen sind, ebenfalls in derselben Zeit eine starke Umänderung erfahren, und zwar in entgegengesetztem Sinne wie die ersteren. Das gibt doch ganz un-

¹⁾ Vortrag, gehalten gelegentlich der Senatssitzung der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften am 19. Juni 1926.

²⁾ Bei der beschränkten Zeit konnte das Thema nicht erschöpfend behandelt werden, auf vieles wurde verzichtet; um Beispiele zu nennen: auf die Blutgruppenuntersuchung, stammesgeschichtliche Probleme, Frage der Sterilisation und anderes. Ebenso mußte jede Literaturnennung unterbleiben.

geheuer zu denken. Gerade die Frage der jüdischen Bevölkerung, die unter nichtjüdischer lebt, ist ein Problem, das anthropologisch jenseits von allen tendenziösen Einstellungen wirklich ernsthaft in Angriff genommen werden muß. Wir wissen heute darüber einzelne ganz wenige Angaben. Wir wissen, daß Juden, die eine oder zwei Generationen ohne jede Blutmischung in England lebten, anders gestaltet, schlanker im Körperwuchs sind als die in Zentraleuropa lebenden. OTTO AMMON hat an der Anthropologie der Badener — Baden ist das einzige Land bei uns, das anthropologisch einigermaßen untersucht ist — festgestellt, daß in jedem badischen Amtsbezirk, wo die Kopfform der Rekruten um ein paar Indexeinheiten länger oder kürzer ist, auch die wenigen jüdischen Rekruten in ihrem Durchschnitt einen etwas kürzeren oder längeren Schädel hatten. Das gibt ganz außerordentlich zu denken! Ich selbst habe vor kurzem Versuche veröffentlicht, im Tierexperiment diesen Fragen nachzugehen. Ich bin ohne weiteres in der Lage, durch Vitaminefütterung oder -mangel bei Ratten die Schädelform der nächsten Generation nach Willkür etwas kurzschädlicher oder langschädlicher zu machen. Es liegt mir fern, von einem solchen Experiment und von einem so außerordentlich starken Eingriff, wie es derartige, sagen wir kurzweg: Vergiftungsexperimente sind, etwa auf normale Einflüsse bei dem Menschen zu schließen. Aber das Experiment muß ja die übertriebensten Bedingungen setzen, um dem normalen Geschehen etwas nahe zu kommen.

Der Hinweis soll genügen.

Wenn ich auf diese Weise den Einfluß peristatischer Faktoren betone, also Umwelt, „Milieu“, sei es natürliches, sei es soziales Milieu usw., wenn ich darauf hinweise, daß es keine einfachen Prozesse sind, wie man es sich gelegentlich etwa zur Zeit von JOHANNES RANKE dachte, daß etwa das Leben im Gebirge den Menschen irgendwie kurzschädlicher mache, sondern daß uns da einstweilen noch vollkommen verborgene Dinge mitspielen können — wir wissen heute noch nicht einmal, warum so viele Gebirgsbewohner Kröpfe haben, und die Frage des Jods ist noch lange nicht gelöst! — wenn ich unterstreiche, daß wir noch keine Ahnung haben, wie weit eine so komplizierte Erscheinung wie das Wachstum eines Schädels von äußeren Einflüssen abhängig oder unabhängig ist, ich sage: wenn ich alle diese Umwelteinflüsse betone, möchte ich doch nicht den falschen Schein erwecken, als ob ich nicht auch die Konstanz der Schädelform, ihr erblich Bedingtes, wie die Erblchkeit der Rassenmerkmale überhaupt anerkennt, jene Konstanz, die uns doch zeigt, daß wir etwa — um irgendein Beispiel herauszugreifen — in der heutigen ägyptischen Bevölkerung Typen, Schädelformen und andere Merkmale haben, die vollkommen identisch sind mit denen, die wir aus irgendwelcher pharaonischen Glanzzeit heute aus dem Boden herausholen, oder Schädeltypen und

Menschentypen bei uns in Zentraleuropa und in Nordeuropa finden, die uralten, prähistorischen vollkommen gleichen. Es gibt eben diese zwei: das eine, was sich vererbt, und das Abgeänderte, was von außen peristatisch bedingt ist. Die beiden auseinanderzuklauben, das Erscheinungsbild zu analysieren, ist wohl eine der größten und ersten Aufgaben, die gerade unsere Anthropologie uns gestellt hat. Das ist das, was man Rassenbiologie nennt.

Aber diese Rassenbiologie bezieht sich nicht nur auf das, was man gewöhnlich Rasse nennt, sondern sie ist eine Biologie des Menschen überhaupt. Vor kurzen Wochen hat der Pathologe RÖSSLE, früher in Jena, jetzt in Basel, eine außerordentlich scharf gefaßte Schrift veröffentlicht, in der er den Nachweis zu erbringen sucht, daß die eigentümliche Wachstumskurve, die wir an europäischen Kindern beobachten, mit Wachstumspause, mit Retardierung des Wachstums und dann ruckweisem Nachholen des Wachsens überhaupt keine normale Kurve ist, er kommt zu der Behauptung, wir kennten überhaupt eine normale Wachstumskurve europäischer Kinder nicht, und zwar deswegen nicht, weil wir das Wachstum aller Kinder durch den Schulzwang, und zwar nach der ungünstigen Seite, beeinflussen: jedes Hineinbringen in die Schule mit dem mehrstündigen Sitzen in geschlossenen Räumen störe den normalen Ablauf des Wachsens. Wenn es so feine Einwirkungen biologischer Art gibt, entsteht für uns eine ungeheure Aufgabe, derartige Probleme in Angriff zu nehmen. Leider sind für die RÖSSLESCHEN Angaben genaue statistische Nachweisungen über das Wachstum von Kindern aus Gegenden unserer Erde, wo es keine Schulen gibt, in genügender Zahl nicht vorhanden. Ich greife nur dieses eine Beispiel heraus, um Ihnen zu zeigen, wie komplex hier die Probleme sind und daß man sich heute unter dem Begriff Anthropologie allerlei vorstellen darf, was weit über einfache Messung und dergleichen hinausgeht.

Zum Begriff Rassenbiologie gehört dann vor allen Stücken die Frage der Kreuzung der einzelnen menschlichen Erblinien, die Kreuzung der menschlichen Rassen selbst. Über Rassenkreuzung sind für unsere europäische Bevölkerung, von der Frage der Haarfarbe und Augenfarbe abgesehen, meiner Ansicht nach in bezug auf keine einzige Eigenschaft wirklich genügende Unterlagen gegeben. Wir wissen einiges wenige etwa über die Art, wie sich bei der Kreuzung menschlicher Erblinien die Nasenform oder Haarform verhält. Man begann mit Beobachtungen bezüglich der Vererbung von Jochbogenbreite und Schädelform. Aber das sind Dinge, die noch lange nicht auf genügend fester Basis stehen. Über die Kreuzung von Europäern und Farbigen sind wir etwas besser unterrichtet. Da sind seit meinen eigenen Bastarduntersuchungen im Jahre 1908 eine Reihe von Angaben gemacht worden. Als Beispiel, wie irrig da immer noch die Allgemeinansicht ist, sei auf die über die Blutkreuzung zwischen dem

jüdischen und nichtjüdischen Bestandteil unserer Bevölkerung hingewiesen. Man hört wohl allenthalben, daß nach einer solchen Mischehe etwa die Enkelgeneration „immer“, wie der Laie sagt, auf den jüdischen Teil der Großeltern zurückschlage. Das ist ganz sicher falsch. Es gibt — das möchte ich schon heute trotz der Mannigfaltigkeit der Grundlagen mit aller Schärfe behaupten — überhaupt keine „Präpotenz“ einer bestimmten Rasse in der Vererbung, es gibt nur dominant und rezessiv sich vererbende Einzelmerkmale. Jene vorhin angedeutete Behauptung aus Laienkreisen hat zwei Quellen des Irrtums: die eine ist die, daß wir psychologisch einen Trugschluß machen — wir übersehen die Fälle, wo nach einer solchen Mischehe die Enkelkinder dem *nichtjüdischen* Teil gleichen oder wo ein Teil dieser Kinder ihm gleicht. Das Entgegengesetzte fällt auf, weil es die Minderheit in unserem gesamten Volke ist, eine für manche Menschen sehr auffällige Minderheit. Nach der Richtung hin machen wir einen psychologischen Trugschluß, daß wir die paar Fälle, die uns imponieren, zählen und die anderen übersehen. Die andere Seite der falschen Behauptung ist damit zu erklären, daß sich tatsächlich scharf erhobene, gebogene Nasen, aber einerlei, ob sie der oder jener Bevölkerung angehören, dominant vererben, nicht aber kurze Stumpfnasen. Wie sich dabei noch allerlei andere physiognomische Einzelheiten vererben, darüber wissen wir nichts, trotzdem an solchem Menschenmaterial die eine oder andere Beobachtung gemacht ist, sie scheinen nicht sicher genug. Ich erwähne das eine Beispiel nur, um Ihnen zu zeigen, daß daran ein bißchen herumgearbeitet worden ist. Wie sich alles andere, wie sich die einzelnen ursprünglichen Rassenbestandteile Zentraleuropas in der Kreuzung verhalten, darüber wissen wir nichts, deswegen nichts, weil keine Männer da sind, die die Zeit und die Möglichkeit haben, sich dieser Forschung wirklich ernst und gründlich anzunehmen. Daß auf anthropologischem Gebiet so ungeheuer viel von Laienseite gemacht wird, teils einigermaßen gut, ab und zu glänzend gut, in der Hauptsache aber als Pfscharbeit, hängt damit zusammen, daß wir bisher auf unseren gesamten deutschen Hochschulen so gut wie gar keine Vertretung der rein somatischen Anthropologie gehabt haben.

Gehen wir von der Anthropologie zur reinen Erblchkeitslehre. Die Anthropologie wird nicht bei der Erforschung menschlicher Eigenschaften haltmachen da, wo man gewöhnlich sagt, es hören normale Eigenschaften auf und fangen krankhafte an. Eine wirkliche Grenze zwischen den beiden gibt es in der Natur nicht. Wir nennen nur bestimmte Eigenschaften, die vom Lebensoptimum weit abgehen, pathologisch oder krankhaft. Wir brauchen eine ausgiebige Erforschung der in unserer Bevölkerung vorhandenen *normalen* und *krankhaften Erblinien*. Von Generation zu Generation erben sich als Segen oder Fluch Anlagen

fort, die eine Generation auf die andere gibt, die sich bei jedem Zusammentreten der beiden Gatten zur Fortpflanzung in dem neuen Wesen neu kombinieren, die aber doch in ihrem Kern, in dem, was sich kombiniert, bestehen bleiben von Generation zu Generation, bis eine solche Kette abreißt und die betreffende Erblinie eben ausstirbt. Hier erheben sich die Fragen nach Zahl und Verbreitung der Erblinien, die etwa Anlagen zu Kretinismus, zu Verbrechertum, zu Idiotie, zu Konstitutionsanomalien, wie Zuckerkrankheit oder Widerstandsunfähigkeit gegen tuberkulöse Infektion und ähnliches enthalten, aber natürlich auch nach der anderen Seite die Fragen nach den Erblinien, in denen besondere Talente stecken, seien es eigenartige, die wir leicht erkennen und deswegen erbtheoretisch relativ einfach verfolgen können, wie etwa musikalische Veranlagung, oder aber sonstige günstige Eigenschaften des Körpers und des Geistes. Wir müssen feststellen, wieviel Erblinien und was für Erblinien überhaupt da sind, die solche Eigenschaften enthalten. Heute ist in der gesamten Medizin die Frage nach dem Konstitutionellen ganz in den Vordergrund gerückt. Man hat lange die Krankheit als solche untersucht, heute untersucht man wieder den Menschen und nicht die Krankheit. Bewußt und absichtlich schiebt man die Konstitution in den Vordergrund. Die Konstitution beherrscht die Krankheit. Gewiß kennen wir einzelne Gesetze: was aber Konstitution schließlich ist, darüber können Sie so viel Meinungen und Antworten hören, wie Sie Autoren fragen. Wenn es Konstitutionen gibt, die zu Krankheiten die Unterlage geben, die den betreffenden Menschen dazu prädisponieren, dann ist es eine Selbstverständlichkeit, daß es umgekehrt auch Konstitutionen geben muß, die von alledem das Gegenteil sind, die den Menschen widerstandsfähig gegen Krankheiten machen müssen. Sie könnten sagen: das sind dann die wirklich Normalen; wenn wir eugenisch ein Werturteil abgeben wollen, müssen wir sagen: das sind die Günstigen. Die reine Anthropologie fällt aber keine Werturteile. Wir werden also einfach untersuchen müssen: Was gibt es für konstitutionelle Dinge, wie ist die Konstitution bedingt? Konstitution ist nun nicht einfach identisch mit Erblchkeit, sondern ist ein Etwas, was auch von anderen Faktoren, vielleicht nur innerhalb des embryonalen Lebens abhängt, aber jedenfalls ein Etwas, das für jeden, der sich um die Bevölkerung eines Landes und Staates kümmert, von unendlicher Wichtigkeit ist. Es ist dringend nötig, die Verbreitung der verschiedenen Konstitutionen festzustellen, etwa die für Tuberkulose oder für Krebs — wenn es für letztere das wirklich gibt, was wir einstweilen nicht wissen —, festzustellen, ob sie sich vererben (ich weiß nicht, ob sich überhaupt etwas Konstitutionelles vererbt), das alles ist ein ganzes Konvolut von einzelnen Problemen, die sich vor dem Anthropologen und Erblchkeitsforscher erheben, wenn man das Wort Konstitution nur aus-

spricht. Wir wissen zum Beispiel noch nicht einmal, ob etwa Blonde oder Brünette zu Krebs oder zu Tuberkulose mehr disponieren. Eine englische Statistik behauptet genau das Gegenteil von dem, was eine deutsche Statistik ergab. Es wäre von unendlicher Bedeutung, zu wissen, ob es etwa tatsächlich möglich wäre, daß die ursprünglichen Rassenkomponenten innerhalb Europas sich in ihrer Widerstandsfähigkeit gegen Krankheiten und in ihrer gesamten konstitutionellen Reaktion gegen irgendwelche Schäden verschieden verhalten, wobei dann schließlich sich noch das Problem erhebt, ob es nicht etwa möglich ist, daß durch die Rassenkreuzung als solche eine Widerstandsunfähigkeit gesetzt ist oder vielleicht umgekehrt eine größere Widerstandsfähigkeit entstehen könnte. Skandinavische Autoren haben darauf hingewiesen, daß Mischlinge zwischen Lappen, Finnen und Schweden gegen Tuberkulose stärker anfällig sein sollen als reine Rassen. Dieselben meinen, daß auch auf geistigem Gebiet durch solche Kreuzungen disharmonische geistige Anlagen entstehen, die den Menschen minderwertig erscheinen lassen. Ob das wirklich der Fall ist, ob das der Nachprüfung an ganz reichem Material wirklich standhält, darüber wage ich einstweilen kein Urteil. Aber auch Sie als Nichtmediziner werden ohne weiteres verstehen und zugeben, wie unendlich wichtig es wäre, wenn wir einigermaßen darüber etwas wüßten, ob nicht jene schweren Krankheiten, die auf unseren Völkern lasten — Krebs, Tuberkulose usw., auf geistigem Gebiet Epilepsie, Imbezillität — nur in einzelnen Erblinien leben oder durch Kreuzung solcher Linien gesteigert werden, ob ferner diskrepante Anlagen zueinander kommen können und disharmonische Individuen entstehen, denen man es äußerlich gar nicht anzusehen braucht, die aber bezüglich gewisser chemisch-physikalischer Eigenschaften, die wir als Schutzkräfte gegen solche Krankheiten haben, disharmonisch veranlagt sind. Über alle diese Dinge wissen wir noch nichts. Der Arzt am Krankenbett, der Leiter eines Krankenhauses kann das nicht im einzelnen verfolgen wie es verfolgt werden muß, weil man weit über das Krankenhaus hinaus die gesamte Bevölkerung, auch die gesunde, normale, mit umfassen muß.

Ich habe versucht, Ihnen damit die Grundlagen von dem zu geben, was heute Anthropologie und Erblchkeitslehre umfaßt. Ich brauche auf Fragen der Erblchkeit sonst im einzelnen nicht einzugehen: ich darf sie als bekannt voraussetzen. Aber nun hat sich, wie ich mich vorhin ausdrückte, neben diesem eben geschilderten biologischen Zweig nach der anderen Seite, befruchtet von Ergebnissen, die Soziologen, Nationalökonomien, Historiker usw. gezeitigt haben, das herausentwickelt, was man Sozialanthropologie nennen kann. Wenn wir, abgesehen etwa von Untersuchungen, die wir an Totenschädeln im Laboratorium machen können, anthropologisch Men-

schen untersuchen, so kommen sie uns niemals auf der Erde als einzelne Individuen entgegen, sondern immer in sozialen Verbänden — soziale Verbände im weitesten Sinne des Wortes gemeint. Gehen wir zu Primitiven und Halbkulturen, so treffen wir sie als Stämme, als kleine Völker, bei Kulturen als Völker, Nationen, Staaten, und innerhalb dieser großen sozialen Verbände die kleineren aller Arten, Klane, Fratrien, Klassen, Kasten, gesellschaftliche Schichten, und was es auch sei. Immer gehört der Mensch zu einem solchen Gebilde. Schöner wäre für die ganze Richtung der Untersuchung das Wort „politische“ Anthropologie im Sinne wie Aristoteles das „politisch“ aufgefaßt hat, daß der Mensch ein *ζῷον πολιτικόν*, ein in Verbänden lebendes Wesen ist. Aber die Bezeichnung „politische Anthropologie“ würde zu derartigen Mißverständnissen führen, daß ich sie selbstverständlich vermeide. Auch das Wort „soziale Anthropologie“ führt schon zu solchen Mißverständnissen, wenn auch vielleicht nicht ganz so stark; aber ich habe keine andere Bezeichnung zur Verfügung.

Es ist mir wohl bewußt, daß die Untersuchung der Lebensgesetze solcher sozialen Gruppen und Verbände Objekt für Soziologen, Nationalökonomien und viele andere ist, und ich will nicht in deren Gehege einbrechen. Aber eine Seite dieses ganzen Problems ist rein biologisch; sie wird der Naturwissenschaftler und Mediziner lösen müssen. Mindestens als berechtigt müssen Sie mir die Frage zugeben: Sollte es nicht möglich sein, daß das Leben des Einzelindividuums, aber auch das Leben der im Einzelindividuum momentan lebenden Erblinie irgendwie durch die Zugehörigkeit zu einem ganz bestimmten sozialen Verbands beeinflusst wird? Dann kann ich aber die Frage sofort umkehren: Sollten nicht die ganzen Lebenserscheinungen der einzelnen sozialen Verbände wesentlich auch durch die körperlichen und geistigen erblichen Eigenschaften derjenigen Individuen beeinflusst sein, die den betreffenden Verband bilden? Diese beiden Probleme sind es, die ich unter dem Begriff „soziale Anthropologie“ zusammenfassen möchte.

Die Untersuchung, wie die Zugehörigkeit zum bestimmten Sozialverband auf das Einzelindividuum wirkt, ist ja Domäne der Hygiene. Die Hygiene versucht ja, das Lebensoptimum für die einzelnen Individuen in ihrem sozialen Verbands, etwa als Wohnungshygiene, Gewerbehygiene, Sozialhygiene usw. festzustellen, aber doch nur für die lebenden Individuen, günstigstenfalls für die folgende und vielleicht für die übernächste Generation; wenn Sie Mutterschaftshygiene und ähnliche Dinge nehmen, ganz gewiß für die folgende Generation. Wir aber wollen weiter: wir wollen nicht nur feststellen, was man hygienisch etwa tun kann oder was die Hygiene uns über Gunst oder Ungunst der Lage aussagen kann, in der sich einzelne Individuen in ihren sozialen Verbänden befinden, sondern wir wollen uns die Frage vor-

legen: Wie wirken solche Einflüsse nicht nur auf das Individuum, sondern auf die ganzen Erblinien, also auf weite, weite Ferne hinaus und von weiter, weiter Ferne her?

Der wichtigste Punkt — ich will die anderen der Kürze halber weglassen — ist dabei die Fortpflanzung. Wirkt die Zugehörigkeit zu bestimmten sozialen Verbänden auf die Fortpflanzung ein? Wenn Sie da auch nur flüchtig hinsehen und bemerken müssen, daß in allen Kulturstaaten (außer China) die Anhäufung von Reichtum — ja schon Wohlhabenheit — in Familien sofort zur Folge hat — ganz objektiv gesprochen —, daß der Kindersegen im Durchschnitt abnimmt, dann hat das ganz gewiß auch rein biologische Wirkungen; auf die nationalökonomischen brauche ich hier nicht einzugehen. Wir sehen, daß das tatsächlich und überall — man möchte sagen: automatisch eintritt. Wir können versuchen, uns die Gründe dafür klar zu machen. Wir können auf das spätere Heiratsalter der sozial oberen Schichten und, dadurch bedingt, auf die geringere Kinderzahl hinweisen. Wir können auf die größere Zahl der Ledigbleibenden beider Geschlechter in den sozial oberen Schichten hinweisen und auf eine Menge sozialer Gründe, die für dieses Ledigbleiben maßgebend sind. Wir können weiter auf die gewollte Kleinhaltung der Familie hinweisen, auf die ethischen und nichtethischen Gründe, die ich beide nicht zu untersuchen brauche. Mir genügt es, wenn ich die Fakta als solche habe und dann sage: Was macht das biologisch für eine Bevölkerung aus, wenn bestimmte Schichten, also die Angehörigen bestimmter sozialer Verbände, sich unendlich viel geringer fortpflanzen als andere Schichten? Man kann mir entgegenhalten: Gerade heute stehen wir in einer Zeit, wo der Volkswirtschaftler sagen mußte: Würde sich nur unser Volk geringer vermehren! wo er vielleicht sagen könnte: wir haben ja jetzt in die Millionen zählende Arbeitslose, wir haben keinen Lebensspielraum mehr für eine Bevölkerungsvermehrung in dem Maß, wie wir ihn vor dem großen Kriege gehabt haben! Ja, wer so sagt, der hat eben nur eine Vorstellung von der Zahl und nicht die richtige und bessere Einsicht, daß dieses ganze Problem überhaupt kein quantitatives, sondern ein qualitatives ist! Es kommt nicht allein darauf an, ob und wie stark sich ein Volk vermehrt, sondern darauf, welche Schichten eines Volkes es sind. Niemand wird leugnen — er mag über die soziale Schichtung eines Volkes, über Proletariat, über „Arbeiter“ und „Bürger“ denken und meinen was er will —, daß es dauernd einen Aufstieg von Einzelindividuen begabterer, geeigneterer Art von unten nach oben gibt; das kann niemand bezweifeln. Und wenn nun jedesmal Individuen und Erblinien, die jene verkörpern, beim sozialen Aufsteigen diesen Aufstieg damit bezahlen, daß die Erblinie abschneidet, weil keine Kinderzeugung mehr erfolgt, so muß einmal die Quelle, aus der die Begabung kommt, aufhören zu fließen. Noch fließt in unserer Landbevölke-

rung, in dem gesunden, kräftigen, guten Bauernstand eine solche Quelle; noch hat die sogenannte Landflucht, die der Volkswirtschaftler vielleicht bekämpfen will, die auch wir vom eugenischen Standpunkt aus nicht gerade mit Freude sehen, biologisch die Bedeutung, daß neue, durch das Kulturleben noch weniger verbrauchte und angegriffene Erblinien in die städtische Bevölkerung hineinkommen und sie dauernd auffrischen. Ich bin fest überzeugt, daß es mit die besten Elemente sind, die aus jenen Quellen kommen. Aber die Quelle ist nicht unerschöpflich, vor allen Stücken nicht dann, wenn diese ganzen Tendenzen zur Kleinhaltung der Kinderzahl aus der „höher-kultivierten“ Bevölkerung etwa durch unser Erbrecht, durch gewisse gesetzgeberische, vor allem steuergesetzgeberische Maßnahmen auch in die Bauernköpfe hineinkämen und man dort zur Festhaltung des Besitzes ebenfalls auf Kinderreichtum verzichten sollte! Dann hörte das Fließen der Quelle ganz gewiß auf, und dann geht ein Volk nach meiner Meinung einfach rettungslos zugrunde.

Die Unterlagen für alle diese auf der Grenze zwischen Soziologie und Nationalökonomie, Anthropologie und Eugenik stehenden Probleme können nur durch Arbeit von beiden Seiten gelöst werden. Es stecken darin soziologische und nationalökonomische Probleme, die unsereins nicht versteht und nicht lösen kann; aber es stecken auch ganz gewiß rein biologische Faktoren und Tatsachen darin, die umgekehrt der nationalökonomische Forscher von sich aus nicht allein bearbeiten kann.

Die Umkehr der Frage, die ich vorhin stellte, ob die Qualitäten der Bevölkerung selbst, die eine soziale Schicht ausmacht, auf das Schicksal der betreffenden sozialen Gruppen von Einfluß sind, muß ich hier der beschränkten Zeit halber unterdrücken oder mit einer Andeutung abtun. Wenn wir der Überzeugung sind, daß die Siebung nach oben allmählich doch eine Aufrückung von biologisch wertvollen, körperlich und geistig brauchbaren Individuen bedeutet, wenn wir der Ansicht sind, es sind vielleicht die ganz großen totalen Rasse-mischungen, wie sie in den untersten Schichten der Großstadt stattfinden, für ein gesamtes Volk nicht günstig, wenn das, was ich vorhin als Dis-harmonien andeutete, sich wirklich als richtig erweist — ich zweifle nicht daran —, dann kann es auch nicht zweifelhaft sein, daß die Leistungsfähigkeit der betreffenden sozialen Gruppe — eine solche ist ein Volk, ein Staat — ebenfalls von solchen biologischen Faktoren mitbeeinflusst wird. Der Ablauf der Geschichte hat auch einen biologischen Faktor. Die Historiker schieben alle anderen Faktoren in den Vordergrund, wenigstens die meisten. Man muß aber zugeben: eine Seite im Ablauf der Geschichte ist ein anthropologischer Faktor. Es kann gar kein Zweifel sein, daß beim Untergang von Völkern in der Vergangenheit die Kinderarmut, die Kinderlosigkeit, das Rassenchaos ganz gewiß als Faktor mitspielten. Ich bin weit entfernt, gewissen Autoren zu folgen, die in

der ganzen Geschichte etwa nur ein Rassen-geschehen sehen oder gar nur die Tätigkeit, die Arbeit und Leistung einer bestimmten Rasse. Das ist sicher tendenziös und übertrieben dargestellt. Aber daß der Rassenfaktor als solcher mitwirkt, daß die rassenmäßige Begabung und Zusammensetzung, auch Kreuzung eines Volkes — eine mäßige Kreuzung zweier geeigneter Rassen halte ich für günstiger als Reinrassigkeit; das ist mein persönlicher Standpunkt — am Schicksal des Volkes einen gewaltigen Anteil hat, kann gar keinem Zweifel unterliegen. Das im einzelnen zu untersuchen, ist ganz besonders schwer, weil dazu ein umfassendes Wissen über Geschichte einerseits und über Anthropologie andererseits gehört. Der Mann, der beides souverän beherrschen könnte, ist uns einstweilen noch nicht gegeben. Aber daß man von allen den Standpunkten aus diesen Fragen, den lebendigsten Fragen auch vom staatserhaltenden Standpunkt aus, das stärkste Interesse zuzuwenden muß, bedarf wohl nach meinen Ausführungen keines Hinweises mehr.

Die Abteilung unserer ganzen Wissenschaft; die das tun will, nennt man ja häufig „Rassenhygiene“, — ein Name, der mißverständlich wirkt dahin, als ob es sich hier um die Hygiene einer bestimmten Rasse — ich will mich genauer ausdrücken — Systemrasse handelte, — Rasse in dem Sinne, wie sie die Systematik des Menschenstammes darstellen würde. Das ist unrichtig. Es könnten auch Negerstämme Rassenhygiene an sich selbst und für sich selbst treiben, genau so gut, wie wir Zentraleuropäer Rassenhygiene treiben können. Es handelt sich dabei nicht um Rassenzucht, Rassenförderung oder Rassenstudium im Sinne einer bestimmten Rasse, sondern um die Erkennung der günstigen Erhaltungsbedingungen für rassig gute Individuen als solche. Ich betone noch einmal: Rasse nicht im Sinne von Systemrasse, sondern als in ihrer gesamten Konstitution und Erbkraft für das betreffende Volksganze günstige Form. Deswegen wird das Wort „Rassenhygiene“ so gern vermieden, um den Mißverständnissen aus dem Wege zu gehen, und dafür das Wort Eugenik genommen, das von dem großen englischen Vererbungstheoretiker GALTON in dem Sinne vorgeschlagen und gebraucht worden ist. Kenntnis und Pflege der günstigen Erblinien als solche — *εὐ γένος* — sind nötig. Sie sollen in ihrem Bestand erhalten und gepflegt werden. Bei Populationen gemischter Rassen kann dabei allerdings eine Komponente wichtiger sein als eine andere. Praktische Hinweise auf das, was da geschehen kann, Betonung der Lehre von all diesen Dingen, Erweckung von Verantwortlichkeitsgefühl in den Schichten, die es angeht, das Setzen einer — ich gehe so weit, zu sagen: Suggestion ist nötig, sei sie rein ethisch-philosophisch oder religiös, wenn sie nur gesetzt ist. Das ist die eine Seite. Und die wirklich praktische, mit sozialen und gesetzgeberischen Maßnahmen versuchte Beeinflussung dieser ganzen Erscheinung ist die andere Seite. Der Mensch

kann die Fortpflanzung und die gesamte Erscheinung der äußeren Form seiner Haustiere voll und ganz in die Hand nehmen und in bestimmten Richtungen lenken. Er könnte es auch an sich selbst. Wir haben unsere Kultur diesbezüglich bisher gehen lassen, wie sie wollte. Es bestand eine geradezu unbegreifliche, vollkommene Gleichgültigkeit in der gesamten zivilisierten Menschheit dagegen, was eigentlich unsere Kulturmaßnahmen, die wir für das Wohlergehen des einzelnen, des heute lebenden Geschlechts treffen, etwa für die weite Zukunft für Folgen haben könnten. Erst in den jüngsten Jahren sind auf dem Gebiete eine ganze Reihe von Warnern aufgetreten. Auf diesem Gebiete gilt es tatsächlich vorwärtszugehen durch Belehrung und durch positive Maßnahmen, die ich jetzt im einzelnen hier selbstverständlich nicht entwickeln kann, die in ihrer Gesamtheit als Eugenik zusammengefaßt werden.

Ich erlaube mir, diesbezüglich einen kleinen Passus vorzulesen, den ich selbst nach einem Vortrage im Jahre 1910 in Freiburg geschrieben habe:

„Das (d. h. die eugenischen Bestrebungen) sind ‚die‘ Fragen der Kulturmenschheit: das sind die fundamentalsten Existenzfragen des Staates, und seine offiziellen Kreise kümmern sich nicht darum. Der humanistisch gebildete Jurist schätzt historische Kenntnis höher ein als anthropologisches Wissen. Ich scheue mich nicht, es hier ruhig auszusprechen, auch wenn es mir persönlich völlig falsch gedeutet werden kann, daß die maßgebenden Kreise, Volksvertretung und Regierungen, allen Grund und die heiligste Pflicht hätten, für Verbreitung anthropologischen Wissens zu sorgen, die Möglichkeit zu gewähren, daß sich die heranwachsende Jugend anthropologisch bildet, vor allem an den deutschen Universitäten.“

Ich darf vielleicht mit folgenden kurzen Hinweisen schließen.

Es gibt Historiker, Wirtschaftslehrer und Anthropologen, die auf dem Standpunkt stehen: das hat ja alles gar keinen Zweck mehr, — das Schicksalsrad rollt eben und ein Mensch, auch eine Gruppe von Menschen und ein Staat sind viel zu schwach, in dieses Schicksalsrad auch nur einigermaßen einzugreifen und es im Laufe etwa aufzuhalten! Auf dem Wege, den das alte Hellas und Rom und wer sonst noch gegangen ist, sind eben jetzt wir, und wir gehen ihn mit rapider Geschwindigkeit. Ich bin solchen Äußerungen gegenüber optimistischer eingestellt, optimistisch nicht etwa in dem Sinne, daß ich die Augen verschlüsse oder alles in rosigem Lichte sähe. Im Gegenteil! Aber ich bin überzeugt, daß die schädlichen Wirkungen, die ohne unseren Willen, bisher auch größtenteils ohne unser Wissen, durch Maßnahmen hervorgebracht wurden, die wir als Kulturmaßnahmen selbst getroffen haben, durch andere Maßnahmen paralysiert werden können, nachdem wir wenigstens einiges von den schädlichen Folgen jenes Handelns kennen. Wir behaupten so oft von uns: wir haben uns allmählich zum Herrn der Natur gemacht.

Wir beherrschen mit sehr vieler Technik heute unendlich vieles: für uns ist der Raum, auf unserer Erde wenigstens, fast ein Nichts geworden, wenn wir an modernste Flugzeuge, drahtlose Telegraphie und ähnliches denken. Wir beherrschen eine ganze Anzahl von Krankheiten fast souverän. Wir haben Seuchen, die Jahrhunderte Geißeln der Menschheit waren, für unsere europäische Bevölkerung ausschalten können, und man darf hoffen, daß auch noch für manches andere, was heute noch als Geißel auf uns lastet, Eindämmungsverfahren — der Optimist wird sagen: restlose Ausrottung möglich ist. Was wir aber *noch nicht einmal angefangen*

haben zu beherrschen und zu übersehen, das sind diese biologischen Gebiete, das ist alles das, was unserer Kultur biologisch geschadet hat. An der Erhaltung von Erblinien zu arbeiten, sie zu studieren und günstig zu beeinflussen, sie von den Schädigungen unserer Kulturmaßnahmen freizuhalten oder wieder zu befreien, hat noch gar nicht begonnen! Das ist die eigentliche und letzte Aufgabe, die all diesen Forschungen innewohnt, und diese Aufgabe ist — das wird jeder zugeben — zum Heile unseres ganzen Volkes lebensnotwendig, sie leidet keinen Aufschub, sie verlangt unsere volle Sorge und Kraft.

Zuschriften.

Der Herausgeber hält sich für die Zuschriften nicht für verantwortlich.

Das Argonspektrum im äußersten Ultraviolett.

Mit Hilfe des Vakuumspektrographen¹⁾ haben wir jetzt nach dem Helium- und Neonspektrum²⁾ auch das Argonspektrum im äußersten Ultraviolett untersucht.

Außer den bereits von TH. LYMAN und F. A. SAUNDERS³⁾ und G. HERTZ und J. H. ABBINK⁴⁾ gefundenen Resonanzlinien 1048 Å und 1066 Å ($1p - 2s_2$ und $1p - 2s_4$) fanden wir noch verschiedene Linien kürzerer Wellenlänge.

Die folgende Tabelle 1 gibt die Wellenlängen in Angströmeinheiten und die geschätzten Intensitäten (im Glimmlicht) dieser Linien, welche sowohl in der positiven Säule als im Glimmlicht gefunden wurden, wieder. Hinter jeder Wellenlänge findet man die berechnete Anregungsspannung der betreffenden Linie.

Tabelle 1.

Int.	Wellenlänge	Anregungs- spannung (ber.) in V.	Int.	Wellenlänge	Anregungs- spannung (ber.) in V.
9	1066,75 ± 0,1	11,57	3	842,79 ± 0,1	14,65
10	1048,30 ± 0,1	11,78	3	834,98 ± 0,1	14,79
			4	834,42 ± 0,1	14,80
7	932,06 ± 0,1	13,25	4	826,34 ± 0,1	14,94
8	919,79 ± 0,1	13,44	4	825,36 ± 0,1	14,96
			2	820,12 ± 0,1	15,05
4	894,31 ± 0,1	13,80	3	816,27 ± 0,1	15,12
5	879,97 ± 0,1	14,03	0	809,99 ± 0,1	15,24 ⁵⁾
4	876,10 ± 0,1	14,09	0	807,05 ± 0,1	15,29 ⁶⁾
5	869,75 ± 0,1	14,20			
5	866,84 ± 0,1	14,24	2	806,46 ± 0,1	15,31
			2	797,68 ± 0,1	15,48

Mit gewissem Vorbehalt geben wir auch noch die folgenden Linien als wahrscheinlich zu Argon gehörend: 946,72; 808,88; 803,80; 801,33. Im Wellenlängengebiet von 866,84 bis 919,79 treten im Glimmlicht (sowohl in einer Cu- als auch einer Ni-Hohlkathode) noch die folgenden Linien auf: 908,31; 887,45; 883,22; 879,62; 878,78; 875,56; 871,11.

Da man im Wellenlängengebiet der äußersten ultravioletten Argonlinien auch immer eine Menge Linien des Viellinien- und Atomspektrums von Wasserstoff

auf die Platte bekommt, ist es eine mühsame Arbeit, mit Sicherheit zu bestimmen, welche Linien zu Argon gehören. Mehr als 25 Platten sind dafür mit Hilfe verschiedener Lichtquellen aufgenommen, kritisch beobachtet und zum größten Teil ausgemessen worden.

Obgleich das sichtbare Argonspektrum noch nicht vollständig analysiert worden ist, kann man doch aus den Vorarbeiten von RYDBERG¹⁾, PAULSON²⁾, MEGGERS³⁾ und MEISSNER⁴⁾ auf eine große Analogie zwischen dem Argon- und dem Neonspektrum schließen. In einer kürzlich in der Zeitschr. f. Physik⁵⁾ erschienenen Arbeit wurde dies von K. W. MEISSNER durch die Deutung der starken im äußersten Rot gelegenen Gruppe des roten Argonspektrums festgestellt.

Von den übrigen Linien im sichtbaren Spektrum zeigen sehr viele Gruppen die Wellenzahldifferenzen der zehn $2p$ -Niveaus. Diese Linien entsprechen also Kombinationen der $2p$ -Termen mit höheren d - und s -Termen. Diejenigen dieser höheren s - und d -Termen, welche durch die innere Quantenzahl $J = \frac{3}{2}$ charakterisiert sind, können mit dem Grundniveau ($J = \frac{1}{2}$) kombinieren. Mit Hilfe dieser Daten kann man berechnen, welche Linien im äußersten Ultraviolett zu erwarten sind⁶⁾.

Aus den Wellenlängen der beiden Resonanzlinien und den Wellenzahldifferenzen der $2s_5$, $2s_4$, $2s_3$ - und $2s_2$ -Niveaus berechnet man als Anregungsspannung dieser $2s$ -Niveaus 11,49; 11,57; 11,67; 11,78 Volt, also in guter Übereinstimmung mit der von G. HERTZ und R. K. KLOPPERS⁷⁾ gefundenen ersten Anregungsspannung von 11,5 Volt.

Die zweite von HERTZ und KLOPPERS bestimmte Anregungsspannung von 13,0 Volt stimmt vorzüglich mit den aus den Wellenlängen der Resonanzlinien und den Wellenlängen der $2s - 2p$ -Linien berechneten Werten der Anregungsspannungen von 12,85 bis 13,42 Volt der $2p$ -Niveaus.

Aus der Anwesenheit der Liniengruppe 894,31 Å bis

¹⁾ G. HERTZ, Physica 5, 189. 1925; Zeitschr. f. Phys. 32, 933. 1925.

²⁾ H. B. DORGELO und J. H. ABBINK, Zeitschr. f. Physik (im Erscheinen); Physica 6, 150. 1926.

³⁾ TH. LYMAN und F. A. SAUNDERS, Nature 116, 358. 1925.

⁴⁾ G. HERTZ und J. H. ABBINK, Naturwissenschaften 14, 648. 1926.

⁵⁾ Diese Linien sind nur beobachtet auf starken Aufnahmen des Glimmlichtes.

¹⁾ J. R. RYDBERG, Astr. journ. 6, 338. 1897.

²⁾ E. PAULSON, Phys. Zeitschr. 15, 831. 1914.

³⁾ W. F. MEGGERS, Phys. rev. 18, 160. 1921.

⁴⁾ K. W. MEISSNER, Phys. Zeitschr. 19, 686. 1925.

⁵⁾ K. W. MEISSNER, Zeitschr. f. Phys. 37, 238. 1926.

⁶⁾ Bemerkung bei der Korrektur: Herr Prof. MEISSNER teilte uns nach Einsichtnahme unseres Manuskriptes freundlichst mit, daß die meisten der von uns gefundenen Linien durch die von ihm berechneten Terme ihre Erklärung finden.

⁷⁾ G. HERTZ und R. K. KLOPPERS, Zeitschr. f. Phys. 31, 403. 1925.

866,84 Å kann man schließen, daß noch eine Gruppe von *d*- (und *s*-) Termen zwischen den 2 *p*- und 3 *p*-Termen liegen muß. Die berechneten Anregungsspannungen dieser Linien (s. Tabelle 1) stimmen überein mit dem dritten von HERTZ und KLOPPERS gegebenen Wert von 13,9 Volt. Die Übergänge zwischen diesen *d*- (*s*-) Termen und den 2 *p*-Termen müssen mit einer Gruppe Linien im Ultraroten korrespondieren, die noch nicht bekannt ist.

In einer kurzen Notiz¹⁾ über das Argonspektrum im äußersten Ultraviolett gibt F. A. SAUNDERS außer den beiden Resonanzlinien noch drei starke Linien 941,39; 932,09 und 919,80. Von diesen drei Linien fanden wir im Glimmlicht nur die zwei letzten (nach unseren Messungen 932,06 und 919,79). Die Linie 941,39 kam auf unseren Aufnahmen nicht vor, wohl eine schwache Linie 939,91; es ist aber nicht ganz sicher, ob diese Linie zu Argon gehört. Merkwürdig ist es, daß die zwei starken Linien 932,06 und 919,79 in der Argonsäule relativ viel schwächer auftreten.

Eindhoven, den 24. Juni 1926.

H. B. DORGELO und J. H. ABBINK.

I. Über die enzymatische Spaltung des Traubenzuckers und anderer Hexosen im Muskelextrakt.

Kürzlich ist an dieser Stelle die Abtrennung des Milchsäure bildenden Ferments aus dem Muskel beschrieben²⁾. Besonders auffällig war, daß das Ferment in wässriger Lösung zwar Glykogen, Stärke und Stärkespaltprodukte, wie Trihexosan, in großem Ausmaße in Milchsäure spalten konnte, ferner mit etwas geringerer Geschwindigkeit Hexosediphosphorsäure und Hexosemonophosphorsäure, dagegen gegenüber Traubenzucker und anderen Hexosen ganz oder nahezu unwirksam blieb. Weitere Versuche warfen nun sowohl auf die Rolle der Hexosediphosphorsäure wie auf die Umstände, welche die einfachen Zucker zur Milchsäurebildung befähigen, ein neues Licht.

Die Spaltung der Zuckerphosphorsäureester dokumentiert sich als ein Teilprozeß der Spaltung der Polysaccharide dadurch, daß in einem Extrakt, der entweder durch 24stündiges Stehen bei 0° oder durch 20 Minuten lange Inkubation bei 37° die Fähigkeit zur Polysaccharidspaltung verloren hat, der Zerfall der Hexosephosphorsäure in genau äquivalente Mengen von Milchsäure und Phosphorsäure unverändert weitergeht. Dasselbe geschieht auch nach Abtrennung des Koferments, das für die Spaltung der Polysaccharide unentbehrlich ist. Unter den genannten Umständen erlischt gleichzeitig die Fähigkeit des Extrakts, die Spaltprodukte der Polysaccharide mit Phosphorsäure zu verestern. Während der enge Zusammenhang zwischen der Phosphorylierung der Glykogen-derivate und der Milchsäurebildung auf verschiedenste Weise zu demonstrieren ist, in Übereinstimmung mit EMBDENS Annahme einer Hexosediphosphorsäure als „Lactacidogen“, ergibt sich gleichzeitig, daß nicht die stabile Hexosediphosphorsäure, sondern ein labiler Ester in „status nascens“ als Zwischenprodukt des Zerfalls anzusprechen ist. Da die Veresterungsgeschwindigkeit die Milchsäurebildung in frischem Muskelextrakt überwiegt, kommt es zu Anhäufung und Stabilisierung dieses Zwischenprodukts als Hexosediphosphorsäure, die nunmehr erheblich langsamer als der frisch gebildete

Ester in äquivalente Mengen Milchsäure und Phosphorsäure zerfällt.

Dieser Mechanismus erhellt insbesondere durch die eigentümliche Art, durch die der Traubenzucker und die anderen gärfähigen Hexosen, Fructose und Mannose, zur Spaltung in Milchsäure veranlaßt werden können. Dem genuinen Muskelextrakt geht die Fähigkeit zu dieser Spaltung nicht völlig ab, aber sie verschwindet viel rascher als das Vermögen der Glykogenspaltung und ist daher bei den mit KCl hergestellten Froschmuskelauszügen kaum noch nachzuweisen. Leichter gelingt dies schon bei Extraktion der leicht gefrorenen Muskulatur bei -1 bis -2° mit destilliertem Wasser, sehr viel besser aber durch Extraktion von Kaninchenmuskulatur, deren ganz frischer Extrakt unter Umständen bei 37° die Glucose noch etwas rascher in Milchsäure spaltet als das Glykogen. Jedoch verschiebt sich dies Verhältnis stets in ganz kurzer Zeit zu Ungunsten der Hexosen, die daher in der Regel nur halb so stark wie das Glykogen oder noch weniger wirken. Übrigens verschwindet die Reaktionsfähigkeit der Fructose weniger rasch als die der Glucose.

Auch hier nun ist die Spaltung der Hexosen geknüpft an ihre vorausgehende Veresterung mit Phosphorsäure. Die Veresterungstendenz dieser Zucker im Muskelextrakt ist aber viel geringer als die der Spaltprodukte des Glykogens im Moment ihrer Bildung. Von dem Gedanken ausgehend, daß dies an dem Mangel einer Hilfssubstanz oder dem äußerst labilen Zustand einer solchen in den Muskelauszügen gelegen sein könnte, wurde versucht, diesen Aktivator aus Hefe zu gewinnen, da ja der Hefeextrakt die Hexosen mit großer Leichtigkeit phosphoryliert. Die Richtigkeit dieses Gedankens ließ sich über alle Erwartung bestätigen. Durch wiederholte Fällung von Hefeautolysat mit 50proz. Alkohol und jedesmaligem Wiederauflösen des Niederschlages in Wasser, Abzentrifugieren von Ungelöstem erhält man eine „Aktivatorlösung“, die für sich allein auf die Hexosen ohne Wirkung ist, aber in kleinster Menge zu Muskelextrakt hinzugegeben, diesen zu einer glykolytischen Spaltung von ungeahnter Geschwindigkeit befähigt. Während dieser Aktivator die Milchsäurebildung aus Glykogen, Stärke usw. nur schwach steigert, befähigt er auch solche Extrakte, die zur Hexosespaltung von vornherein unfähig sind, wie den KCl-Auszug aus Froschmuskulatur, die gärfähigen Zucker Glucose, Fructose und Mannose (nicht aber Galaktose) mit der mehrfachen Geschwindigkeit des Glykogens zu spalten. Dieser in der Kälte recht beständige, aber hitzeempfindliche Aktivator ist weder durch Insulin noch durch das Koferment der Gärung zu ersetzen. Nach der Aktivierung übertrifft die Spaltungsgeschwindigkeit des Fruchtzuckers die des Traubenzuckers noch fast ums Doppelte. Die Geschwindigkeit dieser Glykolyse ist so enorm, daß ein gegenüber den Muskeln fünffach verdünnter Extrakt (1 ccm aus 0,2 g frischer Muskulatur) mit 0,2% Fructose, diese in 10 Minuten bei 20° zu etwa der Hälfte glykolyisiert. Dies ergibt, umgerechnet auf die Muskulatur, eine Spaltungsgeschwindigkeit, die zehnmal so groß ist, als die spontane Milchsäurebildung im Muskelbrei bei gleicher Temperatur (2,4% Zucker pro Gramm Muskelgewicht und Stunde statt 0,24%).

Noch rascher aber verläuft die Veresterung der Phosphorsäure, und die Folge ist, daß während der ersten 15–30 Minuten neben der Bildung der Milchsäure eine rapide Anhäufung von Hexosediphosphorsäure einhergeht, die so lange anhält, wie noch freies Phosphat und freier Zucker vorhanden ist. Erst im Moment, wo eines von beiden völlig erschöpft ist,

¹⁾ F. A. SAUNDERS, Bull. of the Americ. phys. Soc. S. 18, April 1926.

²⁾ O. MEYERHOF, Naturwissenschaften 14, 197. 1926.

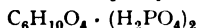
bleibt die Estermenge stehen. Gleichzeitig sinkt die Glykolysegeschwindigkeit steil ab, und nunmehr folgt, insbesondere im Fall der freie Zucker erschöpft ist, eine langsame Wiederzunahme des anorganischen Phosphats in äquivalenter Menge zu der in dieser 2. Periode gebildeten Milchsäure. Diese beiden Phasen sind scharf unterschieden. Dabei häuft sich in der 1. Periode die stabile Hexosediphosphorsäure nahezu in gleicher Menge an, wie gleichzeitig labiler Ester zerfällt. Dieser Umstand führt dazu, daß bei Überschuß von Zucker durch Zugabe von Phosphat die Milchsäureausbeute in der raschen Zerfallsperiode etwa in gleichem Maße mit der Vermehrung des Phosphats — genauer noch etwas stärker — steigt: so steigt etwa bei Vermehrung des Phosphats um 0,35—0,43 mg pro Kubikzentimeter Lösung die Milchsäurebildung in der ersten Periode um 0,43—0,46 mg (statt in der äquivalenten Menge 0,32—0,40).

Dieser Reaktionsverlauf stimmt weitgehend überein mit dem der alkoholischen Gärung im Hefeextrakt, und gibt damit zu einer Umdeutung und Neuformulierung der Harden-Youngschen Gärungsgleichungen Anlaß. Nach diesen Autoren zerfällt in der ersten raschen Gärungsperiode ein Molekül Zucker in Alkohol und Kohlensäure, während ein zweites mit Phosphorsäure verestert wird. In der zweiten Periode aber, nach Veresterung des gesamten Phosphats, würde die Gärungsgeschwindigkeit durch die Hydrolyse des Esters in Hexose und Phosphorsäure bestimmt. Der Vorgang ist hier aber im Prinzip derselbe, wie bei der Glykolyse im Muskelextrakt: danach werden in der 1. Periode beide Zuckermoleküle phosphoryliert. Das eine Estermolekül zerfällt rasch in statu nascendi, was so lange geht, als noch neuer Ester entstehen kann. Das andere Estermolekül stabilisiert sich als Hexosediphosphorsäure. Unterschiedlich verhält sich höchstens die 2. Periode insofern, als bei der alkoholischen Gärung scheinbar die aus der Esterhydrolyse stammende Hexose von neuem phosphoryliert werden muß, aber nicht die Hexosediphosphorsäure in stabiler Form in Kohlensäure und Alkohol zerfallen kann. Wohl aber ist in unserem Falle ein solcher, wenn auch langsamer Zerfall in Milchsäure und Phosphorsäure möglich. In der intakten Hefe kommt es ebenso wenig wie im intakten Muskel zu einer solchen Anhäufung von Hexosediphosphorsäure, wahrscheinlich weil infolge genauer Koordination der Prozesse der ganze jeweils gebildete labile Ester vergärt und nicht nur etwa die Hälfte, wie in den Extrakten.

Berlin-Dahlem, Kaiser Wilhelm-Institut f. Biologie, den 30. Juni 1926. OTTO MEYERHOF.

II. Über die Dissoziationskonstanten der Hexosediphosphorsäure.

Die von HARDEN und YOUNG bei der alkoholischen Gärung entdeckte Hexosediphosphorsäure



oder, eine sehr ähnliche Zuckerphosphorsäure tritt nach EMBDEN auch als Vorstufe der Milchsäure im Muskel auf (s. die voranstehende Mitteilung). Insbesondere läßt sich dieser Ester in der Muskulatur anhäufen, wenn man die Milchsäurebildung durch Zusatz von NaF unterdrückt. Findet nun bei der Muskelkontraktion eine Spaltung präformierten Hexosephosphats in Milchsäure und Phosphat statt über eine labile Hexose, so ist es von Interesse zu wissen, ob schon die Abspaltung des Phosphats oder erst die Bildung der Milchsäure aus der Hexose zu einem Anstieg der

H⁺-Ionenkonzentration führt, der Ursache der Kontraktion sein könnte. Die erste Annahme ist von EMBDEN gemacht, die zweite dagegen von dem einen von uns¹⁾, da bei der Wasserstoffzahl des ruhenden Muskels (p_{H} etwa 7,2) das vorhandene hexosediphosphorsäure Alkali bei seiner Spaltung ein Gemisch von ein- und zweibasischem Phosphat ergibt, was wegen der geringen Größe der zweiten Dissoziationskonstante der Phosphorsäure ($1,4 \cdot 10^{-7}$) keine nennenswerte Änderung des p_{H} erwarten läßt. In der Tat bestätigte sich dies ungefähr durch Spaltung von hexosediphosphorsäurem Natrium in der Hitze. Doch sind derartige Versuche ungenau, weil der abgespaltene Zucker in Gegenwart von Phosphat sich in der Hitze in saure Produkte zersetzt. Wir haben daher die 1. und 2. Dissoziationskonstante der Hexosediphosphorsäure durch elektrometrische Titration direkt bestimmt, nach sorgfältiger Reinigung der Säure über das Mg-, Pb- und Ba-Salz. In der gleichen Anordnung und gleichen Verdünnung wurde zum Vergleich gereinigte anorganische Phosphorsäure elektrometrisch titriert. Theoretisch stellt die Hexosediphosphorsäure eine vierbasische Säure dar, doch fallen die ersten beiden Dissoziationskonstanten, d. h. je die erste für jeden Phosphorsäurerest (1a und 1b), und ebenso die zweiten beiden (2a und 2b) so nahe zusammen, daß sie nicht deutlich unterscheidbar sind. Das überraschende Ergebnis unserer Messungen ist, daß sowohl die 1. Dissoziationskonstante (Mittel von 1a und 1b) als auch die zweite (Mittel von 2a und 2b) erheblich größer sind, als die entsprechenden Konstanten der Phosphorsäure, und zwar ergibt sich für Hexosediphosphorsäure $p_{\text{K}'1}$ (negativer Logarithmus der „scheinbaren“ Dissoziationskonstante für die erste Stufe) in m/15-bis m/25-Lösung zu 1,52 statt 1,93 für die Phosphorsäure (nach VAN SLYKE 1,97). Ebenso ergibt sich $p_{\text{K}'2}$ zu 6,32 statt 6,80 für die Phosphorsäure (nach SÖRENSEN 6,81, nach VAN SLYKE 6,85). Die Säure ist also sowohl hinsichtlich ihrer 1. wie hinsichtlich ihrer 2. Dissoziationskonstante *fast dreimal so stark* wie die Phosphorsäure.

Dementsprechend muß die Reaktion bei der Aufspaltung des Hexosephosphats im Muskel in Zucker und Phosphat bei p_{H} 7,0 nicht etwa saurer, sondern alkalischer werden, umgekehrt aber bei der Veresterung saurer. Dies ist nun in der Tat in dem erwarteten Umfang der Fall, ein weiterer Beweis dafür, daß der in der Muskulatur sich anhäufende Phosphorsäureester mit der Hexosediphosphorsäure der Gärung übereinstimmt. Setzt man zu dem fermenthaltigen Muskelextrakt (s. vorige Mitteilung) 0,01 m-Phosphat, 0,5% Stärke oder Glykogen und ferner 0,1—0,2 n-Natriumfluorid oder Natriumoxalat hinzu, so wird in 2 bis 3 Stunden bei Zimmertemperatur der größte Teil des Phosphats verestert, ohne daß die geringste Spur Milchsäure auftritt. Hierbei ändert sich das p_{H} von etwa 7,00 auf 6,60; umgekehrt wird bei Aufspaltung von Hexosediphosphorsäure in Phosphat und Hexose (statt in Phosphat und Milchsäure) der Extrakt alkalischer und bei der Spaltung in Phosphorsäure und Milchsäure weniger sauer, als dies bei alleiniger Bildung von Milchsäure unter sonst gleichen Umständen der Fall ist. Hierbei stimmt die gemessene Verschiebung des p_{H} mit der aus der Vergrößerung der Dissoziationskonstanten zu berechnenden Verschiebung gut überein, zumal bei Berücksichtigung des Salzeinflusses der Extrakte auf die $p_{\text{K}'}$ -Werte.

¹⁾ O. MEYERHOF und K. LOHMANN, Biochem. Zeitschr. 168, 128. 1926.

Die Steigerung der Säurenatur der Phosphorsäure durch die Veresterung mit Zucker dürfte auf denselben Ursachen beruhen, wie die der Borsäure durch Vereinigung mit Mannit, Zucker oder anderen mehrwertigen Alkoholen.

Berlin-Dahlem, Kaiser Wilhelm-Institut f. Biologie, den 30. Juni 1926.

OTTO MEYERHOF und JULIUS SURANYI.

Über den Verlauf der Essiggärung.

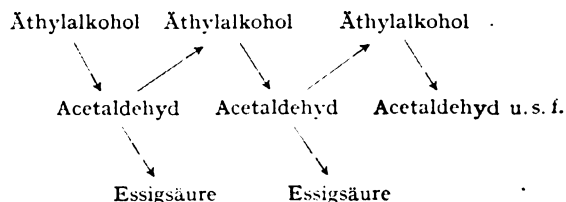
Läßt man Essigbakterien auf Äthylalkohol einwirken, so entsteht zunächst *Acetaldehyd*, wie NEUBERG und NORD (1919) mit Hilfe des Abfangverfahrens bewiesen haben. Dieser als erstes Oxydationsprodukt aus Weingeist hervorgegangene Acetaldehyd wird, entgegen den bisherigen Vorstellungen, nicht durch einfache Oxydation in Essigsäure umgewandelt, sondern auf dem Wege der *Dismutation*. 2 Mol Acetaldehyd liefern je 1 Mol Äthylalkohol und Essigsäure. NEUBERG und WINDISCH haben (1925) gezeigt, daß diese Dismutation des Acetaldehyds völlig quantitativ von einem Ferment der Essigbakterien, von der Aldehydrase, vollzogen wird. Sie enthalten ihre dismutierende Kraft ferner gegenüber Homologen des Acetaldehyds, z. B. n-Butylaldehyd und Isovaleraldehyd. Auch in diesen Fällen entstehen in praktisch quantitativer Ausbeute die entsprechenden Umlagerungsprodukte. Diese glatten Ergebnisse werden erzielt, wenn man die Erreger der Essiggärung auf verdünnte wässrige Lösungen der Aldehyde in Gegenwart von Calciumcarbonat unter Luftabschluß einwirken läßt. Die genannten Autoren haben bereits gefunden, daß ohne Zugabe von Calciumcarbonat, also im natürlichen sauren Milieu, der Acetaldehyd ebenfalls restlos zum Verschwinden gebracht wird und hälftig in Weingeist und Essigsäure übergeht. Da die Dismutation nicht an die Mitwirkung aktiven Sauerstoffs gebunden ist, so erfolgt sie unabhängig von einer Cyankaliumbeigabe. Weiter war festgestellt, daß Essigbakterien auch unter Luftzutritt Acetaldehyd dismutieren. Um aber die Rückoxydation des dismutativ gebildeten Äthylalkohols durch die Essigbakterien hintanzuhalten, war ihre Alkoholdehydrase (Oxydase) geschwächt worden; dieses war durch Überführung des *Bacterium ascendens* in ein Trockenpräparat geschehen. Bei Verwendung desselben eilt die Dismutation der Reoxydation des durch Umlagerung erzeugten Äthylalkohols voraus, so daß unter diesen Bedingungen noch Weingeist aus Acetaldehyd erhalten werden kann.

Gegen die Schlußfolgerung, daß der Weg der Dismutation bei hinreichender Luftzufuhr unter allen Umständen eingeschlagen wird, ließ sich nun noch der Einwand erheben, daß in den eben geschilderten Versuchen eine künstliche Abschwächung der Dehydrase vorgenommen war. Letztere könnte somit an einer normalen Weiterverarbeitung des Aldehyds durch einfache Oxydation ($\text{CH}_3 \cdot \text{COH} + \text{O} = \text{CH}_3 \cdot \text{COOH}$) gehindert sein und die Dismutation als eine Notleistung der Essigbildner unter den Verhältnissen des Experiments erscheinen.

Zur vollgültigen Beweisführung haben wir die Beibringung noch anderer Belege als erforderlich erachtet. Wählt man als Substrate solche Aldehyde, aus denen auf dem Dismutationswege von der Dehydrase der Essigbakterien nicht angreifbare Alkohole hervorgehen, so konnte man erwarten, auch bei reichlicher Aeration Alkohole zu finden. Dieses würde besagen, daß wenn den Bakterien die Aufgabe abgenommen ist, primär einen

Aldehyd zu erzeugen, sie diesen nicht unmittelbar oxydieren, sondern dismutieren, obgleich ihr System, das der Erzeugung und Übertragung aktiven Sauerstoffs von hohem Oxydationspotential dient, nicht alteriert ist. (Beweis: volle Wirksamkeit gegenüber Äthylalkohol.) Zunächst haben wir uns durch Versuche mit Benzaldehyd, Anisaldehyd, Zimtaldehyd, Propionaldehyd, Citronellal und Fufurol davon überzeugt, daß an ihnen ebenso wie an den schon früher geprüften höheren Aldehyden die Dismutationsreaktion vollzogen wird; darauf haben wir Versuche mit Isovaleraldehyd in besonderer Anordnung angestellt. Läßt man diese Substanz mit rein wässrigen Aufschwemmungen von *Bacterium ascendens* oder *Bacterium xylinum* im Brutschrank in Berührung unter Herstellung einer Kommunikation mit der atmosphärischen Luft, so erfolgt in der Tat die nahezu quantitative Umlagerung in Amylalkohol und Valeriansäure. Hierdurch ermutigt, haben wir sodann Versuche mit Acetaldehyd und ungeschwächten lebenden Essigbakterien angestellt. Auch dann gelingt der Nachweis von Weingeist. Setzt man die Erreger durch ein Glasrohr mit dem Luftsauerstoff in Verbindung, so verarbeiten sie die wässrigen Lösungen des Acetaldehyds quantitativ; aus 2,2 g Acetaldehyd gewannen wir unter diesen Umständen 0,6–0,7 g Äthylalkohol und 2,1–2,2 g Essigsäure. Durch diesen Ausfall der Versuche noch kühner gemacht, sind wir dazu übergegangen, Acetaldehyd mit Essigbakterien in Gegenwart von Luft oder selbst von reinem Sauerstoff im Brutschrank zu schütteln. Auch hier entstand sowohl bei Verwendung von *Bacterium ascendens* als von *Bacterium xylinum* Äthylalkohol in beträchtlichen Mengen. Wir erhielten z. B. (in verschiedenen Ansätzen) aus 2,2 g Acetaldehyd 0,45 bis 0,91 g Weingeist und 2,36–1,74 g Essigsäure. Rechnet man Äthylalkohol und Essigsäure in Aldehyd-Äquivalente um, so sieht man, daß mit geradezu erstaunlicher Genauigkeit der zugefügte Acetaldehyd in die genannten Produkte übergeführt worden ist. Die vorhandene Menge Sauerstoff war in den Fällen der ersten Serie sicher ausreichend; in denen der zweiten Serie ist sie immer größer gewesen, als für die direkte Oxydation des Acetaldehyds zu Essigsäure notwendig war. Alle Versuche sind steril vorgenommen. An dem Resultat ändert sich naturgemäß nichts durch Zufügen eines Antisepticums wie Fluornatrium.

Damit glauben wir den endgültigen Beweis dafür erbracht zu haben, daß auch in der Norm und in Gegenwart überschüssigen reinen Sauerstoffs die Essigsäurebakterien die Essigsäure auf dem Dismutationswege bilden, gemäß dem Schema des Zickzackweges:



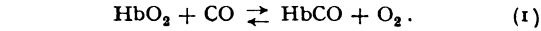
Der simultan gebildete Äthylalkohol wird stets zu Acetaldehyd zurückoxydiert, worauf das Spiel von neuem beginnt. Weil die Dismutation des Acetaldehyds schneller als die Reoxydation des Weingeistes vor sich geht, so kann sich im Verlaufe der normalen Essiggärung kein Acetaldehyd anhäufen.

Damit ist ein Prozeß, der als einer der scheinbar einfachsten Oxydationsvorgänge seit mehr als einem

Jahrhundert vielfache Aufmerksamkeit gefunden hat, aufgeklärt.
Berlin-Dahlem, Kaiser Wilhelm-Institut für Biochemie, den 5. Juli 1926.
CARL NEUBERG und EMIL MOLINARI.

Über die Wirkung von Kohlenoxyd und Licht auf den Stoffwechsel der Hefe.

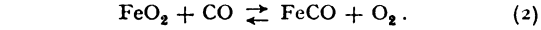
Kohlenoxyd reagiert bei Zimmertemperatur mit gewissen Schwermetallverbindungen, so mit Kupferchlorür, wovon man in der Gasanalyse Gebrauch macht, oder mit Hämoglobin, worauf die giftige Wirkung des Kohlenoxyds beruht. Aus Oxyhämoglobin (HbO₂) verdrängt Kohlenoxyd den Sauerstoff, aus Kohlenoxydhämoglobin (HbCO) verdrängt Sauerstoff das Kohlenoxyd:



Ich habe mich mit der Frage beschäftigt, wie sich das Atmungsferment gegen Kohlenoxyd verhält. Als Versuchsmaterial benutzte ich Bäckerhefe, suspendiert in Lösungen, die in bezug auf KH₂PO₄ und Glucose etwa 1/20 molar waren. Es zeigte sich, daß Kohlenoxyd die Atmung der Hefe hemmt, und zwar reversibel, indem nach Entfernung des Kohlenoxyds die Atmung wieder auf den Normalwert steigt. Hierbei hängt die Wirkung des Kohlenoxyds nicht nur von dem Partialdruck des Kohlenoxyds, sondern auch von dem Partialdruck des Sauerstoffs ab. Variiert man bei ungefähr gleichen Kohlenoxyddrucken den Sauerstoffdruck, so ist die Atmungshemmung um so größer, je niedriger der Sauerstoffdruck ist. Beispielsweise waren die Hemmungen der Hefeatmung:

Drucke in mm Hg	Hemmung der Atmung
O ₂ 154 $\bar{m}$ }	 29%
CO 550 $\bar{m}$ }	
O ₂ 66 $\bar{m}$ }	 51%
CO 618 $\bar{m}$ }	

Das Atmungsferment der Hefe bildet also, ähnlich wie das Hämoglobin, mit Kohlenoxyd und Sauerstoff reversible Verbindungen. Bezeichnen wir das Atmungsferment mit Fe, so haben wir, ganz analog (1):



Allerdings unterscheiden sich Atmungsferment und Hämoglobin hinsichtlich ihrer Affinität zu Sauerstoff und Kohlenoxyd. Kohlenoxyd wird von Hämoglobin mehr als hundertmal fester gebunden als Sauerstoff. Die Affinität des Atmungsferments zu Kohlenoxyd dagegen ist beträchtlich kleiner als die Affinität

zu Sauerstoff. Deshalb kann man zwar durch sehr kleine Kohlenoxyddrucke den Sauerstoff aus dem Hämoglobin austreiben, aber man muß einen im Vergleich zum Sauerstoffdruck großen Kohlenoxyddruck anwenden, um die Atmung durch Kohlenoxyd zu hemmen.

2. Eine besondere Eigenschaft der Kohlenoxyd-Schwermetallverbindungen ist ihre Lichtempfindlichkeit. Belichtet man Kohlenoxydhämoglobin mit Strahlen des sichtbaren Lichtes, so wird, wie HALDANE und SMITH im Jahre 1896 fanden, Kohlenoxyd abgespalten. MANCHOT erwähnt (Chem. Berichte 45, 2869, 1912), daß die Verbindung Na₃Fe(CN)₅CO bei Belichtung Kohlenoxyd entwickelt.

Ich habe untersucht, ob die Verbindung des Kohlenoxyds mit dem Atmungsferment lichtempfindlich ist, ob also die Wirkung des Kohlenoxyds auf die Atmung bei Belichtung kleiner wird. Als Lichtquelle benutzte ich eine 1/2 Watt Metallfadenlampe von 75 Watt, deren leuchtender Faden etwa 4 cm von der Hefesuspension entfernt war. Es zeigte sich, daß die Wirkung des Kohlenoxyds auf die Atmung bei Belichtung erheblich abnimmt:

Atmung in 95% N ₂ , 5% O ₂ (cm O ₂)	Atmung in 95% CO, 5% O ₂ (cm O ₂)
20' dunkel 33	10
20' hell 32	28
20' dunkel 33	9,0
20' hell 29	24
20' dunkel 31	9,0

Auch gegenüber Bestrahlung also verhält sich die Kohlenoxydverbindung des Atmungsferments ähnlich wie andere Kohlenoxyd-Schwermetallverbindungen.

3. Substanzen, die die Atmung der Hefe elektiv hemmen, steigern die aerobe Gärung, im Grenzfall bis auf den anaeroben Gärungswert. Kohlenoxyd ist eine solche Substanz. Bringt man Bäckerhefe in 5% Sauerstoff, 95% Stickstoff, so ist die Gärung, wegen der großen Atmung, klein. Ersetzt man den Stickstoff durch Kohlenoxyd, so steigt die Gärung, wegen der Atmungshemmung, auf das 6fache. Belichtet man, so verschwindet die Wirkung des Kohlenoxyds auf die Gärung zum größeren Teil, weil die Wirkung des Kohlenoxyds auf die Atmung durch die Belichtung zum größeren Teil aufgehoben wird:

Gärung (in cm CO ₂) in 20 Minuten	
In 5% O ₂ 95% N ₂	8
In 5% O ₂ 95% CO dunkel	48
In 5% O ₂ 95% CO hell	13

Berlin-Dahlem, den 24. Juli 1926.
OTTO WARBURG.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

Am 5. Juni 1926 berichtete Dr. H. SCHREFFER (Freiburg i. Br.) über Reiseeindrücke aus Finnmarken und Finnisch-Lapland. Lapland ist jene breite Landbrücke, welche die skandinavische Halbinsel mit dem Rumpf des Kontinents verbindet. Keine wichtigen Verkehrslinien durchziehen die weiten Ebenen, deren ungastliche Beschaffenheit ebensowenig Anziehungskraft ausübt wie das unwirtliche Klima. Nur die Lappen streifen mit ihren Renttierherden während des kurzen Sommers auf der oft sumpfigen, von vielen hundert Seen unterbrochenen Tundra umher. Während der langen Winterzeit werden die Menschen gezwungen, sich in Wintersiedlungen zusammenzudrängen.

Die Reise führte zunächst mit der Eisenbahn durch das schwedische Norrbotten nordwärts auf einer langsam ansteigenden Ebene, aus der einzelne Berge auf-

ragen, wie z. B. die Erzberge von Gellivare und Kiruna, welch letzterer aus Eisenerz mit 70% Eisengehalt besteht, das im Tagbau auf fünf Terrassen von je 20 m Höhe gewonnen wird. Täglich gehen 12 Eisenbahnzüge mit 40 Wagen Erz teils südwärts nach Lulea, teils über die Wasserscheide nach dem norwegischen Hafen Narvik, der sich durch seine zweckmäßigen Erzverladevorrichtungen auszeichnet. Nördlich von Kiruna schließen sich die gerundeten Einzelberge immer mehr zu Berggruppen zusammen, die Bahn erklimmt die Höhen der Fjelde, welche vielfach Seen tragen und Spuren der Wirkung eiszeitlicher Gletscher erkennen lassen. Jenseits der Wasserscheide gelangt man in das Gebiet der norwegischen Fjordlandschaft, deren Wände steil zum Meer abfallen und nur auf gehobenen Terrassen Platz für die Anlage von Dörfern bieten.

So liegt auch Hammerfest, die nördlichste Stadt der Erde, auf einer 15–20 m hohen Terrasse. Jenseits des Nordkaps schneidet der Porsanger-Fjord, der ein mächtiges untergetauchtes Tal ist, tief nach Süden ein. Nach der Eiszeit wurde das Land rhythmisch in mehreren Phasen gehoben. Dieses Gebirgsland, das nicht zu dem eigentlichen Lappland gehört, ist ein Teil jenes gewaltigen kaledonischen Gebirgsrumpfes, der sich von Schottland über Norwegen nach Spitzbergen und wahrscheinlich noch weiter nach Grönland erstreckte, und von dem jetzt große Strecken unter den Meeresspiegel gesunken sind. Im nördlichsten Finnmarken zeigt das, hier bis 1130 m aufragende kaledonische Gebirgsland keine steilen alpinen, sondern breite, abgerundete Mittelgebirgsformen. Mit einer, durch Überschiebung entstandenen Stufe setzt das Gebirge in scharfer Grenze gegen Inner-Lappland ab. Dieses ist eine Ebene mit flachen Wellungen, in denen Kuppen mit vermoorten Mulden abwechseln. Die Einförmigkeit wird durch runde oder langgestreckte Inselberge von einigen hundert Metern Höhe unterbrochen. Während das kaledonische Gebirge kahl ist, trägt die Ebene von Inner-Lappland Birkenbuschwald, der mit Wacholder untermischt und dessen Boden mit Beerensträuchern und Moos bewachsen ist. Auf den Bergeshöhen findet sich Tundravegetation. Südlich der Wasserscheide beginnt der Nadelwald zu überwiegen. Im Innern Finnlands herrscht der Mischwald vor.

Lappland ist dünner besiedelt als alle anderen Länder Europas. Es ist keine einheitliche Landschaft, sondern jener Teil der drei nordischen Reiche, der von den Lappen bewohnt wird. Diese sind ein Restvolk, das heute nur noch etwa 35 000 Individuen zählt, von denen 25 000 norwegische Staatsangehörige sind. Sie gehören dem finno-ugrischen Sprachstamm an. Ihr ursprüngliches Nomadenleben ist jetzt nur noch in Schweden erhalten geblieben. In Finland sind sie sesshaft geworden, während sie in Norwegen im Sommer mit den Rentierherden umherziehen, im Winter jedoch in ihren Ansiedelungen sitzen. Die größte dieser Wintersiedelungen ist Karasjok mit 820 Einwohnern, darunter 790 Lappen. Sie halten neben dem Rentier gelegentlich auch andere Haustiere, wie Pferde, Kühe, Schafe, und treiben in bescheidenem Maße Anbau. An den Flüssen liegen sie dem Fischfang ob. Ihr ursprüngliches Volkstum haben sie sich ziemlich weitgehend erhalten.

Von Karasjok ging die Reise über die Grenze nach Finland zum Enare-See und von dort auf der großen Automobilstraße nach Süden. Das Wetter war fast den ganzen Sommer über regnerisch. In den unteren Luftschichten herrschte Ostwind, oben Westwind. In der Nacht vom 10. zum 11. September trat zum erstenmal scharfer Frost ein.

In der Fachsitzung am 21. Juni hielt Dr. R. MELL (Berlin) einen Vortrag mit Lichtbildern über Süd-

chinesische Landschaftstypen und ihre Ausnützung. Das von dem Vortr. behandelte Gebiet hat etwa die Größe des heutigen Deutschen Reiches. Es gehört tektonisch zum Teil der sinischen Scholle an, während ein anderer Teil granitisch ist. Durch die Wirkung der Monsunregen ist das Gestein in weitgehendem Maße zersetzt worden, und die vorherrschende Bodenform bildet der weiche rote Laterit, der in der Küstenzone abgespült und in die Kulturregion hineingeschwemmt wurde, wo er Schichten von großer Mächtigkeit bildet. Durch die heftigen Regengüsse sind vielfach steilwandige cañonartige Schluchten in die Landschaft eingeschnitten worden. Das Gestein des Granitgebietes ist mitunter zu förmlichen Blockmeeren verwittert. In der küstenfernen Zone erweist sich die denudierende Wirkung des Monsuns erheblich abgeschwächt. Die Kalkgebiete zeichnen sich durch pittoreske, zuckerhutähnliche Bergformen aus, während die Zone der roten Sandsteine durch langgestreckte senkrechte Felswände charakterisiert ist.

Die Lufttemperatur kommt in der Ebene den indischen Gangesniederungen nahe. Von Mai bis September sind Temperaturen unter 28° selten. Dagegen kann im Gebirge der Gefrierpunkt erreicht werden, und auch Schneefall tritt gelegentlich ein.

Der tropische Regenwald war früher weiter verbreitet als jetzt und damals auch von Elefanten bevölkert. Sie sollen im Jahre 1100 sogar in Schantung vorgekommen sein, wurden dann aber nach Süden zurückgedrängt. Krokodile galten noch im Jahre 803 als Landplage. Neben dem Regenwald treten als wichtige Vegetationsformen der Montanwald und der Bambuswald auf, welch letzterer nur einmal im Jahr eine Nutzung zur Papierfabrikation gestattet. Eine aufbauende Forstwirtschaft gibt es nicht, weshalb die Waldgebiete nur eine dünne Besiedlung gestatten. 37 Millionen Menschen bewohnen nur die bewässerten Regionen des 500 000 qkm großen Gebietes, in einer Dichte von 185 auf den Quadratkilometer. 75% widmen sich fast ausschließlich der Landwirtschaft, die überaus intensiv betrieben und von den Bauern in musterhafter Weise beherrscht wird. Insbesondere sind die Bewässerungsanlagen durch Wasserschrauben, Schöpfräder aus Bambus, Ziehbrunnen, Terrassenkulturen, sogar durch Anlage schwimmender Beete zu hoher Vollkommenheit gebracht. Auch züchtet der Chinese mit großem Erfolg kernlose Obstarten.

In der Tierzucht und Tierpflege kommen namentlich Enten, Hühner und das chinesische Schwein in Betracht, das sich durch seine überaus große Widerstandsfähigkeit auszeichnet. Der Chinese kargt sehr mit Zeit und Geld und betreibt daher keine Jagd in europäischem Sinne. Dagegen verfügt er über außerordentlich ertragreiche automatische Fangmethoden, deren es allein für Wassertiere etwa 300 geben soll.

O. B.

Botanische Mitteilungen.

Genetische Studien über Heterostylie bei *Primula*. In der Vererbungsliteratur wurde bislang die Vererbung der Heterostylie fast allgemein so dargestellt, daß es sich hier um eine einfache Mendelspaltung handelt. Tatsächlich fügen sich zahlreiche Bastardierungsversuche, die sich auf Arten aus den Gattungen *Primula* (Schlüsselblume), *Fagopyrum* (Buchweizen), *Pulmonaria* (Lungenkraut) und *Linum* (Lein) beziehen, in schönster Weise in diesen Rahmen ein. Danach hat man sich folgende Vorstellung gebildet: ein Faktor *A* bedingt die charakteristischen Merkmale der Kurz-

griffel, d. h. kurze Narben und hohe Lage der Staubbeutel in der Kronröhre; fehlt *A*, dann treten die Eigenschaften der Langgriffel, d. h. lange Griffel und tief inserierte Staubbeutel in die Erscheinung. Die Pflanzen haben die Konstitution *a*. Bei der Kreuzung dominiert Kurzgriffeligkeit über Langgriffeligkeit, also $A > a$. Die im Freien auftretenden Langgriffel haben die Erbformel *aa* und bilden bloß einerlei Keimzellen, nämlich *a*; die Kurzgriffel dagegen sind heterozygotisch, sie haben die Formel *Aa* und bilden demnach zweierlei Keimzellen, *A* und *a*. Bei der Kreuzung

bildet $a \times A$ Kurzgriffel, $a \times a$ Langgriffel und diese beiden Typen treten im Verhältnis 1 : 1 auf, die Dinge liegen also genau so, wie das vielfach bei der Vererbung des Geschlechtes der Fall ist, wo ebenfalls das eine Geschlecht homo- das andere aber heterozygotisch ist und damit die Sexualrelation 1 : 1 gewahrt bleibt. Die vorgetragene Deutung schließt nun die Annahme in sich, daß die beiden Merkmale: Kurzgriffeligkeit und hohe Antherenlage bzw. Langgriffeligkeit und tiefe Antherenlage durch ein *einziges* mendelndes Gen übertragen werden, daß also die beiden Eigenschaften *absolut gekoppelt* sind. Neuerdings aber berichtet ERNST über Beobachtungen, die darauf hindeuten, daß diese Auffassung zum mindesten keine Allgemeingültigkeit besitzt, sondern einer Modifikation bedarf. (Arch. f. Vererbungsf. u. Sozialanthropol. 1. 1925.) Die Angaben ERNSTS stützen sich in erster Linie auf *Primula hortensis*. Wider Erwarten trat in den Kulturen unvermittelt eine *homostyle* Langgriffelform auf, bei der die Antheren in Narbenhöhe inseriert waren; die Koppelung zwischen Langgriffeligkeit und tiefer Antherenlage ist also gesprengt worden. Von dieser Einzelbeobachtung ausgehend hat nun ERNST eine große Serie von Experimenten in Gang gesetzt, die ihn zu folgender Auffassung führten: hier bei *P. hortensis* müssen für die Vererbung der Heterostylie 2 Faktorenpaare in Anspruch genommen werden, von denen das eine die Griffellänge, das andere die Antherenlage in folgender Weise bestimmt:

1. A = Kurzgriffel, a = Langgriffel. $A > a$.
2. B = hohe Antherenlage, b = tiefe Antherenlage. $B > b$.

Die Langgriffel haben die Erbformel $aabb$, sie sind also homozygot und bilden nur einerlei Keimzellen, nämlich ab ; die Kurzgriffel haben die Erbformel $AaBb$, sind also heterozygot in beiden Faktoren. Normalerweise herrscht nun zwischen a und b , sowie zwischen A und B eine strenge Koppelung, infolgedessen bilden die Kurzgriffel in der Regel nur 2 Sorten Gameten (statt 4), nämlich ab und AB ; bei der Bastardierung mit den Langgriffeln ergeben sich die beiden Kombinationsmöglichkeiten: 1. $ab \times ab = aabb$ (Langgriffel) und 2. $ab \times AB = AaBb$ (Kurzgriffel); die beiden Typen erscheinen im Verhältnis 1 : 1. Ausnahmsweise wird nun durch Faktorenaustausch (= „crossing over“) die Koppelung gelöst, d. h. die Kurzgriffel $AaBb$ bilden — wenn auch in einem verschwindenden Prozentsatz — Gameten von der Konstitution aB und Ab ; $aB \times ab$ gibt nun die Kombination $aaBb$, d. h. homostyle Langgriffel mit hochgestellten Antheren und $Ab \times ab$ liefert $Aabb$, d. h. homostyle Kurzgriffel mit tiefgestellten Antheren. Daß auch unter natürlichen Bedingungen solche Verhältnisse auftreten können, beweisen die Erfahrungen, die ERNST an verschiedenen Alpenstandorten von *Primula viscosa* sammelte; auch hier konnte er neben den typischen Lang- und Kurzgriffeln die beiden homostylen Formen vereinzelt nachweisen. Von hohem Interesse ist nun die weitere Feststellung von ERNST, daß die homostylen Lang- und Kurzgriffel im Gegensatz zu den beiden Heterostylformen in weitgehendem Maße selbstfertil sind: bei Selbstbestäubung setzen sie gut an und bilden zahlreiche Samen. Kreuzt man sie mit Kurz- oder Langgriffeln, dann erweisen sich immer nur diejenigen Kombinationen als erfolgreich, bei denen der Blütenstaub auf die zugehörige Narbenetage übertragen wird, also wenn man die Narben der homostylen Langgriffel mit den Pollen typischer Kurzgriffel, die ja hochgestellte Antheren tragen, belegt usw. Es besteht also auch hier jene im einzelnen noch nicht geklärte

Korrelation zwischen Fruchtbarkeit und Höhenlage von Narben und Antheren. Aus seinen Befunden leitet ERNST den Schluß ab, daß die Heterostylformen erst auf einem Umweg entstanden sind. Er denkt sich die Sache so, daß es sich bei der Narbenlänge und der Höhenlage der Antheren ursprünglich um *selbständig variierende* Merkmale handelte, die durch besondere Gene bedingt sind. Erst im Verlaufe der Entwicklung ist es — wie ERNST annimmt, auf dem Wege der Naturzucht — zu jener charakteristischen Koppelung gekommen, die bei vielen Arten absolut geworden zu sein scheint. Die Vorteile, welche die „heterostyle“ Kombinationsweise in sich trägt, sind verschiedener Art. Die Verlagerung von Narben und Antheren in eine verschiedene Etage wirkt dahin, daß der Blüteneingang erweitert und dadurch den Insekten zugänglicher wird. Außerdem wird dadurch die Fremdbefruchtung, die ja mannigfache Vorzüge in sich birgt, gegenüber der Selbstbefruchtung gefördert, weil die Befruchtung innerhalb derselben Etage die größten Chancen birgt. Und schließlich ist auch in Rechnung zu setzen, daß die heterostylen Arten den dichogamen, sowohl wie den diöcischen in gewisser Hinsicht überlegen sind: den dichogamen mit ihrer zeitlichen Trennung der Geschlechtsreife männlicher und weiblicher Organe (Protogynie und Proterandrie) deshalb, weil *jede Blüte* gleichzeitig befruchtungsfähige Narben und reife Pollen birgt, den diöcischen mit ihrer durchgeführten Geschlechtstrennung aber insofern, als hier *jede Pflanze* Früchte reifen kann, der Samenertrag also begünstigt ist. Diese Momente hätten nach ERNST dahin gewirkt, daß die heterostyl veranlagten Formen im Kampf ums Dasein den Sieg davon getragen haben.

Zur Blütenbiologie und Genetik von *Primula longiflora*. Im Anschluß an die vorhergehenden Mitteilungen verdient noch eine weitere Untersuchung von ERNST Erwähnung, die sich auf *Primula longiflora* bezieht (Schröterfestschrift. Zürich 1925). *Primula longiflora* ist die einzige einheimische *monomorphe* Art, d. h. sie besitzt nur Blüten von demselben Typus, und zwar stehen hier bei *allen* Blüten die Staubbeutel am Blütenausgang, während die Narben 0,5—5 mm *darüber* erhoben sind. Sieht man von der langen Kronenröhre und dem weiten Blüteneingang ab, beides Merkmale, die damit im Zusammenhang stehen, daß es sich hier um eine Falterblume und nicht um eine Bienen- (bzw. Hummel-)Blume handelt, dann herrscht weitgehende Übereinstimmung mit den *Langgriffeln* der Mehprimel (*P. farinosa*), die aber streng heterostyl ist. Hinsichtlich der Befruchtungsverhältnisse bestehen jedoch weitgehende Differenzen insofern, als bei *P. longiflora* Selbstbestäubung genau zu demselben Samensatz führt wie Fremdbestäubung, während bei *P. farinosa* legitime Befruchtungen zwischen Antheren und Narben derselben Höhenlage von einem wesentlich größeren Erfolg begleitet sind als Selbstbefruchtung bzw. illegitime Fremdbefruchtung, bei der der Pollen auf die Narbe einer anderen Etage übertragen wird. Das könnte zu der Auffassung führen, daß es sich bei *P. longiflora* entwicklungsgeschichtlich um eine der hypothetischen Ausgangsformen handelt, bei denen es noch nicht zu der charakteristischen Blütendifferenzierung gekommen ist. Nach den Ausführungen von ERNST hat es aber viel mehr Wahrscheinlichkeit für sich, daß *P. longiflora* in dem derzeitigen Zustand die allein übriggebliebene Langgriffelform einer ursprünglich heterostylen Art darstellt. Das würde besagen, daß mit dem Verlust der Kurzgriffelform parallelgehend auch der Fertilitätsgrad bei Selbstbestäubung wieder

gewachsen ist und so eine *sekundäre* Annäherung an den ursprünglichen Zustand erfolgte. Weitere Analyse muß dieser Vermutung noch die notwendige Stütze geben.

Über Transplantieren von Moosembryonen. Der Generationswechsel der Moose ist dadurch charakterisiert, daß der Sporophyt (= diploide Phase = Seta + Mooskapsel) wie ein Parasit auf dem Gametophyten (= haploide Phase = Vorkeim + grünes beblättertes Moospflänzchen) aufsitzt. Der „Fuß“ der Seta ist in die als Aufnahmeorgan dienende „Vaginula“ wie in einen Köcher eingedenkt. Da es nun möglich ist, diesen Zusammenhang ohne einschneidende Schädigungen zu lösen, so taucht die Frage auf, ob es nicht gelingt, in die freigelegte Vaginula eines Moospflänzchens den noch embryonalen Sporophyten eines anderen Moospflänzchens zu übertragen und auf der „Stiefmutter“ groß-zuziehen. Diese Aufgabe ist N. ARNAUDOW bei *Catharinaea undulata* und *Polytrichum formosum* tatsächlich geglückt (Flora 118/119. 1925). Bei beiden Moosgattungen gelangten die Sporophyten auf der fremden Unterlage bis zur Sporenreife. Nachdem ein solcher Erfolg innerhalb derselben Art zu verzeichnen war, ging ARNAUDOW dazu über, gattungsfremde Kombinationen anzustellen, und er verpflanzte Sporophytenembryonen von *Dicranum scoparium* auf *Catharinaea*. Obwohl es sich hierbei um einen Sprung von einer Familie auf eine andere handelte, so wuchsen die Embryonen ebenfalls weiter, wobei sie freilich hinter normalen Vergleichsexemplaren merklich zurückblieben. Die Sporenreife wurde aber auch hier erreicht. Die zum Wachstum und zur Gewebedifferenzierung erforderliche Stoffzufuhr kann also auch von einer systematisch fernstehenden Unterlage aus besorgt werden. Irgendwelche morphologische Beeinflussung war dabei nicht zu verzeichnen.

Über Fröhreifeerscheinungen bei Kressepflanzen. Über bemerkenswerte Kulturversuche an Kresse (*Lepidium sativum*) berichtet LESAGE (Rev. gén. bot. 38. 1926). Er züchtete Kresse vergleichsweise einmal in freier Erde und freier Luft und dann in Töpfen unter Glaskästen, so daß eine Beschränkung sowohl hinsichtlich des Erdreiches wie auch der Luft- und Lichtzufuhr vorlag. Dieser Eingriff hatte zur Folge, daß das Laubwerk und die Blüten sich etwa 2 Wochen früher entfalteten und auch die Früchte vorher reiften. Gleichzeitig war die ganze Vegetationsperiode abgekürzt, eine Beobachtung, die bei Hungerkulturen nicht ohne Analogie ist. Wichtig ist nun, daß nach den Angaben von LESAGE die geschilderten Eigenschaften auch bei der Rückkehr zu normalen Lebensverhältnissen mehrere Generationen hindurch erhalten bleiben. LESAGE weist darauf hin, daß diese Feststellungen — falls sie sich auf wichtigere Kulturpflanzen ausdehnen lassen — von einer gewissen Bedeutung für die züchterische Praxis werden können, weil die Produkte rascher auf den Markt gelangen. Freilich muß dabei berücksichtigt werden, daß dieser Vorteil durch einen geringeren Ertrag erkauft wird. Ein Beleg für die Annahme, es könne sich hier um einen interessanten Fall von Vererbung erworbener Eigenschaften handeln, darf indessen in den Versuchen von LESAGE nicht erblickt werden, da offenbar nur eine über den Rahmen einer Generation hinausgreifende Nachwirkung vorliegt.

Über die Reaktion der Pflanzen auf mechanische Inanspruchnahme. Die Frage, inwieweit die Pflanzenorgane auf mechanische Inanspruchnahme mit mecha-

nischer Versteifung antworten, ist schon mehrfach der Gegenstand experimenteller Arbeit gewesen, indessen liegen, wenn man von den sehr klaren Verhältnissen greifender Ranken absieht, im allgemeinen nur recht dürftige Ergebnisse vor. Um so auffälliger erscheinen die Beobachtungen, über die neuerdings RASDORSKY in einer deutschen Zeitschrift (Ber. d. dtsh. botan. Ges. 43. 1925), berichtet, nachdem er sich schon früher über einschlägige Versuche in einem russischen Organ geäußert hat. RASDORSKY erreichte die mechanische Inanspruchnahme auf verschiedenem Wege. In einer ersten Serie belastete er die Infloreszenzachsen von *Helianthus* (Sonnenblume) und *Dahlia* durch angehängte Gewichte. Die Versuchspflanzen zeigten den Kontrollpflanzen gegenüber folgende Veränderungen: der Stengelquerschnitt wird größer, und zwar vor allem senkrecht zum horizontalen Querdurchmesser der übergeneigten Organachse, die hinsichtlich ihres Längswachstums gleichzeitig ein wenig zurückbleibt. Das Mark wird umfangreicher, wodurch die mechanischen Elemente weiter nach außen verlagert werden. Das mechanische Gewebe einschließlich des Kollenchyms wird dickwandiger und die Verholzung setzt früher ein. All diese Reaktionen erscheinen vom Standpunkt mechanischer Leistungsfähigkeit aus als durchaus zweckmäßig. In einer zweiten Serie, die sich neben den beiden genannten Objekten auch auf eine exotische Ahornart (*Acer negundo*) und die Mohrenhirse (*Sorghum*) erstreckte, wurde die Achse einem regelmäßigen Hin- und Herbiegen ausgesetzt. Es wurde zu diesem Zwecke ein Apparat konstruiert, der ein mehrwöchentliches Pendeln der Sprosse in einer Ebene ermöglichte. Die Ergebnisse waren ähnlich wie im vorhergehenden Versuch. Die Achsen wurden gedrungener, zugleich dicker und kürzer und das mechanische Gewebe wurde verstärkt. Auch die Wurzeln wurden massiver ausgebildet, und speziell bei *Sorghum* entstanden oberirdische Nebenwurzeln, die eine festere Verankerung mit dem Boden zur Folge hatten. Bemerkenswert ist aber vor allem, daß der Querschnitt ovale Gestalt annahm, wobei der längere Durchmesser in die Schwingungsebene zu liegen kam. Das steht im Einklang mit der bekannten Tatsache, daß auch der Querschnitt stark windexponierter Bäume exzentrisch wird. Es bestehen hier leicht durchsichtige Beziehungen zu der mechanischen Inanspruchnahme.

Über die Winterfestigkeit beim Weizen. Schon lange hat die landwirtschaftliche Praxis ihr Augenmerk auf die Analyse der Eigenschaft „Winterfestigkeit“ gerichtet, um von hier aus zu der planmäßigeren Züchtung resistenter Rassen zu gelangen. Einen Beitrag zu dieser Frage liefert eine kürzere Mitteilung von AKERMAN, die sich auf den gewöhnlichen Weizen (*Triticum vulgare*) bezieht (Beitr. z. landw. Pflanzenbau. Berlin 1924). Die der Arbeit zugrundeliegenden Versuche sind in der bekannten schwedischen Saatzüchtungsanstalt Svalöf angestellt. *Triticum vulgare* wird dort in zahlreichen Rassen kultiviert, die sich nach dem Verhalten im Feldversuch hinsichtlich ihrer Winterfestigkeit in 10 Klassen bringen lassen: am Anfang steht der Sammetweizen mit der höchsten, am Schluß der Sommerweizen aus Holland mit der geringsten Resistenz. Versuche im Laboratorium zeigten nun, daß die Winterfestigkeit, wie zu vermuten ja nahelag, offenbar der Frostempfindlichkeit parallel geht. Vertreter der 10 Klassen wurden einem künstlichen Einfrieren und Wiederauftauen ausgesetzt, und es ergab sich dieselbe Reihenfolge. Nun haben schon früher GASSNER und GRIMME auf einen weiteren Parallelismus bei

Getreidearten, und zwar bei Roggen und Gerste, hingewiesen, nämlich den zwischen Kälteresistenz und Zuckergehalt, eine Beziehung, die insofern ökologisch durchsichtig ist, als ja hoher Zuckergehalt der Zellen den Gefrierpunkt herabsetzt und gleichzeitig entquellend auf das Plasma wirkt. Als Hydrogel aber ist das Plasma im entquollenen Zustand widerstandsfähiger gegen äußere Schädigungen. Es lag nahe, diese Verhältnisse auch bei den vorliegenden Weizenrassen zu untersuchen. Die Übereinstimmung zwischen Theorie und Erfahrung war verblüffend gut: je größer die Kälteresistenz, desto größer auch der Zuckergehalt, am Anfang steht wieder der Sammetweizen mit dem relativen Zuckergehalt 100, am Schluß der Sommerweizen mit dem relativen Gehalt 24, und alle Zwischenglieder fügen sich in entsprechender Reihenfolge ein. Weiterhin zeigten Vererbungsversuche, die in der Arbeit tabellarisch belegt werden, daß die Eigenschaften „Kälteresistenz“ und „Zuckergehalt“ gekoppelt übertragen werden, was ohne weiteres verständlich ist, wenn im angedeuteten Sinn die eine Eigenschaft durch die andere bedingt ist. Die große praktische Bedeutung dieser Feststellung liegt nun darin, daß darnach dem Zuckergehalt ein erbliches Gen zugrunde liegt, und daß sich auf diesem Wege die Möglichkeit eröffnet, durch geschickt gewählte Kombinationen die Eigenschaft „Kälteresistenz“ mit anderen wertvollen Eigenschaften wie Körnerertrag zu verbinden. Es gibt Anhaltspunkte dafür, daß bei ganz anderen landwirtschaftlichen Gewächsen (Kohl, Rüben) die Verhältnisse entsprechend liegen.

Zur Waldentwicklung im Interglazial von Schladming an der Enns. Während die pollenanalytische Literatur über postglaziale Ablagerungen in den letzten Jahren ganz gewaltig angeschwollen ist, liegen für die Interglazialzeiten nur ganz vereinzelte Mitteilungen von C. A. WEBER, auf den letzten Endes die ganze pollenanalytische Forschung zurückgeht, vor. Hier eröffnet sich noch ein weites Arbeitsfeld, in das sich eine kürzlich erschienene Studie von FIRBAS einfügt, welche die Torfkohlenlager von Schladming an der Enns zum Gegenstand hat. Der allgemeine floristische Charakter dieses gegen 1000 m hoch gelegenen Torfkohlenflözes ist schon von ZAILER näher untersucht worden. Darnach handelt es sich um ein Verlandungsmoor mit der üblichen Schichtenfolge: Tonmudde-Moostorf-Schilftorf-Waldtorf (Erle und Birke) und darüber stellenweise Hochmooranflüge (Torfmoos-Wollgrastorf). Die pollenanalytischen Zählungen von FIRBAS (Beih. z. Botan. Zentralbl. 41. 1925), haben nun ergeben, daß die Pollenspektren in diesem oben und unten von Moränen begrenzten und wahrscheinlich dem letzten Interglazial (Riss-Würm-Interglazial), angehörigen Schichtkomplex einen gesetzmäßigen Wandel zeigen. Wir haben zu Beginn über 70% Kiefer, über 20% Fichte und etwas Birke, also 3 wenig wärmebedürftige Bäume. Die Kiefer fällt nun rasch ab, die Fichte steigt entsprechend an. Wie in den postglazialen Mooren der kontinental getönten Gebiete Mitteleuropas folgt der *Kieferzeit* eine *Fichtenzeit*. Während sich die Fichte ihre dominante Stellung erobert, erscheint der Eichenmischwald, die Erle und die Hasel auf dem Feld. Wohl im Zusammenhang mit der beträchtlichen Höhenlage erreichen aber Hasel und Eichenmischwald nur geringe Prozente, eine typische Eichenzeit, wie sie sonst vielfach im Interglazial zu verzeichnen ist, bleibt aus. Nur die Tanne gelangt noch neben der sich dauernd auf der Höhe behauptenden Fichte zu stärkerer Vertretung (bis 20%); wir stehen in der *Fichten-Tannenzeit*. Mit

ihr bricht — offenbar vor der Rückkehr des Eises die Entwicklung ab, weil die Torfbildung zum Stillstand gelangte. Sehr auffällig ist, daß jeder Hinweis auf das Vorhandensein der Buche fehlt. Daß es sich hierbei um keinen Zufall handelt, darf man daraus schließen, daß dieser Zug einer ganzen Menge von interglazialen Floren in Nord-, Mittel-, und Süddeutschland sowie in der Schweiz eigentümlich ist. Das gilt aber nicht allgemein. So stellte C. A. WEBER bei Fahrenkrug (Holstein) die Sukzession: Kieferzeit-Eichenzeit-Buchenzeit (mit viel Buche!) und dann wieder Kieferzeit fest. Diese Differenzen werden am besten wohl derart gedeutet, daß den verschiedenen Sukzessionstypen auch verschiedene Interglazialzeiten entsprechen, für die dann auch eine verschiedene klimatische Tönung anzunehmen ist. Das wird sich aber erst dann mit allgemeiner Sicherheit aussprechen lassen, wenn ein größeres statistisches Material vorliegt. Am Schlusse seiner Arbeit gibt FIRBAS einen Überblick über die bislang bekannt gewordenen interglazialen Waldfolgen, die z. T. vollständiger sind als diejenige von Schladming, weil auch noch das glaziale Anfangs- oder Schlußglied nachweisbar ist. So haben wir beim Rabutzer Beckenton bei Halle die Sukzession: Glazialton mit Gletscherweiden und Zwergbirken — Kieferzeit — Eichenzeit (mit reicher Baumflora ausschließlich der Buche), und dann wieder auffällige Verarmung unter Zunahme der Kiefer, ein Verhalten, das, wie bei Fahrenkrug, mit dem erneuten Vordringen des Eises im Zusammenhang steht. Und bei KLINGE (Mark Brandenburg) folgen aufeinander: Kieferzeit (mit Birke und Espe) — Fichtenzeit (mit Eichenmischwald, Hasel und Erle) — dann wieder Kieferzeit und schließlich Glazialtone mit der arktisch-alpinen Dryasgesellschaft. Ein vollständiger Florenzyklus Glazial-Interglazial-Glazial fehlt noch auf deutschem Boden.

Korrelative Wachstumshemmung der Achselknospen. Es ist eine bekannte Erfahrungstatsache, daß bei Leguminosenkeimlingen die Achselknospen austreiben, wenn man die Sproßspitze mit dem Vegetationspunkt entfernt. Vom Standpunkt des Organersatzes ist dieses Verhalten durchaus verständlich, kausal-mechanisch kann es aber in verschiedener Richtung gedeutet werden. Das einfachste wäre es, anzunehmen, daß die durch das Fehlen der Spitze verfügbar werdenden Baustoffe, die von den Reservestoffbehältern oder dem Wurzelsystem zugeleitet werden, nunmehr den Achselknospen zugute kommen. Man könnte aber auch annehmen, daß von der Vegetationsspitze ein hemmender Einfluß ausgeht, der die Achselknospen am Austreiben verhindert. Beide Auffassungen habe ihre Verfechter gefunden. Indessen hat sich die Wagschale durch die Arbeiten von MAC CALLUM und MOGK im Sinne der zuletzt erwähnten Deutung geneigt. Zu einer entsprechenden Auffassung gelangt neuerdings auch SNOW auf Grund von Versuchen, die mit Bohne (*Phaseolus*) und Saubohne (*Vicia*) angestellt worden sind (Ann. of botany 39. 1925). SNOW konnte zeigen, daß bei der Bohne die hemmende Wirkung der Spitze sich nicht nur dann zeigt, wenn normaler Zusammenhang zwischen Spitze und Achselknospen vorhanden ist, vielmehr findet diese korrelative Beeinflussung auch statt, wenn man über den Achselknospen den Sproß derart ringelt, daß entweder bloß die Rinde, oder die Rinde + Gefäßring entfernt wird, so daß nur noch eine Markbrücke vorhanden ist; auch ein Xylemkranz mit 1–2 Lagen Markzellen genügt, um das Austreiben der Achselknospen hintanzuhalten. Für diese Versuche könnte aber noch die Deutung mit dem Nähr-

stoffstrom herangezogen werden, denn diese Gewebebrücken könnten ja ein Aufwärtswandern der Baustoffe ermöglichen und dadurch dem Vegetationspunkt gegenüber den Achselknospen ein Übergewicht verleihen. Hier setzen nun die Versuche mit der Saubohne ein. Eine ringförmige Stengelzone wurde 20–30 Minuten der Einwirkung von heißem Dampf ausgesetzt, wodurch die äußersten Zelllagen getötet wurden. Es zeigte sich nun, daß jetzt die Achselknospen unterhalb des Ringes austreiben, obwohl die Sproßspitze weiterwuchs, also offenbar nach wie vor mit Baustoffen versorgt wurde; die Behandlung hat nur den korrelativen Zusammenhang zwischen Vegetationspunkt und Achselknospen durch irgendwelche physiologische, im einzelnen noch nicht geklärte Störungen unterbrochen. Worauf dieser korrelative Zusammenhang beruht, das ist noch nicht geklärt. Es ist aber nahelegend, zu denken, daß dabei die Diffusion bestimmter, vom Vegetationspunkt ausgehender Stoffe eine Rolle spielt. Dafür sprechen tatsächlich Versuche, bei denen der organische Zusammenhang zwischen dem Vegetationspunkt und den Achselknospen unterbrochen, gleichzeitig aber dafür gesorgt war, daß über die Schnittfläche hinweg eine Diffusion stattfinden konnte; auch unter diesen Verhältnissen wurde der Hemmungseffekt nach der Basis weitergegeben. SNOW hat auch versucht, die Frage zu entscheiden, ob die Hemmung von einem Individuum auf das andere übertragen werden kann. Er hat zu dem Zweck Saubohnenkeimlinge dekapiert und sie dann seitlich mit nichtdekapierten Keimlingen zusammengeschürt, wobei an der Berührungsstelle beiderseits die Epidermis zur Ermöglichung des Stoffübertrittes entfernt war. Diese Versuche hatten aber ein negatives Ergebnis, d. h. die Achselknospen der dekapierten Stümpfe trieben aus, obwohl der Übertritt zum mindesten von Salzen an der Kontaktstelle nachgewiesen werden konnte. Dieses Ergebnis kann vorläufig dahin interpretiert werden, daß die Korrelationsträger nur auf das zugehörige Individuum wirken, doch müssen hier erst weitere Versuche abgewartet werden, da vereinzelt negativen Befunden gegenüber immer eine gewisse Skepsis am Platze ist.

Über transversale Kompaßpflanzen. Als „Kompaßpflanzen“ bezeichnete STAHL vor einigen Jahrzehnten den nicht sehr verbreiteten Typus von Gewächsen, die ihre Blattspreite vertikal stellen, und zwar derart, daß sie in der Nordsüdrichtung verläuft. Der Sinn dieser Einrichtung besteht darin, daß das Licht nur am Morgen und am Abend senkrecht auf die Blattfläche fällt, während es in den Mittagsstunden die Kanten trifft. Auf diese Weise wird eine zu starke Insolation, die zugleich eine Schädigung des Chlorophylls, wie auch eine übermäßige Transpiration herbeiführen kann; vermieden. Tatsächlich konnte KARSTEN in vergleichenden Messungen einen recht erheblichen Temperatur- und Transpirationsüberschuß zugunsten der senkrecht belichteten Assimilationsflächen feststellen. So zeigte die bekannte Kompaßpflanze *Lactuca scariola* am Abend eine viel höhere Wasserabgabe als in den Mittagsstunden, eine Beobachtung, welche die Zweckmäßigkeit der mittäglichen Profilstellung in schönster Weise kennzeichnet. KARSTEN weist nun darauf hin, daß die Kompaßstellung ihren richtigen Sinn eigentlich nur in der gemäßigten Zone hat. In

der Nähe des Äquators genügt schon die Vertikalstellung der Blätter allein, um das mittags nahezu senkrecht von oben einfallende Licht abzuhalten. So ist es verständlich, daß in tropischen Gegenden vielfach vergebens nach einer Kompaßstellung gefahndet worden ist. Das gilt speziell von den Opuntien in Mexiko, und in diesem Zusammenhang gewinnt die Tatsache an Bedeutung, daß gerade bei diesem Objekt *in unseren Breiten* eine Nordsüdeinstellung von KARSTEN nachgewiesen worden ist. Neuerdings hat nun STOCKER (Flora 120. 1926) in der ägyptischen Wüste einen Typus von Pflanzen festgestellt können, deren Blätter ebenfalls eine bestimmte Einstellung zur Himmelsrichtung aufweisen, aber die senkrecht gestellte Spreite verläuft hier *von Westen nach Osten*, also senkrecht zu der Orientierung der eigentlichen Kompaßpflanzen, weshalb STOCKER von *transversalen Kompaßpflanzen* redet. STOCKER erblickt nun in diesem Verhalten, das er bei einer Reiherschnabelart, *Erodium arborescens*, entdeckte, eine Anpassung an die andersartigen Lichtverhältnisse bei geringerer geographischer Breite. Das Mittagslicht wird hier, wie schon angedeutet, allein schon durch die Vertikalstellung abgewehrt. In größerer Äquatornähe kann aber schon das morgendliche und abendliche Licht, das mehr minder horizontal einfällt, gefährlich werden. Dem kommen nun die transversalen Kompaßpflanzen durch die spezielle Art ihrer Einstellung entgegen: dadurch, daß die Spreite von Westen nach Osten verläuft, trifft das Morgen- und das Abendlicht nur die Schmalseite der Blätter. Auch hier ist also die Zweckmäßigkeit der Einrichtung einleuchtend. Bis jetzt erstrecken sich die Beobachtungen STOCKERS nur auf die eine genannte Pflanze, und es muß der Zukunft überlassen bleiben, zu ermitteln, ob es sich hierbei um eine weiter verbreitete Erscheinung handelt. Auch der Mechanismus der Einstellung in die Westostrichtung bedarf noch einer näheren reizphysiologischen Analyse.

Eine eigenartige Lebensgemeinschaft zwischen *Fucus* und *Mytilus*. Den Anlaß zu den recht auffälligen Beobachtungen NIENBURGS über das Zusammenleben des Blasentangs (*Fucus*) mit der Mießmuschel (Ber. d. dtsh. bot. Ges. 43. 1925) bot die Tatsache, daß der Blasentang bestandsweise nördlich von Sylt mitten im Wattenmeer vorkommt. Das fällt deshalb aus dem üblichen Rahmen heraus, als sich *Fucus* gewohnheitsmäßig mit einer Haftscheibe auf fester Unterlage anheftet. Beim Herausziehen einzelner Algenbüschel ergab sich nun, daß an ihnen stets Mießmuscheln verankert waren, nicht etwa in der Weise, daß die Algen sich von sich aus festgeheftet hätten, vielmehr hatten die Muscheln vermittle ihrer Byssusfäden einen soliden Kontakt hergestellt. Diesen Vorgang konnte NIENBURG in allen Einzelheiten verfolgen, wenn er in Aquarien mit *Fucus* Mießmuscheln verbrachte. In kürzester Frist waren die Tiere an der Arbeit. Nach der Auffassung von NIENBURG handelt es sich hier um eine Wechselbeziehung mit gegenseitigem Nutzen. Auch MYTILUS ist eine festsitzende Lebensweise gewohnt und würde im weichen Schlick versinken, wenn sie sich selbst überlassen wäre; andererseits findet *Fucus* an den Muschelschalen, die meist in der Mehrzahl an dem Tange hängen, den erstrebten Halt und ist damit nicht der Gefahr ausgesetzt, von jeder leichten Strömung vom Standort verschleppt zu werden. STARK.

Hermann Ambronn zum siebenzigsten Geburtstage

(11. August 1926).

Von A. FREY, Zürich; A. KÖHLER, Jena; W. I. SCHMIDT, Gießen; K. SPANGENBERG, Kiel;
R. ZSIGMONDY, Göttingen.

In wissenschaftlicher Leistung verschmelzen *Gunst des Geschickes* und *persönliches Verdienst* — dieses vor allem gewertet am Maß selbständigen und folgerichtigen Denkens — oft zu untrennbarem Ganzen. Wenn wir, den siebenzigsten Geburtstag des Meisters zum Anlaß nehmend, in HERMANN AMBRONNS Werk den Anteil beider zu sondern versuchen, so hat Fortuna nur die ersten Schritte gelenkt. Denn begierig nahm der junge Botaniker C. v. NÄGELIS, des großen Biologen und gründlichen Kenners des Mikroskops, Hypothese vom micellaren Aufbau der organisierten Substanzen auf und zugleich die Neigung zu einer Forschungsart mit dem Mikroskop, die tiefer geht als die Anwendung eines bloß vergrößernden Werkzeuges. Aber daß er trotz mangelnder Anteilnahme der engeren Fachgenossen solcher Anregung treu blieb und daraus mit dem Rüstzeug strenger physikalischer Methodik in geistvoll ersonnenen und scharfsinnig gedeuteten Versuchen eine sicher begründete Theorie vom Feinbau geordneter Dispersoide schuf, die nun von Ultramikroskopie und Röntgenspektroskopie besiegelt, ein bis in die feineren Züge getreues Bild der Wirklichkeit gibt — das bleibt sein persönlichstes Verdienst. Wohin H. AMBRONN auch den Zauberspiegel des polarisierten Lichtes lenkte, sei es durch Teile der Organismen, gedehnte Gele, Metallspiegel oder Krystalle, immer verstand er, das Rätsel der Erscheinungen im Sehfeld des Mikroskops zu lösen und das helle Licht, das er über so viel verschiedene Gegenstände verbreitete, in einem Bilde zu sammeln. Dafür sprechen heute dem Forscher und Lehrer AMBRONN Mikroskopie und Kolloidchemie, Mineralogie und Biologie längst empfundener Dank aus und zugleich den herzlichen Wunsch: Noch viele Jahre möge Meister AMBRONN in der rüstigen Kraft erfahrenen Alters schaffen und der aufgehenden Saat seiner Lehren sich erfreuen.

W. I. SCHMIDT, Gießen.

Hermann Ambronn und die wissenschaftliche Mikroskopie.

Als ich von dem Plan erfuhr, HERMANN AMBRONNS siebenzigsten Geburtstag durch eine Festgabe in den „Naturwissenschaften“ zu feiern, war es mir nicht zweifelhaft, daß der Hauptbeteiligte diesem Beginnen wohl keinen besonderen Beifall zollen werde. Entsprechen doch solche persönliche Feiern nur wenig seiner Sinnesart. Ich werde mich darum in den folgenden Zeilen, die seine großen Verdienste um einen Wissenszweig schildern sollen, der auch mir nahesteht, mög-

lichst auf das Sachliche beschränken: es mag das Werk den Meister loben.

Die Ausbreitung und Vertiefung unserer Kenntnisse auf allen Gebieten der Wissenschaft hat eine solche Fülle von Stoff zutage gefördert, daß der Rahmen der in herkömmlicher Weise gesonderten Einzelwissenschaften zu eng geworden ist, und daß deren Vertreter kaum mehr imstande sind, ihr ganzes Gebiet zu beherrschen. Die Wissenschaften zerfallen mehr und mehr in kleinere Sondergebiete, und an den Grenzgebieten sind neue Wissenschaften entstanden. Es hat sich jedoch nicht nur der jeder Wissenschaft eigene Stoff vermehrt, auch die Hilfsmittel, deren sich die Forschung bedienen muß, um ihre weitergesteckten Ziele zu erreichen, sind vollkommener und zahlreicher, dafür aber auch in der Handhabung schwieriger geworden. Wer sie mit Erfolg verwenden will, bedarf neben seinem Fachwissen noch mehr oder weniger eingehender Kenntnisse auf denjenigen fremden Wissensgebieten, die ihm diese Hilfsmittel geboten haben. Vor allem trifft das für ein Instrument zu, das der Unterstützung und Erweiterung unseres vornehmsten Sinnes, des Gesichtes, dient, für das Mikroskop.

Lange waren es vorwiegend die biologischen Wissenschaften und die in gewisser Hinsicht dazu gehörende Heilkunde, die sich des Mikroskops bedient haben; erst später haben auch diejenigen Wissenschaften, welche sich mit der Erforschung der anorganischen Natur befassen, und viele Zweige der Technik begonnen, in steigendem Maße dieses Instrument zu verwenden.

Mit vollem Erfolg kann sich aber nur derjenige dieses Hilfsmittels bedienen, der die physikalischen Gesetze kennt, auf denen dessen Leistung beruht. Manche haben das schon zu einer Zeit eingesehen, als man noch glaubte, die Wirkungsweise des Mikroskops allein auf Grund der so anschaulichen Vorstellungen vom gradlinigen Lichtstrahl, mit Hilfe der Lehren der sog. geometrischen Optik, verstehen zu können. Nicht wenige für ihre Zeit ausgezeichnete Darstellungen des Mikroskops und seiner Handhabung stammen aus der Feder solcher Biologen, besonders von Botanikern, die die Mühe nicht scheuten, sich die erforderlichen optischen Kenntnisse anzueignen. Aber diese Ansichten über die Wirkung des Mikroskops bestehen, wie wir seit ABBE wissen, nicht zu Recht. Je weiter man mit dem Mikroskop in den feineren Bau der uns umgebenden Welt einzudringen suchte, desto weiter entfernte man sich von der Grundlage, auf der das ganze Lehrgebäude der geometrischen

Optik ruht: von der Annahme, daß die Ausbreitung des Lichtes so erfolge, als ob der leuchtende Körper geradlinige Strahlen aussende, die nur nach den bekannten Gesetzen der Spiegelung und Brechung ihre Richtung ändern. Diese, durch die tägliche Erfahrung anscheinend so gut gestützte Vorstellung ist aber nicht richtig, und die aus ihr gezogenen Folgerungen stimmen im allgemeinen um so weniger mit dem tatsächlichen Verlauf der Lichtausbreitung überein, je kleiner die Abmessungen der Körper werden, die die Ausbreitung des Lichtes beeinflussen. Es sind die Gesetze der Beugung und der Interferenz, die statt des Spiegelungs- und Brechungsgesetzes die Lichtausbreitung beherrschen. Mit dieser Erkenntnis fällt aber grundsätzlich die Berechtigung, die von den optischen Instrumenten entworfenen Bilder so, wie es uns durch die tägliche Erfahrung vertraut ist, aufzufassen und zu deuten als Projektionen der dargestellten Gegenstände, wenn auch als solche, die bei dem Mikroskop durch die besonderen Umstände der Strahlenbegrenzung in mancher Hinsicht fremdartig erscheinen mögen. Damit ist aber auch die Möglichkeit in Frage gestellt, aus solchen Bildern mikroskopischer Objekte überhaupt noch berechtigte Schlüsse über Form und Größe des Gegenstandes selbst zu ziehen. Man muß fragen: wo liegt die Grenze, bis zu der man die Bilder optischer Instrumente noch in der altgewohnten Weise deuten darf? Besteht eine scharfe Grenze oder ein allmählicher Übergang zwischen dem Gebiete, wo einerseits noch ein sicheres Erkennen von Formen und Größen möglich ist, und jenem anderen, wo das Bild nur mehr oder minder fragwürdige Anzeichen eines feineren Gefüges liefert? Was kann man noch aus solchen Anzeichen mit Sicherheit schließen? Von welchen Umständen ist die Lage dieser Grenze abhängig? Es ist klar, das sind Fragen, deren Beantwortung für jeden Forscher, der das Mikroskop zu feineren morphologischen Untersuchungen verwendet, von größter Bedeutung ist: wird doch die Sicherheit der Beobachtung, die Grundlage jeder wissenschaftlichen Tätigkeit auf diesem Gebiet, durch sie unmittelbar berührt. Und doch sind es andererseits Fragen, die dem Arbeitsgebiet der einzelnen Wissenschaften, die sich des Mikroskops bedienen müssen, fremd sind, auf die diese Wissenschaften von sich aus keine Antwort geben können. Bei der Ermittlung der Tatsachen spielen diese Dinge etwa eine ähnliche Rolle, wie die Kenntnis und Anwendung der richtigen Formen und Regeln des Denkens dann, wenn solche Tatsachen zu Erkenntnissen verarbeitet werden sollen. Ähnlich wie jene Kenntnisse Gegenstand einer besonderen Wissenschaft sind, so bilden auch diese Dinge einen besonderen Wissenszweig, die wissenschaftliche Mikroskopie.

Von diesen Gesichtspunkten ausgehend, hatte AMBRONN als Botaniker schon in Leipzig während eines Jahrzehntes etwa Vorlesungen über die Theorie des Mikroskops und über den Gebrauch des Polarisationsmikroskops abgehalten, allerdings

mit außerordentlich bescheidenen Hilfsmitteln, da die erforderliche Unterstützung der maßgebenden Stellen leider ausblieb. Erst nach seiner Übersiedelung nach Jena wurde es AMBRONN möglich, diese Pläne in einem weiteren Umfang zu verwirklichen. 1902 wurde auf ABBES Veranlassung aus den Mitteln der Carl-Zeißstiftung das erste Institut für wissenschaftliche Mikroskopie an einer deutschen Universität gegründet, und dessen Leitung übernahm AMBRONN. Über die Einrichtung sowie über die Aufgaben solcher Institute im allgemeinen hat sich AMBRONN in einer besonderen Veröffentlichung (Zeitschr. f. wiss. Mikroskopie 24. 1907) ausgesprochen. Über das, was in diesem kleinen Institut neben dem regelmäßigen Unterricht geleistet worden ist, werden die folgenden Mitteilungen teilweise noch nähere Angaben bringen. Außer diesem Unterricht während des Semesters sind auf Veranlassung von AMBRONN auch noch während der Ferien kürzere auf etwa acht Tage beschränkte Ferienkurse zunächst in Jena gehalten worden, in denen einzelne ausgewählte Kapitel der Mikroskopie behandelt wurden. Für den zahlreichen Besuch dieser Veranstaltungen reichten die Mittel und Räume des kleinen Instituts nicht aus: die Firma Carl Zeiß hat sie dadurch unterstützt und ermöglicht, daß sie die zahlreichen erforderlichen Apparate und die Hilfskräfte stellte; geeignete Räume für die Vorlesungen und Übungen wurden in anderen größeren Universitätsinstituten von deren Leitern in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt. Solche Kurse sind wiederholt, und zwar nicht nur in Jena, sondern meistens an auswärtigen Universitäten, auch außerhalb Deutschlands, bei sehr zahlreicher Beteiligung abgehalten worden, der letzte, 18., im Anschluß an die Hundertjahrfeier der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte im Herbst 1922 in Leipzig.

Jedoch nicht nur als Forscher und Lehrer ist AMBRONN mit ausgezeichnetem Erfolg tätig gewesen. Vom Jahre 1899 bis 1906 war er Leiter der Mikroskopabteilung der Zeißschen Werkstätte. In dieser Stellung hat er unter anderem eine Aufgabe übernommen, die für die Geschichte des Mikroskops von großer Bedeutung ist. Er hat nicht nur das für die geschichtliche Entwicklung der Erzeugnisse dieser einen Werkstätte wichtige Material gesammelt, das vielfach verloren zu gehen drohte, weil keine einheitlich geleitete Sammelstelle vorhanden war, sondern auch jede sich bietende Gelegenheit benutzt, um historisch interessante Instrumente fremder Herkunft in Originalen oder, wenn das nicht möglich war, wenigstens in Modellen zu erwerben. So hat er eine ausgezeichnete Sammlung geschaffen, die die Entwicklung des Mikroskops von seiner Erfindung an veranschaulicht. Erfreulicherweise hat sie nun endlich nach langer Zeit, gemeinsam mit Sammlungen anderer optischer Instrumente, ein würdiges, ihrem hohen Werte angemessenes Heim gefunden. Wer weiß, wie oft manche Erfindungen immer und immer wieder auftauchen, wird die

Belehrung zu würdigen wissen, die historische Studien und besonders Sammlungen, wie die von AMBRONN begründete, zu geben vermögen.

A. KÖHLER, Jena.

Hermann Ambronn und die Kolloidchemie.

Auch die Kolloidforscher entbieten ihrem verehrten Kollegen H. AMBRONN die herzlichsten Grüße und Glückwünsche zu seinem siebzigsten Geburtstage; hat er doch in jahrzehntelanger Arbeit die Bestrebungen der Kolloidphysik und Strukturlehre wesentlich gefördert!

Unentwegt hielt er trotz aller Gegenströmungen an den Gedankengängen seines Lehrers NÄGELI fest und vermochte durch eigene Untersuchungen dieselben wesentlich zu stützen und zu erweitern. Kein Wunder, daß die Arbeiten AMBRONNS in einer Zeit, in welcher die der NÄGELISCHEN entgegengesetzte Forschungsrichtung von hervorragenden Autoritäten gefördert wurde, nicht die ihnen gebührende Anerkennung fanden.

Heute wissen wir, daß NÄGELIS Theorien der Fasern, Gallertstrukturen und kolloiden Lösungen auf einer guten Grundlage aufgebaut sind, und die durch Ultramikroskopie und Kolloidforschung geschaffenen Begriffe Primär- und Sekundärteilchen¹⁾ finden ihr Gegenstück in den NÄGELISCHEN Begriffen Micell und Micellverbände.

Unbestimmt blieb lange Zeit die Antwort auf die Frage, ob die Primärteilchen wirklich kleine Kryställchen sind, was NÄGELI bezüglich seiner Micelle behauptet hat, oder ob die ultramikroskopischen (im gewöhnlichen Mikroskop nicht mehr sichtbaren) Teilchen der kolloiden Lösungen und Gele etwa amorph oder flüssig sind. Neuere Untersuchungen haben nun entgegen einer weit verbreiteten Meinung ergeben, daß die Primärteilchen in kolloiden Lösungen in der Tat oft krystallin sind, also echte Micelle im Sinne NÄGELIS. H. AMBRONN hat dies bei Gold und Silber in einer gemeinschaftlich mit dem Verfasser dieser Zeilen durchgeführten Arbeit wahrscheinlich gemacht durch Feststellung des Pleochroismus gedehnter mit kolloidem Gold und Silber gefärbter Gelatinehäutchen. Das optische Verhalten dieser Systeme läßt sich viel einfacher unter der Annahme anisodimensionaler und anisotroper Metallteilchen als auf andere Weise erklären. Diese Folgerung wurde weiter gestützt durch die Feststellung von AMBRONN, daß man zuweilen pleochroitische Krystalle von Silber unter dem Mikroskop erhalten kann, die denselben Pleochroismus aufweisen, wie gedehnte Silber- oder Gelatinehäutchen²⁾.

¹⁾ Vgl. ZSIGMONDY, Kolloidchemie. 5. Auflage. S. 40.

²⁾ Auf den Zusammenhang aller dieser Erscheinungen mit dem gleichfalls von AMBRONN entdeckten Pleochroismus gefärbter Fasern, ferner dem Diochroismus von Metallspiegeln (nach KUNDT oder nach F. BRAUN erzeugt), wies AMBRONN in einer beachtenswerten Abhandlung (Physikal. Zeitschr. 8, 665—668. 1907) hin.

Viel später wurde bekanntlich die krystalline Natur der betreffenden Kolloidteilchen von SCHERRER durch Röntgenaufnahme nach der Methode DEBYE-SCHERRER, also auf ganz anderem Wege, mit Sicherheit erwiesen.

Darin liegt eine sichere Bestätigung der von AMBRONN gehegten Gedankengänge.

Aber auch bei organischen Kolloiden wußte H. AMBRONN die Existenz anisotroper Micelle, also ultramikroskopischer krystalliner Teilchen im höchsten Grade wahrscheinlich zu machen. In einer bedeutungsvollen Arbeit über das optische Verhalten und die Struktur des Kirschgummis wies AMBRONN — anknüpfend an eine Streitfrage zwischen EBNER und SCHWENDENER — bereits 1889 darauf hin, daß die eigentümliche (anomale) positive Doppelbrechung des gequollenen Kolloids bei Druck weitaus am einfachsten zu erklären sei unter der Annahme einer Orientierung stäbchenähnlicher Micelle, deren Elastizitätsellipse (im Sinne von NÄGELI) senkrecht zur Längsachse des Stäbchens orientiert ist. Hier wird auch in klarer Weise auf die Unterschiede zwischen Spannungs- und Orientierungsdoppelbrechung hingewiesen, zwei verschiedene Erscheinungen, die sich zuweilen überlagern. Er zeigte ferner, daß auch bei anderen Kolloiden (Wachs, Tragant usw.) diese Auffassung weitaus am besten die Verhältnisse erklärt.

Weiterhin gelang es HERMANN AMBRONN unter Berücksichtigung der WIENERSCHEN Theorie das optische Verhalten des gedehnten Celloidins und Celluloids und viele andere Kolloide aufzuklären. In diesen Arbeiten wird darauf hingewiesen, daß man die Stäbchendoppelbrechung isotroper Gebilde durch Einbettung in ein Medium von gleichem Brechungsexponenten wirkungslos machen und so die Eigendoppelbrechung der Micelle erweisen könne. Auf einen Triumph der Erkenntnisse AMBRONNS sei hier hingewiesen: Als er im Januar 1918 in Göttingen auf Einladung der Kgl. Gesellschaft der Wissenschaften zwei Vorträge über diesen Gegenstand hielt¹⁾, wurden von seiten eines Zuhörers Bedenken gegen die Schlußfolgerung AMBRONNS geäußert, die Cellulose bestehe aus Micellen von positiver Eigendoppelbrechung. Bald darauf konnte aber P. SCHERRER (an einem von AMBRONN zur Verfügung gestellten Ramiefaserbündel) mit Sicherheit die in Frage gezogene krystalline Beschaffenheit der Cellulose nachweisen, und unabhängig davon haben dann HERZOG und JANCKE das Gleiche bei vielen anderen Cellulosearten zeigen können. SCHERRER²⁾ schreibt darüber folgendes:

„Wir finden so das bemerkenswerte Resultat, daß die Einzelkryställchen in der Faser orientiert gelagert sind. Wir bestätigen damit die schönen optischen Untersuchungen von H. AMBRONN, welcher fand, daß sich die Doppelbrechung der

¹⁾ Göttinger Nachr. 1919, S. 299.

²⁾ ZSIGMONDY, Kolloidchemie. III. Auflage. S. 409 (SCHERRERS Beitrag).

Ramiefaser zusammensetze aus Stäbchendoppelbrechung mit Eigendoppelbrechung. Die Stäbchendoppelbrechung rührt her von der orientierten Lagerung der Einzelteilchen, die Eigendoppelbrechung davon, daß wir krystallinische, an sich doppelbrechende Teilchen vor uns haben.“

Wir sind dem verehrten Jubilar noch zu besonderem Dank verpflichtet dafür, daß er sich trotz seines hohen Alters kürzlich die große Mühe gegeben hat, gemeinsam mit FREY in einer Monographie¹⁾ den Wert einer ausgiebigen Benutzung des Polarisationsmikroskops für die Untersuchung kolloider Systeme darzutun. Hier ist das ganze Gebiet in Zusammenhang dargestellt, und trotz der Bescheidenheit AMBRONNS wird der Leser erkennen, wie eng die Entwicklung dieses Gebietes mit dem Namen AMBRONNS verknüpft ist.

Dem unbeeirrten Forscher und bewährten Lehrer nochmals unseren Dank und unseren Glückwunsch.

R. ZSIGMONDY, Göttingen.

Hermann Ambronn's Beziehungen zur Mineralogie.

Den Gebieten der Naturerkenntnis, die am heutigen Tage dem in aller Stille erfolgreich für ihren Fortschritt wirksam gewesenen Forscher Dank zu sagen wünschen, schließt sich auch die Mineralogie mit herzlichen Glückwünschen freudig an.

H. AMBRONNS besondere Arbeitsweise ist ja, zunächst von der Botanik ausgehend, durch die enge Verknüpfung mit der liebevollen Anwendung des Polarisationsmikroskops und insbesondere der Lehren der Krystalloptik charakterisiert. Das zeigen nicht nur seine Forschungsarbeiten, sondern das beweisen auch die Schriften, wie seine „Anleitung zur Benutzung des Polarisationsmikroskops bei histologischen Untersuchungen“ (1892) sowie seine wohlbekannte mit W. KÖNIG gemeinschaftlich besorgte Übersetzung von L. FLETCHER: „Die optische Indikatrix“ (1893). Dadurch hat er für unser Fach ebenso erfolgreiche Pionierarbeit auf Nachbargebieten geleistet, wie andererseits so mancher Mineraloge ihm Dank wissen muß für die durch ihn gelegentlich der bekannten Universitätskurse erfolgte Unterweisung in den Lehren der ABBESCHEN Theorie von der mikroskopischen Bildentstehung.

Vor allem aber kann an den nachfolgenden Beispielen gezeigt werden, welche wertvollen Erkenntnisse auch auf unserem Fachgebiete mit seinem Namen für immer verknüpft bleiben werden. So sei zunächst gedacht der gemeinsam mit M. LE BLANC veröffentlichten „Beiträge zur Kenntnis isomorpher Mischkrystalle“, deren Beobachtungsmaterial bei erst jetzt möglichen Untersuchungen des Wachstumsverhaltens solcher Mischphasen vollkommen verwertet werden wird, obwohl die den Beobachtungen damals (1894) gegebene Deutung abgeändert werden dürfte.

¹⁾ Band 5 der Sammlung von ZSIGMONDY, Kolloidforschung in Einzeldarstellungen. Noch nicht gedruckt.

Dann ist an die meines Wissens von AMBRONN zuerst (1896) richtig erkannten „Farbenerscheinungen an den Grenzen farbloser Objekte im Mikroskop“¹⁾ zu erinnern, die für das Arbeiten mit der Einbettungsmethode im weißen Licht so wichtig sind, um für eine mittlere Farbe eingetretene Lichtbrechungsgleichheit von Medium und Objekt zu erkennen. Grundlegend für alle zum vollen Verständnis der Einbettungsmethode notwendigen Folgerungen aus ABBESCHEN Lehren sind auch seine Beobachtungen, die er unter dem Titel: „Ein Demonstrationsversuch zur ABBESCHEN Theorie der mikroskopischen Wahrnehmung“²⁾ bekannt gegeben hat. Erwähnung verdient an dieser Stelle auch, daß eine Reihe von neueren Arbeiten über die Natur der Abbindevorgänge des Zementklinkers und die dabei auftretenden verschiedenen Phasen auf eine einschlägige Untersuchung AMBRONNS zurückzuführen sind (Tonindustrie-Ztg. 33, Nr. 28, 1909).

In den zahlreichen Untersuchungen, die AMBRONN den Anfärbungen pflanzlicher und tierischer Fasern und dem dabei zu beobachtenden starken Dichroismus gewidmet hat, finden sich soviel Parallelen und eigene wertvolle Beobachtungen zu den bis heute noch kaum genügend aufgeklärten künstlichen Anfärbungen von bereits gebildeten oder sich bildenden Krystallen, daß auch aus diesen Arbeiten mannigfache mineralogische Erkenntnisse hervorsprächen. Jedenfalls muß die Lösung der Frage nach der Ursache dieses Dichroismus³⁾ auch die Natur dieser Färbepvorgänge an Krystallen aufklären, die man anscheinend als einen in molekularer Verteilung durch Restkräfte gewisser Gitterkomponenten orientiert erfolgenden *Ein- bzw. Anbau* der färbenden an das Gitter der gefärbten Substanz aufzufassen haben wird. Es scheint dabei wichtig, die von H. AMBRONN seit langem beobachteten dichroitischen Pt-, Pd-, Au- und Ag-Färbungen, denen sich nach A. FREY auch entsprechende Cu-Färbungen anreihen, durch röntgenographische Analyse zu prüfen, ob hierbei wirklich labile, etwa rhombische, Modifikationen dieser sonst nur mit flächenzentriert-kubischem Gitter bekannten Metalle auftreten. Denn es erscheint einerseits möglich, daß hier nur Deformationen der regulären Gitter vorliegen, die nach neueren Untersuchungen von F. RINNE³⁾ nicht einmal die Gitteranordnungen gestört, sondern in erheblicherem Maße lediglich die Bahnen der optisch wirksamen Elektronen betroffen zu haben brauchen. Andererseits ist auch die Möglichkeit nicht zu vergessen, daß überhaupt keine dreidimensional periodischen Einlagerungen der färbenden Substanz vorzuliegen brauchen, weil ja zur Erklärung des dichroitischen Effektes eine im allgemeinen beliebige Anordnung mit gesetz-

¹⁾ Näheres bei K. SPANGENBERG, Fortschr. d. Mineralogie 7, 1–64.

²⁾ Vgl. A. FREY, Naturwissenschaften 13, 403–406. 1925.

³⁾ F. RINNE, Zeitschr. f. Krystallogr. 63, 236–246.

mäßiger Orientierung parallel oder senkrecht zu einem *einzig*en bei dem Anlagerungsvorgang bevorzugten Vektor unter Umständen ebenfalls genügen könnte. Der an Metallsiegeln und an besonders dünnen Ag- und Au-Krystallen von H. AMBRONN ebenfalls beobachtete Dichroismus wäre zur Entscheidung der Frage in gleicher Weise wie die krystallographische Natur aller anderen Arten dichroitischer Anfärbungen röntgenographisch zu überprüfen.

Schließlich müssen wir hier der schönen Arbeiten gedenken, in denen H. AMBRONN die anomalen Interferenzfarben der schon H. DE SENARMONT aufgefallenen Mischkrystalle von Strontium- und Bleidithionat untersucht hat¹⁾. Bekannt ist besonders die mühevollen und sorgfältigen Darstellung, die er dabei der objektiven Wiedergabe dieser den anomalen Farbenfolgen an Achsenbildern der Apophyllite wesensgleichen Erscheinungen durch Beigabe farbiger Tafeln gewidmet hat. Das Auftreten ebensolcher anomaler Interferenzfarben hat bei seinen Beobachtungen über Faser- und Gallertstrukturen eine ausschlaggebende Rolle gespielt und den sicheren Beweis von der Beteiligung eigendoppelbrechender, krystallisierter „Micelle“ am Aufbau dieser Substanzen mit erbracht. Daß damit in einer gewissen Parallele zu P. P. v. WEIMARN auch H. AMBRONN das Verdienst gebührt, in vielen Kolloiden feinste Dispersionen krystallisierter Materie lange vor dem heute geführten röntgenographischen Nachweis richtig erkannt zu haben, wurde von berufener Stelle hier hervorgehoben. Wie sehr aber die auch krystallographisch außerordentlich wichtige und lehrreiche Aufgabe, die Natur und Struktur dieser Micelle immer tiefer zu erforschen, durch systematische Weiterarbeit auf dem von H. AMBRONN hierbei eingeschlagenen Wege noch gefördert werden kann, das mag aus der Zusammenstellung von A. FREY „die Doppelbrechung der Dispersoide“²⁾ sowie aus einer der erst vor kurzem erschienenen Arbeiten H. AMBRONNS „über Gleitflächen in Zellulosefasern“³⁾ ersehen werden.

Das Vorstehende zeigt wohl zur Genüge, wie weitgehend fast alle von H. AMBRONN bearbeiteten Untersuchungsgebiete mit mineralogischen Erkenntnissen verflochten sind und wie sie uns wesentliche und bleibende Ergebnisse geschenkt haben und noch erbringen werden. Darum durfte an dieser Stelle heute auch die Mineralogie nicht fehlen, und sie grüßt den Jubilar mit dem herzlichsten Wunsche, daß er in ungetrübtem und sorgenfreiem Weiterschaffen auch fernerhin sich forschend jung erhalten, reiche Früchte ernten und schenken werde.

K. SPANGENBERG, Kiel.

Hermann Ambronn als Botaniker.

HERMANN AMBRONN war ursprünglich Botaniker. Seine Promotionsarbeit handelt über Rotalgen. Einmal erschien sogar eine *floristische* Arbeit über die Vegetation am Kingua Fjord in dem Werke über die Ergebnisse der deutschen Polar Expeditionen. Als eifriger Schüler SCHWENDENER wandte er sich aber vor allem exakten Problemen zu; Arbeiten über das Collenchym und die Theorie des Windens zeugen davon. Dabei ging er zwar für das Empfinden der Botaniker, welche die Anwendung der sphärischen Trigonometrie auf einen Lebensvorgang, wie das Winden der Pflanzen, nicht zu schätzen wußten, zu mathematisch vor. — Vor allem aber beschäftigte den jungen Botaniker die geniale Micellartheorie von NÄGELI. Er widmete sich polarisationsoptischen Untersuchungen der Zellmembranen und entdeckte dabei den Dichroismus der Jodfärbung, bald darauf den des Magdalarots, des Kongorots und vieler anderer Farbstoffe. Unter Zuhilfenahme der Micellartheorie konnte er die merkwürdigen Erscheinungen auf einfache Weise erklären. Ebenso ergab sich eine Erklärung für die auffallende optisch negative Reaktion der cutinisierten Membranen, die beim Erhitzen der Schnitte verschwindet und beim Erstarren der eingelagerten geschmolzenen Cutinmassen wieder erscheint. Dann fand er, daß sich der optisch anomale Kirschgummi bei Deformationen innerhalb der Elastizitätsgrenze optisch normal verhält, und er zeigte so, daß die optische Anomalie auf anisotrope Teilchen, wie sie die Micellartheorie voraussetzte, zurückzuführen ist. Schließlich folgte die Entdeckung der metallischen Silber-, Gold-, Platin- und Palladiumfärbung von Fasern. Ähnlich wie bei der Golgi-Färbung des Nervengewebes können durch Reduktion von Silbernitrat, Platin- oder Goldchlorid diese Metalle elementar in die Faser eingelagert werden. Die pflanzlichen Membranen werden aber dabei nicht völlig schwarz, sondern gefärbt und weisen einen wundervollen, farbenprächtigen Dichroismus auf, der mit den schönsten Dichroismusbeispielen aus der Mineralogie wetteifert. Alle diese Untersuchungen blieben indessen ohne Beachtung und haben auch in keinem botanischen Lehrbuch ihren Widerhall gefunden; MOLISCH ist vielleicht der einzige, der in seiner Mikrochemie das eigentümliche optische Verhalten der cutinisierten Membranen erwähnt.

1892 machte AMBRONN eine letzte Anstrengung, die Aufmerksamkeit seiner Fachgenossen auf das Studium der submikroskopischen Struktur der organisierten Substanzen zu lenken, indem er seine „Anleitung zur Anwendung des Polarisationsmikroskopes bei histologischen Untersuchungen“ veröffentlichte. Auch dieser Versuch blieb erfolglos. Die Interesslosigkeit an derartigen Problemen hatte ihren Grund nicht allein in der Unkenntnis der optischen Untersuchungsmethoden, sondern sie war in der ganzen Ent-

¹⁾ Zeitschr. f. Krystallogr. 52, 48–57, und Kolloid-Zeitschr. 9, 147–153.

²⁾ Kolloidchem. Beih. 20, 209–243.

³⁾ Kolloid-Zeitschr. 36 (ZSIGMONDY - Festschrift), 119–131.

wicklung der biologischen Wissenschaften begründet: man beschäftigte sich mehr mit dem Leben; Vererbungsfragen, Cytologie, Reiz- und Ernährungsphysiologie beanspruchten alle Kräfte für sich. Die Frage nach der Struktur der leblosen organisierten Substanzen mußte davor zurücktreten. Ungefähr gleichzeitig verlor auch die NÄGELISCHE Micellartheorie an Ansehen und galt dann später von den Strukturtheorien von BÜTSCHLI als überholt. Die Doppelbrechung der Membranen führte man, sofern man sie überhaupt noch der Erwähnung wert hielt, auf innere Spannungen zurück und die Stärkekörner wurden als Sphärokrystalle ausgegeben.

AMBRONN hatte NÄGELI noch kurz vor dessen Tode kennengelernt, ihm sein Leid geklagt und folgenden Trost erhalten: „Da machen Sie sich nur gar nichts daraus und arbeiten Sie in der alten Weise ruhig weiter; diese Fragen werden auch in der Botanik wieder einmal Beachtung erlangen, *wenn wir es auch nicht mehr erleben.*“ Diese trübe Prophezeiung hinderte indessen AMBRONN nicht, sein ganzes Leben dem Studium der submikroskopischen Struktur von doppelbrechenden Substanzen pflanzlicher und tierischer Herkunft zu widmen; selbst als ein anderer berühmter Botaniker ihm vorwarf, er treibe „botanische Allotria“, ließ er sich nicht abhalten, auf diesem Gebiete weiterzuarbeiten, freilich — wie er anlässlich eines Vortrages in der medizinisch-naturwissenschaftlichen Gesellschaft zu Jena in seiner humorvollen Weise einmal bemerkte — „gewissermaßen unter Ausschuß der Öffentlichkeit“.

1899 wandte sich AMBRONN völlig der Optik zu, indem er an den Lehrstuhl für wissenschaftliche Mikroskopie, den ABBE an der Universität Jena gegründet hatte, berufen wurde. Dadurch schied er aus der Reihe der Botaniker aus. Um sein Problem umfassend zu packen, unternahm er erst krystalloptische Arbeiten, zog dann alle möglichen Objekte aus der Kolloidchemie in seinen Untersuchungskreis und wurde so zum Kolloidforscher.

Obwohl er seine Untersuchungen an biologischen Objekten fortsetzte, hat er es verschmäht, je in einer botanischen Zeitschrift seine Arbeiten über den Aufbau der Zellulose und der Zellmembranen zusammenfassend darzustellen, vielleicht nicht zuletzt, weil er nie dazu aufgefordert wurde; dagegen folgte er 1908 der Einladung zur Mitarbeit an der Festschrift für seinen ehemaligen Lehrer WIESNER in Wien und schrieb eine interessante Studie über die Veränderung des chemischen und physikalischen Verhaltens der Cellulose durch die Einlagerung von Zinksulfid. Selbst als kurz nach seinen grundlegenden Veröffentlichungen über die von ihm in vielen Kolloiden aufgefundene Stäbchendoppelbrechung durch die Entdeckung der Röntgendiagramme pflanzlicher Fasern seine Anschauungen endgültig bewiesen wurden, blieb er stumm; seine stille Forscherart sträubte sich, zu triumphieren.

So kam es, daß die Arbeiten AMBRONNS und seiner Schüler bis in die neueste Zeit den Botanikern verschlossen blieben; seine Entdeckungen wurden von der Kolloidchemie gekrönt — und trotzdem ist er im Grunde seines Herzens der Botanik, seiner in der Jugend erwählten Wissenschaft, treu geblieben. Seine jüngste Arbeit in der Zsigmondy-Festschrift behandelt wieder eine botanische Frage: „Über Gleitflächen und Verschiebungslinien in Cellulosefasern“, und alle seine Schüler, die sich fast ausnahmslos aus Physikern und Chemikern rekrutierten, vermochte er für seine biologischen Objekte zu interessieren. Mit Begeisterung wurden von allen Fasern gefärbt, Pflanzen geschnitten, und wenn beim schönsten Frühlingswetter die Optik etwas trocken schmeckte, zog das ganze Laboratorium aus, um unter seiner Führung in der floristisch so reichen Umgebung von Jena Erholung zu suchen.

ALBERT FREY, Zürich.

Hermann Ambronn und die tierische Histologie.

Wenn HERMANN AMBRONNS polarisationsmikroskopische Untersuchungen an Erzeugnissen des Organismus meist botanische Objekte betreffen, so erklärt sich das nicht nur aus des Meisters Herkunft von der scientia amabilis; sondern mehr noch ist es bedingt durch die Leichtigkeit, mit der die organisierten Substanzen der Pflanzen beschafft werden können, auch durch ihre größere chemische und physikalische Widerstandsfähigkeit, die sie zu manchen Versuchen gegenüber tierischen Elementen geeigneter erscheinen läßt. Aber, da die von AMBRONN neu begründete Micellarlehre anorganische und organische Kolloide in gleicher Weise umfaßt, so ist es eine Selbstverständlichkeit, daß sie in ihren wesentlichen Zügen auch für die organisierten Substanzen des Tierkörpers Geltung hat.

Und in der Tat, soweit bisher die Doppelbrechung organisierter Substanzen aus dem Tierkörper genauer mit AMBRONNS Imbibitionsverfahren untersucht wurde (MÖHRING bei Chitin, W. I. SCHMIDT beim Zahnschmelz, STÜBEL bei Muskelfasern) hat sich ein Zusammenwirken von Form- und Eigendoppelbrechung ergeben, und insbesondere konnten beim Chitin und Zahnschmelz sämtliche von der Theorie geforderten Tatsachen — zweimalige Umkehr des optischen Charakters mit steigendem Brechungsindex des Imbibitionsmittels, Auftreten anomaler Farben in der Nähe der Umkehrpunkte — aufgezeigt werden. So hat HERMANN AMBRONN mit seinem Imbibitionsverfahren auch der tierischen Histologie ein wertvolles Mittel zur Enträtselung des submikroskopischen Feinbaues geschenkt.

Daneben aber ordnen sich AMBRONNS Einzelbeobachtungen an tierischen Objekten in polarisiertem Licht zu einem farbenreichen Strauß. BREWSTERS Versuche, daß *wachs- und fettartige Substanzen* (Bienenwachs, Butter, Hammeltalg

usw.) beim Ausstreichen auf Glas zwischen gekreuzten Nicols gleichmäßig auslöschende Massen ergeben, griff er wieder auf¹⁾ und zeigte, daß ihr optischer Charakter derselbe ist, wie jener der nadelförmigen Krystalle, die sich in diesen Substanzen finden. Daraus schloß er, daß das Ausstreichen eine regelmäßige Orientierung submikroskopischer Krystalle — Micelle — herbeiführe. Regelmäßige Ausrichtung der Wachs-Micelle bei einem natürlichen Objekte lehrte AMBRONN für die Wachsplättchen auf den Spiegeln des Bienenabdomens an ihrem schönen positiv einachsigen Interferenzbild im konvergenten Licht kennen²⁾. Von solcher Beschäftigung mit tierischen Lipoiden ausgehend, lag eine Untersuchung von *Nervenmark* und *Myelin* nahe³⁾. Sie brachte nicht nur eine lebendige Schilderung der aus Lecithin in Wasser hervorsprossenden Myelinfiguren unter Hervorhebung ihrer Ähnlichkeit mit LEHMANN'S flüssigen Krystallen, einen bemerkenswerten Vergleich zwischen dem Schwinden der Doppelbrechung beim Erwärmen, ihrer Wiederkehr beim Abkühlen einerseits der mit Wachs imprägnierten pflanzlichen Cuticulen, andererseits der markhaltigen Nerven, sondern wies auch mit großer Wahrscheinlichkeit auf das Lecithin (nicht Cholesterin) als doppelbrechenden Körper im Nervenmark auf Grund des optischen Befundes hin, was später durch GÖTHLINS umfassendere Versuche im wesentlichen bestätigt wurde. Allgemeines Ergebnis AMBRONN'S war, daß allen Nerven eine Grundmasse (später von APÄTHY als Neurofibrillen präzisiert) von positiver Doppelbrechung zukomme, die bei Anwesenheit des negativ doppelbrechenden Myelin entweder nur geschwächt oder aufgehoben oder schließlich, bei reichlich vorhandenem Myelin, umgekehrt wird. Damit ist die scharfe Grenze zwischen markhaltigen und -losen Nerven verwischt. Mit HELD zusammen untersuchte AMBRONN⁴⁾ die *Markreifung des Säugernerven* in polarisiertem Licht, wobei sich dieses Verfahren für den Nachweis feinerer Unterschiede im Grad der Markreife als durchaus geeignet herausstellte. Die *pleochroitischen*

*Färbungen*¹⁾ hat unser Forscher auch bei kollagenen Fasern (Sehnen aus dem Mäuseschwanz), menschlichen Haaren, Tunicinfasern, Chitinsehnern mit Farbstoffen, Chlorzinkjodlösung und Metallen ausgeführt. Dabei stieß er in den Borsten am Mantelrand von Lingula auf ein tierisches Objekt mit natürlichem Pleochroismus. Bei manchen Chitinteilen von Krebsen, Spinnen, Heuschrecken bei der Radula von Schnecken sah AMBRONN²⁾ insbesondere nach Vorbehandlung mit Kalilauge durch Chlorzinkjodlösung *Violett-färbung* auftreten, woraus er auf die Anwesenheit von Cellulose oder eines sehr nahestehenden Körpers schloß, welche Anschauung freilich von neueren Untersuchern nicht geteilt wird³⁾. Endlich beschäftigte sich AMBRONN⁴⁾ mit dem reizenden Farbenschilder der männlichen Saphirinen: er folgte aus der Änderung der Farbe mit dem Einfallswinkel des Lichtes, daß es sich um Interferenz an dünnen Blättchen handeln müsse; weiter erkannte er, daß die an die Schale von Pleurosigma erinnernde Struktur auf der Rückenseite dieser Tiere durch regelmäßige Ordnung kleiner Teilchen zustande kommt, die sich wie negativ einachsige Krystalle verhalten. Eine Messung der Teilchen führte ihn zur Ablehnung der bis dahin vertretenen Anschauung, die feine, regelmäßige Struktur verursache die Farben als Beugungsgitter, vielmehr sprach er — nach jüngst erfolgten Untersuchungen des Verf. zu Unrecht — den doppelbrechenden Teilchen jede wesentliche Beteiligung am Farbenschilder ab⁵⁾, glaubte vielmehr auf eine hypothetische dünne Membran zwischen Cuticula und Strukturschicht als Erzeuger der Farben zurückgreifen zu müssen. —

So steht HERMANN AMBRONN'S Lebenswerk vielseitig und doch geschlossen vor uns, ein Vorbild feinsinnigen, nie erlahmenden Schaffens, einzig und allein getragen von der Freude an der Erkenntnis selbst, einer der reinsten und tiefsten Freuden, die Menschen beschieden sind.

W. J. SCHMIDT, Gießen.

¹⁾ Ber. d. dtsch. botan. Ges. 6, 226. 1888; 7, 103. 1889.

²⁾ Anleitung zum Gebrauch des Polarisationsmikroskops. S. 59. Leipzig 1899.

³⁾ Ber. d. Sächs. Ges. d. Wiss., math.-phys. Kl., 42, 419. 1890.

⁴⁾ Ber. d. Sächs. Ges. d. Wiss., Math.-phys. Kl., 67, 38. 1895.

¹⁾ Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 44, 301. 1889; Ber. d. Ges. d. Wiss. Leipzig, math.-naturw. Kl., 48, 613. 1896.

²⁾ Mitt. d. Zool. Station Neapel 9, 475. 1890.

³⁾ Vgl. z. B. P. SCHULZE, Der Nachweis und die Verbreitung des Chitins usw. Zeitschr. f. Morphol. u. Ökol. d. Tiere 2, 643. 1924.

⁴⁾ Mitt. d. Zool. Station Neapel 9, 478. 1890.

⁵⁾ Verhandl. d. Naturk. Ver. Bonn 82, 1926.

Über das Element 61 (Illinium).

Von R. J. MEYER, G. SCHUMACHER und A. KOTOWSKI, Berlin.

Im Jahre 1914 hat R. J. MEYER in dieser Zeitschrift¹⁾, noch ohne Kenntnis der damals eben erschienenen grundlegenden Abhandlung von

MOSELEY¹⁾, das Fehlen eines zwischen Neodym und Samarium liegenden seltenen Erdmetalls auf Grund der in dieser Gruppe geltenden Zwillingsregel vorausgesagt. Nach der Neuregelung des periodischen Systems hat es an zunächst erfolglosen Bemühungen zur Entdeckung dieser offen-

¹⁾ Naturwissenschaften 1914, S. 784. Wie ich aus einer eben erschienenen Notiz in der Nature vom 17. Juli 1926 ersehe, hat Herr B. BRAUNER, Prag denselben Gedanken schon im Jahre 1902 ausgesprochen.

¹⁾ Phil. Mag. (6) 27, 711, 1914.

bar nur in allergeringster Konzentration in den Ceriterden enthaltenen Erde nicht gefehlt, und erst in jüngster Zeit ist es J. A. HARRIS, L. F. YNTEMA und B. S. HOPKINS¹⁾ gelungen, den positiven Nachweis des Elements 61 zu führen, dem sie den Namen *Illinium*, II, gegeben haben.

Mit der Aufgabe, das in Spuren vorkommende Element 61 in gewissen Erdfractionen soweit anzureichern, daß es spektroskopisch nachweisbar würde, haben wir uns seit Anfang 1920 ebenfalls beschäftigt. Die Vorarbeiten zu diesen Untersuchungen sind in der Berliner Dissertation von GEORG SCHUMACHER: „Zur Kenntnis des Samariums“ von 1921 handschriftlich niedergelegt. Dieser Arbeit entstammt das Präparat, das Gegenstand der röntgenographischen Prüfung gewesen ist, über die Herr GLOCKER mit seinen Mitarbeitern in der dieser Mitteilung unmittelbar folgenden Veröffentlichung berichtet.

Dieses Präparat, dessen Herstellung also schon fünf Jahre zurückliegt, wurde im wesentlichen durch fraktionierte Krystallisation der *Bromate* der Erden nach dem zuerst von C. JAMES²⁾ für die Scheidung der *Yttererden* angegebenen Verfahren gewonnen. Die Übertragung dieser Methode auf die Spaltung der Gruppe der *Ceriterden*: Lanthan bis Europium, schien aus dem Grunde besonders aussichtsreich, weil gerade die am schwersten isolierbaren Erden: Samarium, Europium, Gadolinium, die bei dem klassischen Verfahren der Doppelnitrat-Fraktionierung in die leichtest löslichen Anteile wandern, als Bromate umgekehrt die am schwersten löslichen Fraktionen bilden. Dies bedeutet einen nicht zu unterschätzenden technischen Fortschritt, und man durfte hoffen, daß das gesuchte Element 61 bei geschickter Führung der Abscheidungsoperationen sich zwischen Neodym und Samarium in den schwerst-löslichen Fraktionen bis zur Nachweisbarkeit würde anreichern lassen. Es ist das derselbe Gedanke, den auch HOPKINS und seine Mitarbeiter

verfolgt haben. Daß außerdem noch die von URBAIN und LACOMBE¹⁾ eingeführte Methode der Fraktionierung der Magnesiumdoppelnitrate unter Zusatz von Magnesium-Wismutnitrat auf unser Präparat — wenn auch in nicht erschöpfender Weise — angewendet wurde, um den Gehalt an Gadolinium möglichst zu vermindern, dürfte, wie spätere Erfahrungen ergaben, von keiner entscheidenden Bedeutung für die Nachweisbarkeit von 61 sein.

Überraschend erscheint es aber, daß der *eindeutige* Beweis des Vorhandenseins von 61 in diesem immerhin als Rohmaterial zu bezeichnenden Präparat geführt werden konnte, das seine Entstehung einer nicht entfernt so erschöpfenden Behandlung verdankt, wie sie von den Herren HOPKINS und Genossen angewendet wurde.

Es ist wohl anzunehmen, daß man diesen Erfolg im wesentlichen der von Herrn GLOCKER und seinen Mitarbeitern benutzten röntgenographischen Diagnose mittels der K-Serie verdankt; denn die frühere Auswertung der L-Serie ergab infolge der zahlreichen Koinzidenzen, mit denen man im Röntgenspektrum unseres Präparates, eines verhältnismäßig noch recht komplexen Erdgemisches, zu rechnen hatte, keine durchaus eindeutigen Ergebnisse, obwohl Herr GLOCKER wie auch Herr GÜNTHER vom Berliner physikalisch-chemischen Institut damals Andeutungen für das Vorhandensein von 61 auch im L-Spektrum feststellen konnten. Solche Andeutungen waren es, die uns zu einer Wiederaufnahme der ganzen Arbeit in größerem Maßstabe veranlaßten. Bei dieser von R. J. MEYER und A. KOTOWSKI unternommenen Untersuchung, die in kurzer Zeit abgeschlossen sein dürfte, hat Herr Privatdozent Dr. P. GÜNTHER, Berlin, den röntgenographischen Teil übernommen. Da aber die entscheidenden letzten Aufnahmen noch ausstehen, so sind wir heute noch nicht in der Lage, über das Ergebnis zu berichten, das an anderer Stelle ausführlich wiedergegeben werden wird.

¹⁾ Journ. of the Americ. chem. soc. 48, 1585, 1926.

²⁾ Journ. of the Americ. chem. soc. 30, 182, 1908.

¹⁾ C. r. 137, 568, 1903; 138, 84 u. 1166, 1904.

Über den röntgenspektrographischen Nachweis der seltenen Erde $Z = 61$.

VON U. DEHLINGER, R. GLOCKER und E. KAUPP, Stuttgart.

Die im Maiheft des Physical. Review von CORK und STEPHENSON mitgeteilten Wellenlängenbestimmungen der K-Serie der seltenen Erden ermöglicht die genaue Auswertung verschiedener Spektrogramme der K-Spektren eines Neodym-Samariumpräparates, das uns von Herrn Professor Dr. R. J. MEYER in Berlin zur Untersuchung auf die Existenz der seltenen Erde¹⁾ $Z = 61$ vor längerer Zeit übergeben worden war. Die Untersuchung wurde im Winter 1924/25 und im Frühjahr 1925 durchgeführt. Mit Rücksicht auf möglicherweise drohende Koinzidenzen mit den nur wenig genau intrapolatorisch ermittelbaren

¹⁾ Im folgenden mit X bezeichnet.

Spektrallinien anderer im Präparat enthaltener Elemente war aber bisher von einer Veröffentlichung Abstand genommen worden.

Wie eine orientierende Röntgenuntersuchung zeigte, enthielt das Präparat hauptsächlich Samarium, Gadolinium und Neodym; daneben fanden sich Praseodym, Cer, Lanthan und in Spuren Terbium, sowie Wismut, das beim Herstellungsverfahren zur Abscheidung benützt worden war.

Der Weg mit Hilfe des L-Spektrums den Nachweis des Vorhandenseins von $Z = 61$ zu führen, wurde bald verlassen, da bei der großen Zahl gleichzeitig vorhandener Elemente die Haupt-

Linien von X nahezu oder völlig mit anderen Linien zusammenfielen, nämlich

$X_{\alpha_1} + \alpha_1$ mit La_{β_2} und Bi_{α_1} (II. Ordn.)
 $X_{\beta_1} + \beta_1$ mit Pr_{β_1}
 X_{β_1} mit Sm_{β_1}
 X_{β_2} mit $Gd_{\alpha_1} + \alpha_1$
 X_{γ_1} mit Nd_{γ_1}

Zur Untersuchung des K-Spektrums wurde eine Siegbahn-Jonenröhre mit 10 cm Kugeldurchmesser benutzt, die an einem Induktor mit 30 bis 40 cm Parallelfunkstrecke betrieben wurde. Da trotz geringer Stromstärke der Brennfleck hell aufglühte, mußte während einer Aufnahme mehrmals frisches Pulver auf die Antikathode aufgebracht werden. Die Expositionszeit betrug ohne die jedesmal zum Neuevakuierten erforderliche Zeit 7 bis 13 Stunden. Ein Verstärkungsschirm wurde nicht angewandt.

Zur Verfügung standen 2 Seemannsspektrographen mit 42 bzw. 49 cm Abstand der Platte vom Spalt. Die Spaltweite betrug bei Lochkammermethode 0,2 mm. Als Krystall wurde ein ausgesucht guter Steinsalzkrystall, der uns freundlicherweise von Herrn Dr. SEEMANN überlassen worden war, benutzt. Zur Vermeidung einer Beschleierung der Platten durch Streustrahlung wurde nur um $1-2^\circ$ geschwenkt.

Um ein Bild von der Meßgenauigkeit und der Notwendigkeit einer äußerst kritischen Auswertung zu geben, sind die Linien der beiden besten Platten jeder der 2 mit verschiedenen Spektrographen aufgenommenen Serien in nebenstehender Tabelle verzeichnet.

Es ist somit X_{α_1} zweifelsfrei nachgewiesen. Bei X_{α_1} , das auf den Platten etwas stärker ist als X_{α_2} , ist der Einfluß einer Überdeckung durch La_{γ} und Bi_{α_1} (II. Ordn.) zu diskutieren: Da La_{β} auf keiner Platte mehr zu sehen ist, kann La_{γ} nicht auftreten. Auf beiden Platten fehlt Bi_{α_2} (II. Ordn.). Das etwa doppelt so intensive Bi_{α_1} (II. Ordn.) könnte aber nicht für sich allein die auf der Platte Nr. 173 deutlich erkennbare Linie 320,6 hervorbringen. Diese ist zweifellos X_{α_1} zuzuschreiben, möglicherweise schwach überdeckt von Bi_{α_1} (II. Ordn.). Bei X_{β} liegen die Verhältnisse ähnlich. Da die intensivere Linie Tb_{α_1} auf den beiden Platten fehlt, kommt eine Überdeckung von X_{β} durch Tb_{α_1} nicht in Betracht.

Es sind somit 3 Linien der seltenen Erde Z = 61 sicher nachgewiesen, nämlich

$K_{\alpha_1} = 324,2$ X.E.
 $K_{\alpha_2} = 320,1$ X.E.
 $K_{\beta} = 281,5$ X.E.

Wurde das Präparat vor der Aufnahme gegläht, um Wasser und Kohlendioxyd auszutreiben, so waren die X-Linien gegenüber den Samarium-

Wellenlängen bezogen auf $Sa_{\alpha_1} = 308,5$ X. E.

Element	Platte Nr. 173	Platte Nr. 175	Messungen von Cork und Stephenson	Intrapolation nach Cork und Stephenson	
Sa_{β}	273,1	—	273,0	—	{ auf Platte Nr. 172 schwach sichtbar.
Tb_{α_1}	—	—	277,6	—	
Tb_{α_2}	281,5	—	281,9	—	
X_{β}	—	—	—	282,7	
Bi_{β} II	—	—	284,1	—	
Gd_{α_1}	287,4	287,3	287,7	—	{ auf Platte Nr. 172 schwach sichtbar.
Gd_{α_2}	292,5	292,6	292,4	—	
Nd_{β}	—	—	293,1	—	
Pr_{β}	—	—	296,4	—	
Sa_{α_1}	313,7	313,8	313,3	—	
Ce_{β}	—	—	315,3	—	
X_{α_1}	—	—	—	319,4	
La_{γ}	320,6	319,6	319,6	—	
Bi_{α_1} II	—	—	320,8	—	
X_{α_2}	324,5	323,9	—	324,3	
La_{β}	—	—	327,8	—	{ auf Platte Nr. 172 schwach sichtbar.
Bi_{α_2} II	—	—	330,5	—	
Nd_{α_1}	332,5	331,2	331,3	—	
Nd_{α_2}	335,4	335,2	335,9	—	
Pr_{α_1}	—	344,5	343,5	—	
Ce_{α_1}	—	356,5	356,4	—	
La_{α_1}	—	370,0	370,0	—	

Größte Differenz zwischen Spalte 1 und 2 (Mittelwert) und Spalte 3 : 0,6 X. E.

Anfang und Ende des Schwenkungsbereiches der Platte.

Linien viel schwächer. Man muß daraus schließen, daß die seltene Erde Z = 61 in einer relativ leicht flüchtigen Form in dem Präparat enthalten ist.

Beim gleichzeitigen Vorhandensein zahlreicher, im periodischen System benachbarter Elemente ist das K-Spektrum, dessen Erzeugung allerdings technisch schwieriger ist, in bezug auf die Sicherheit des Nachweises dem L-Spektrum wesentlich überlegen. Auch scheint die Empfindlichkeit der K-Linien eine größere zu sein; von Terbium war auf den an sich sehr stark exponierten L-Spektren nichts zu sehen.

Es ist bemerkenswert, daß HOPKINS¹⁾ und seine Mitarbeiter bei ihren kürzlich veröffentlichten erfolgreichen Versuchen die seltene Erde Z = 61 durch Umkrystallisationen anzureichern, auf dem L-Spektrum zunächst keine Linien vorfanden, so daß sie sich der optischen Spektroskopie bedienen mußten. Erst bei größeren Konzentrationen konnte L_{α_1} , L_{β_1} und wahrscheinlich L_{β_2} nachgewiesen werden. Eine Untersuchung des K-Spektrums liegt dagegen noch nicht vor.

¹⁾ HARRIS, Yntema, Hopkins. Nature 117, 792, 1926.

Besprechungen.

GEORGII, WALTER, Wettervorhersage. Die Fortschritte der synoptischen Meteorologie. (Wissenschaftliche Forschungsberichte, Naturwissenschaftl. Reihe, herausgeg. von R. ED. LIESEGANG. Bd. XI.) Dresden und Leipzig: Theodor Steinkopff 1924. VIII, 114 S. und 58 Abbild. 15×22 cm. Preis RM 4.50.

Man war in den letzten Jahren stets in Verlegenheit geraten, wenn man nach einem zusammenfassenden, neueren Buch über Wettervorhersage gefragt wurde. Dieses Teilgebiet der Meteorologie hatte sich gerade im letzten Jahrzehnt zu neuen Anschauungen durchgerungen, so daß das sonst vortreffliche Werk von DEFANT: „Wetter- und Wettervorhersage“ weit überholt worden war, da es den Stand der Wettervorhersage nur bis etwa 1916 behandelte. Es ist deshalb sehr erfreulich, daß der Herausgeber der „Wissenschaftlichen Forschungsberichte“ ein Bändchen in dieser Reihe der Wettervorhersage gewidmet hat, dessen Ausarbeitung W. GEORGII übernahm. Gestützt auf eine große, persönliche Erfahrung hat dieser den heutigen Stand der prognostischen Erkenntnisse in so anschaulicher Weise geschildert, daß das Buch auch für weitere Kreise leicht verständlich wird.

Bei der großen allgemeinen Bedeutung des Themas erscheint es angebracht, auf den Inhalt des Werkes etwas ausführlicher einzugehen.

Im ersten Kapitel werden die Grundlagen der Wettervorhersage behandelt. Es ist bezeichnend, daß ein kurzer historischer Rückblick mit einem Hinweis auf die Anschauungen von H. W. DOVE beginnt, dessen Lehre von den Witterungszusammenhängen bereits den kalten, trockenen Polarstrom, den warmen, feuchten Äquatorialstrom kannte und heute in den modernen Anschauungen wieder aufgelebt ist. In den Betrachtungen über die Methode der Vorausbestimmung des Wetters, scheint als die Ansicht des Verfassers hervorzugehen, daß die heutige Wetterprognose sich von dem gefühlsmäßigen Einschlag, der früher stark hervortrat, vollständig freigemacht habe, eine Ansicht, die für manche Prognosen wohl zutreffen mag, für alle aber sicher nicht. Die Schilderung der Organisation verbreitet sich besonders über den Inhalt der Wetterdepesche, deren Verzifferung in Deutschland der sog. „Schwedenschlüssel“ zugrunde liegt, der eine sehr eingehende Beschreibung des augenblicklich herrschenden Wetterzustandes erlaubt. Die kartographische Bearbeitung der Wetterlage legt neuerdings besonderen Wert auf die eingehende Darstellung des Bewegungszustandes der Luft durch sog. Stromlinien, d. h. durch Kurven, deren Tangenten in jedem Punkt der dort herrschenden Windrichtung entsprechen. Die beiden jetzt gebräuchlichen Methoden werden erläutert. Es sind dies die von SANDSTRÖM zuerst eingeführte Isogonen-Methode, bei der an die zunächst gezeichneten Linien gleicher Windrichtung die Tangentenkurven gezogen werden, und eine einfache Methode, die auf Grund der in die Arbeitskarten eingetragenen Windpfeile nach Augenmaß die Tangentenkurven zieht.

Das zweite Kapitel, das das ausgedehnteste ist, bringt die Abhängigkeit des Wetters von den Luftdruckformen und den atmosphärischen Strömungsverhältnissen. Von den beiden Hauptformen, dem Tiefdruck- und dem Hochdruckgebiet, werden Druck-, Strömungs- und Temperaturfeld besprochen, beim Tiefdruckgebiet außerdem noch das Niederschlagsfeld. Der Leser wird hier in die Beziehungen zwischen Druck- und Strömungsfeld eingeführt. Die wirksamen Kräfte: Gradientkraft, ablenkende Kraft der Erd-

rotation, Reibungskraft, Zentrifugalkraft werden entwickelt. Die beiden Hauptkonvergenzlinien der Zyklone, Kurs- und Böenlinie, sind durch Wort und Skizze geschildert. Beim Temperaturfeld der Zyklone ist die Asymmetrie der Temperaturverteilung charakteristisch. Sie besteht sowohl für den Boden als auch für die Höhen. Einer warmen Vorderseite entspricht eine kalte Rückseite bis zu 9 km Höhe, darüber ist es umgekehrt. Das Niederschlagsfeld zeigt den engen Zusammenhang zwischen den Konvergenzlinien und der Niederschlagsverteilung. Das BJERKNESsche Zyklonenschema wird vorgeführt. Die Ausführungen wenden sich dann dem Hochdruckgebiet zu und erörtern zunächst auch für dieses die Bedeutung der gleichen Kräfte wie beim Tiefdruckgebiet. Im Temperaturfeld finden wir einen größtenteils warmen Luftkörper der Antizyklone bis 9 km, darüber meist negative Abweichungen. Die Neigung der zwischen beiden Luftkörpern sich einschubenden Inversionsschicht wird nach den Rechnungen von MARGULES behandelt und an einem bestimmten Fall besprochen. Die Schwierigkeiten, die noch darin bestehen, die tatsächlichen Schichtungen mit dem BJERKNESschen Schema in Einklang zu bringen, hat STÜVE durch Einführung von „Abgleitflächen“ zu beseitigen versucht. Die Darstellung geht auch auf sein Schema ein.

Besonders anziehend sind die Ausführungen über die Entstehung der Zyklonen und Antizyklonen auf Grund der BJERKNESschen „Wellentheorie“ und der sog. „Tropfentheorie“ von EXNER und anderen österreichischen Meteorologen. Hier findet sich Gelegenheit auf die Begriffe Polarfront, Okklusion, sowie auf die Lebensgeschichte einer Zyklone einzugehen. Für den praktischen Wetterdienst ist es gleichgültig, welcher Theorie man anhängt, da beide auf die gleichen Ergebnisse hinauslaufen.

Neben dieser Besprechung der Hauptluftdruckgebilde wird das Stromfeld auch für die Randwirbel einer Hauptzyklone und für die Zwischengebiete, d. h. die Keile und Zungen hohen Drucks und die Tiefdruckfurchen, geschildert. Überall wird gezeigt, daß die Singularitäten im Strömungsfeld ein bestimmteres Kriterium für den Witterungscharakter abgeben als die Isobaren, weshalb die Strömungskarte im praktischen Wetterdienst der Luftdruckkarte vollwertig zur Seite zu stellen ist.

Während diese Ausführungen dem Leser die Grundtatsachen vermitteln sollen, die zu einer richtigen Diagnose der Witterung notwendig sind, beschäftigt sich das 3. Kapitel unter dem Titel: „Das Wandern des Wetters“, mit den Regeln, die man aus den Änderungen der Wetterlage von Tag zu Tag bisher ableiten zu können glaubte, also mit den eigentlichen Grundlagen jeder Prognose. Besprochen werden die Rolle der allgemeinen West-Ost-Strömung, die Bedeutung der Cirrusbewegung für die Hoch- und Tiefdruckgebiete, die Fortbewegungsform in der Art einer stetig fortschreitenden Neubildung des Wirbels. Letzteres wird dadurch hervorgerufen, daß in die Wirbelbildung ständig neue Luftmassen von verschiedenem thermischem Charakter einbezogen werden, was zur Regel führt, daß die Verschiebung der Druckgebilde senkrecht zum Temperaturgefälle erfolgt, und zwar derart, daß die höhere Temperatur auf der rechten Seite der Bewegungsrichtung liegt. Für die Verlagerung der Konvergenz- und Divergenzlinien gilt nach J. BJERKNES die Regel: Konvergenzlinien gehen auf der nördlichen Halbkugel nach rechts, wenn man in Richtung des

Windes sieht, Divergenzlinien nach links. Eine Ausnahme bilden nur die Divergenzlinien, die in Verbindung mit einer Konvergenzlinie als sog. „Vorläufer“ auftreten. Sie verlaufen gewöhnlich von Süden nach Norden und bewegen sich nach rechts. Angeführt wird auch die GUILBERT-GROSSMANNsche Regel, die die verbindenden Beziehungen zwischen den Hochdruckkeilen und Tiefausläufern gibt und auf eine Art Wellenbewegung in der Atmosphäre hinweist. Die Regel lautet: Tiefausläufer schreiten mit Vorliebe in 24 Stunden nach der Stätte der ihnen vorangehenden Hochdruckkeile und diese nach derjenigen der vorangehenden Tiefausläufer fort. Daneben findet sich auch ziemlich häufig eine halb und eine doppelt so schnelle Verlagerung, die letzte von Keil zu Keil und Tiefdruckausläufer zu Ausläufer. Das gleiche gilt auch für das Fortschreiten von Tiefdruck- und Hochdruckgebieten, die nicht als Ausläufer auftreten.

Das periodische Moment im Auftreten der Zyklone war bereits früh erkannt worden, indem die Wetterkarten immer wieder zeigten, daß Zyklone nie einzeln auftreten, sondern daß einer Zyklone in gewissen Abständen weitere folgten. Die norwegischen Meteorologen haben durch Schaffung des Begriffes „Zyklonenfamilie“ versucht, Ordnung in diesen scheinbaren Wirrwarr zu bringen. Sie zeigten, wie sich an der Polarfront nach Absterben der ersten Zyklone weiter südlich eine zweite Zyklone bildet und daß dieser Prozeß sich so oft wiederholt, bis schließlich das Passatgebiet erreicht wird. Gewöhnlich sind es 4 Zyklone, die auf diese Weise einander folgen. Die periodische Erneuerung der Zyklonenfamilie soll nach BJERKNES in einem Zeitraum von 5–6 Tagen erfolgen.

Die Erörterung der Bedeutung der Fall- und Steiggebiete des Luftdrucks, die zuerst von EKHOLM ausführlicher behandelt wurde, führt zur DEFANTschen Stromlinienregel, die die Stromlinien mit den Druckänderungsgebieten verbindet. Sie lautet: Verlaufen die Strömungslinien der Luft von einem Fallgebiet der Temperatur in ein Steiggebiet der Temperatur, so wird in letzterem Gebiet der Druck ansteigen; das umgekehrte ist der Fall, wenn die Strömungslinien von einem Steiggebiet in ein Fallgebiet der Temperatur verlaufen.

Dem Verfasser liegt weiter viel daran, nachzuweisen, wie sich die v. FICKERSchen Untersuchungen über niedrige und hohe Zyklone und Antizyklone bei der Wettervorhersage verwerten lassen. Wie bereits erwähnt, stellt v. FICKER der im allgemeinen für die Wetterbildung maßgebenden und durch die thermischen Gegensätze verursachten Druckänderung in der Niederung, die er als die sekundäre anspricht, eine primäre Druckänderung in der Höhe gegenüber. Aufschlüsse über die gegenseitige Beeinflussung der primären und sekundären Druckänderung sind bereits gewonnen worden. Die Bildung der primären Zyklone und Antizyklone in den sehr hohen Schichten ist gleichfalls auf thermische Vorgänge zurückzuführen. Da wir von 12 km Höhe an bereits ein Temperaturgefälle vom Pol zum Äquator annehmen müssen, ist damit auch die Vorstellung gegeben, daß von dieser Höhe an Kälte- und Wärmewellen von Süden und Norden herangeführt werden. Die Aufstellung des Begriffes einer Äquatorialfront (äquatoriales System) in der Höhe, im Gegensatz zur Polarfront, lag nahe. An der Entwicklung der sog. Genua-Zyklone über der italienischen Tiefebene wird die Abhängigkeit der unteren Druckgebilde von der primären Druckänderung in der Höhe gezeigt.

Da die heutigen Anschauungen in der Meteorologie die atmosphärischen Vorgänge als Verlagerungen kalter

und warmer Luftmassen aufzufassen versuchen, war es das Gegebene, den Arbeiten, die sich mit den Kälte- und Wärmeeinbrüchen, bei denen die Geschlossenheit der betreffenden Luftmassen noch am augenfälligsten ist, einen besonderen Abschnitt zu widmen. In ihm wird vor allem auf die Ergebnisse der v. FICKERSchen Untersuchungen über die Kälte- und Wärmewellen in Nordasien und auf die theoretischen Untersuchungen EXNERS über die Ausbreitung einer kalten Luftmasse eingegangen. Anschließend wird in ausführlicher Darstellung ein Kälte- und ein Wärmeeinbruch in Westeuropa behandelt.

Das Schlußkapitel schneidet kurz die für die Weiterentwicklung der Prognose sehr wichtige Frage der Vorhersage des jahreszeitlichen Wetters an. Als Grundlagen für die Möglichkeit einer Vorhersage für längere Dauer werden genannt: die Erkaltungstendenz der Witterung, die Beziehungen zwischen hydrographischen und meteorologischen Vorgängen, die allgemeine Zirkulation der Atmosphäre. An den Ergebnissen der Untersuchungen, die von MEINARDUS, WALKER, dem Verfasser u. a. stammen, wird dargelegt, was bisher an Beziehungen zwischen hydrographischen und meteorologischen Vorgängen, sowie zwischen der Witterung weit entfernter Gebiete ermittelt worden ist.

Der Aufbau des Buches ist klar und einheitlich, die Darstellung selbst größtenteils auch für den verständlich, der die Meteorologie nicht als Fachstudium betrieben hat. Durch Bezugnahme auf Einzelfälle wird das zunächst allgemein Gesagte sehr anschaulich gemacht. Klare Wetterkartenbilder, die vornehmlich das Strömungsfeld typischer Wetterlagen geben, und charakteristische Skizzen sind in reichlichem Maße eingestreut.

Wenn auch der Fachmann an manchen Stellen ein Eingehen auf fremde Literatur, z. B. aus England und Nordamerika, vermißt, oder auch hier und da ein stärkeres Hervorheben der z. Z. noch umstrittenen Bedeutung gewisser Begriffe, z. B. Zyklonenfamilie, gern gesehen hätte, so sollen diese kritischen Bemerkungen doch nicht den allgemeinen Wert des Buches schmälern, in dem wir jedenfalls eine sehr schätzenswerte Bereicherung der meteorologischen Literatur sehen müssen.

K. KNOCH, Berlin.
EXNER, FELIX M., **Dynamische Meteorologie**. Zweite, stark erweiterte Auflage. Wien: Julius Springer 1925. VIII, 421 S. und 104 Abbild. 15 x 23 cm. Preis RM 24.—.

Mit der neuen Auflage ist EXNERS dynamische Meteorologie vom Verlag Teubner zu Julius Springer übergegangen, was nach der Ausstattung zu urteilen, dem Buch zustatten gekommen ist. Die im Titel erwähnte Erweiterung ist nicht unbeträchtlich: statt 303 jetzt 415 Seiten, statt 84 jetzt 96 Abschnitte.

Inhaltlich hat das Buch durch die Neubearbeitung sehr gewonnen. Während in der ersten Auflage eigentlich nur etwa das erste Drittel des Buches — gewissermaßen der Ansatz des ganzen Entwurfes — von der wünschenswerten Übersichtlichkeit und Einheitlichkeit war, während der Rest sich mehr zu zersplittern und in Berichte über divergierende Einzeluntersuchungen aufzulösen schien, sind jetzt auch diese Teile erheblich mehr zu einem organischen Ganzen zusammengewachsen, dessen Teile alle zielstrebig auf das große Grundproblem der Meteorologie, den Luftkreislauf zwischen Pol und Äquator, hingerichtet sind. So sehr auch jetzt noch Bescheidenheit in bezug auf das Erreichte am Platze ist, so wird doch eben der große Fortschritt der Meteorologie im letzten Jahrzehnt durch einen Vergleich der beiden Auflagen lebendig erläutert. Und nicht den kleinsten Anteil daran haben die eigenen Ar-

beiten des Verfassers, die sich mit Vorliebe auf diesem Gebiet bewegen, und deren vollständige Berücksichtigung dem Leser sicherlich besonders willkommen ist.

„Den Hauptinhalt des Buches bildet die Lehre von den Luftbewegungen; um sie zu verstehen, ist es dann allerdings nötig, auf andere Teile der Meteorologie, wie die Lehre von der Strahlung, die Wärmelehre, näher einzugehen.“ Damit ist der Inhalt und die Gliederung des Ganzen gegeben, die sich ganz mit der ersten Auflage decken, nur daß durch Zusätze und Änderungen alles auf den heutigen Stand gebracht ist. Die vorbereitenden Abschnitte über die Gasgesetze, die allgemeinen dynamischen und hydrodynamischen Gleichungen, Statik der Atmosphäre, vertikale Temperaturverteilung im Ruhezustand, Kinematik, sind mit geringfügigen Änderungen aus der ersten Auflage übernommen. Größer sind die Änderungen und besonders die Zusätze in den folgenden Abschnitten. Die „Zirkulation“ nach BJERKNES und SANDSTRÖM ist jetzt nicht nur aufgenommen, sondern auch weitgehend für die Frage nach der Entstehung von Wirbeln in den Gedankengang hineingearbeitet worden.

Neu hinzugekommen sind hauptsächlich die folgenden Abschnitte: 42. Das Zirkulationsprinzip; 52. Zirkulation und Wirbelbildung; Energieleistung derselben; 53. Temperaturverteilung in Zirkulationen mit Wärmehaushalt; 54. Energieverbrauch in der Atmosphäre durch virtuelle innere Reibung (Austausch); 58. Die Erhaltung der großen Konvektionsströmung in der Atmosphäre; 64. Wärmetransport von niedriger in höhere Breiten; 66. Länger andauernde Anomalien der Zirkulation; 68. Bildung und Wachstum einfacher Wirbel in Flüssigkeiten; 75. Druck- und Temperaturveränderung durch Advektion; 78. Luftkörper und Gleitflächen; 79. Vorstoß und Rückgang von Luftkörpern; 81. Beobachtungen an Kältewellen; 83. Bewegungsgleichung des Kälteschalles; 85. Bildung von Zyklonen; 87. BJERKNES Polarfront. — Von RICHARDSON'S Weather Prediction by Numerical Process schreibt der Verfasser: „Es ist mir nicht gelungen, dieses wertvolle, aber schwierige Buch in die neue Auflage hineinzuverarbeiten, die allgemeine Problemstellung ist zu verschieden.“

Von besonderem Interesse — auch für weitere Kreise — ist die Rolle, welche die Zyklonen in EXNERS Gedankengang innerhalb der Gesamtzirkulation spielen. In den hierauf bezüglichen Abschnitten findet die BJERKNESsche Polarfronttheorie ihre Würdigung. Wertvoll ist hierbei die zusammenfassende Darstellung aller jener Arbeiten, namentlich österreichischer Meteorologen, die man als Vorläufer oder auch als Elemente der BJERKNESschen Theorie bezeichnen könnte. Durch den starken Einschlag eigener Arbeiten des Verfassers werden gerade diese Teile besonders interessant. Die sonst vertikale Zirkulation zwischen kalten und warmen Gebieten „löst sich in höheren Breiten in eine Reihe von längs der Meridiane nebeneinanderliegenden Zirkulationen auf, wie wir dies in den Zyklonen und Antizyklonen tatsächlich beobachten.“ „Es ist daher kein allgemeiner Kreislauf zwischen Äquator und Pol vorhanden, wie ihn FERREL und OBERBECK noch angenommen haben.“ „Die sog. Störungen (Zyklonen) werden somit zu einem integrierenden Bestandteil der allgemeinen Zirkulation der Atmosphäre.“ Demgemäß hat der Verfasser Bedenken gegen die BJERKNESsche Auffassung der Zyklonen als Wellen: „Was aber hauptsächlich gegen die Wellentheorie der Zyklonen spricht, ist meines Erachtens der Umstand, daß die Grenzfläche, an der Wellen sich bilden, ziemlich stabil sein muß, während der große Energieverbrauch in den

Zyklonen letzten Endes nur aus der atmosphärischen Wärmemaschine geschöpft werden kann, die eine geschlossene Zirkulation zwischen Kalt und Warm voraussetzt. Oben wurde näher ausgeführt, daß die Zyklonen notwendige Erscheinungen des Wärmeaustausches zwischen den Roßbreiten und den Polargegenden sind. Die Luft muß von Kalt zu Warm fließen, sich hier erwärmen, dann als warme Strömung von Warm zu Kalt zurückkehren und hier ihre Wärme abgeben. Mit der Vorstellung von Wellenbewegung scheint mir dieser Vorgang nicht vereinbar.“ Bei der Bedeutung, die den eigenen Arbeiten des Autors auf diesem Gebiet zukommt, wird eine solche kritische Darstellung gerade dieses heute im Mittelpunkt der Diskussion stehenden Fragenkomplexes vielen sehr erwünscht sein und sicherlich nicht ohne Einfluß auf die Weiterentwicklung dieser Probleme bleiben.

Bei dem mathematischen Charakter des Buches ist es indessen kaum möglich, demjenigen, der nicht die erste Auflage bereits kennt, einen richtigen Eindruck von dem Inhalt der zweiten Auflage zu geben. Die Schätze, die sie birgt, werden überdies dem Leser nicht mühelos geboten, sondern wollen erarbeitet sein, wie jeder Fachmann weiß, der die oft recht knappen und mathematisch gehaltenen Originalarbeiten des Verfassers kennt.

Zum Schluß sei es dem Referenten gestattet, auf einen Schönheitsfehler hinzuweisen, der sich leicht hätte vermeiden lassen. Wie in der ersten Auflage, so werden auch jetzt im 1. Kapitel die HERTZschen Kondensationsstadien ohne Kommentar wiedergegeben. Es heißt dort, daß das „Hagelstadium“ eintritt, wenn bei adiabatischer Expansion der Gefrierpunkt unterschritten wird. „Die Temperatur verharrt auf 0°, bis alles Wasser in Eis verwandelt ist.“ Heute würde HERTZ dies nicht mehr annehmen, nachdem durch zahlreiche Beobachtungen festgestellt ist, daß die Temperatur bei diesem Prozeß weiter sinkt und die Wassertropfen unterkühlen. Das HERTZsche Hagelstadium war ein Phantasiegebilde, das in der Natur nicht existiert und natürlich auch mit der Entstehung des Hagels nichts zu tun hat. Will man also schon aus Pietät darüber berichten, so sollte es doch nicht ohne eine kritische Bemerkung geschehen. Mit dieser Unterlassung hängt auch zusammen, daß der Unterschied der maximalen Dampfdrucke über unterkühltem Wasser und über Eis mit seinen doch sehr eindrucksvollen Auswirkungen in der Atmosphäre nirgendwo Erwähnung findet. Aber dies sind, wie gesagt, Schönheitsfehler, denn auf die Lehre von den Luftbewegungen haben sie kaum einen Einfluß.

Im Ganzen stellt die neue Auflage von EXNERS dynamischer Meteorologie ein Werk dar, dessen Inhalt noch mehr als die erste Auflage den Rahmen des Entwurfs ausfüllt und für die Weiterentwicklung fast aller Zweige der theoretischen Meteorologie von großer Bedeutung sein wird. ALFRED WEGENER, Graz.

Weltentwicklung und Weltelehre. Beiträge von C. HOFFMEISTER, Prof. Dr. HUMMEL, Prof. Dr. KLENLE, Prof. Dr. KÜHL, Prof. Dr. NÖLKE. Herausgegeben vom Bund der Sternfreunde durch R. HENSELING. Berlin-Potsdam: Verlag Die Sterne 1925. 218 S. und 35 Abbildungen im Text und auf Kunstdrucktafeln. 12 × 19 cm. Preis RM 5.50.

Man muß den Herren, welche sich der undankbaren Aufgabe unterzogen haben, ein Buch gegen HÖRBIGERS Weltelehre zu schreiben, sehr dankbar sein. HÖRBIGERS Lehre macht, man kann fast sagen, einen Siegeszug durch die Welt; ihre Anhänger sammeln sich aber nur aus Leuten, die wohl im Gymnasium oder

Realschule die Anfangsgründe der Physik gelernt haben, bei denen aber die Reste, die in ihrer Erinnerung geblieben sind, nicht mehr ausreichen, irgendeine Kritik über die Möglichkeit oder Unmöglichkeit eines physikalischen Vorganges zu üben. Nur so ist es möglich, daß eine Lehre, die allem physikalischen Denken Hohn spricht, eine solche Verbreitung finden kann. Dazu kommt, daß sich die Anhänger derselben sogar noch etwas darauf zugute tun, daß sie das Hilfsmittel der Mathematik verachten und die Intuition an ihre Stelle setzen; die ganze Lehre wird wie eine Offenbarung behandelt, und die Anhänger glauben an die Worte des Meisters mit derselben Sicherheit, wie der gläubige Christ an das Evangelium. Daß es unter diesen Umständen aussichtslos ist, einen überzeugten Hörbigerianer umzustimmen, ist klar, und ein Buch gegen HÖRBIGER kann nur für solche Leute geschrieben werden, welche der Lehre noch nicht verfallen sind. Es ist sehr merkwürdig, welche suggestive Kraft sie auf den Laien ausübt; es scheint sehr schwierig zu sein, von diesen Ideen wieder loszukommen. Man kann daher nur warnen und nicht mehr retten.

Das Buch zerfällt in eine Reihe von Abschnitten, von welchen der erste: „Die Entwicklung der Sterne“ von KIENTLE einen Überblick über jene Resultate kosmogonischer Untersuchungen gibt, die als gesichert gelten können. In seiner gedrängten Kürze und seiner Übersichtlichkeit bringt er Ordnung in die Vielheit der Ansichten, die seit KANT und LAPLACE entwickelt wurden. Es ist das einzige Kapitel, das eigentlich nicht von HÖRBIGER handelt, und es ist fast schade, daß es an die Welteislehre verschwendet wurde.

Mit den astronomischen Vorgängen in HÖRBIGERS Theorie befassen sich die drei folgenden Kapitel: „Die Entwicklung des Sonnensystems“ und „Welteislehre und Astronomie“ von NÖLKE und „Über die Lehre von den Sternschnuppen und Feuerkugeln in der Welteislehre“ von HOFFMEISTER. Da gerade die Eisnatur der Sternschnuppen den Kernpunkt der HÖRBIGERSchen Lehre bildet, so scheint es ganz angebracht, ihnen ein spezielles Kapitel zu widmen. Die Unhaltbarkeit der ganzen Theorie tritt hier am deutlichsten hervor. Die Vorgänge bei der Entstehung des Planetensystems, die in den anderen beiden Aufsätzen behandelt werden, sind eine wilde Phantasie, sind aber auch das überflüssigste an der ganzen Sache; sie dienen nur dazu, die Entwicklung eines Zustandes zu erklären, der überhaupt nicht existiert. Wenn uns HÖRBIGER einmal die Existenz seiner Eiskörper bewiesen hätte, dann erst käme die Frage an die Reihe, wo sie herkommen.

Die beiden letzten Kapitel: „Welteislehre und Geologie“ von HUMMEL und „Welteislehre und Meteorologie“ von KÜHL behandeln die geologischen und meteorologischen Vorgänge, die nach HÖRBIGER ebenfalls durch das Welteis beherrscht werden. Man kann sich kaum ein Lehrgebäude denken, bei dem ein derartiger Mißbrauch mit allen physikalischen Gesetzen getrieben wird. Die Fehler, die gemacht werden, sind so grob und so zahlreich, daß es gar nicht möglich ist, alles zu besprechen. Die Verfasser müssen sich daher begnügen, das Wichtigste hervorzuheben.

Hoffentlich kommt dieses gute Buch auch recht vielen Leuten in die Hände; namentlich wäre es wünschenswert, wenn es unter der Lehrerschaft eine große Verbreitung fände; denn es wäre nichts gefährlicher, als wenn diese Lehre von der Autorität eines Lehrers gestützt, ins Volk dränge.

A. PREY, Prag.
SCHMID, JOS., **Klima, Boden und Baumgestalt im beregneten Mittelgebirge.** Neudamm: J. Neumann

1925. 124 S., 31 Textabbildungen und 3 Tafeln.
Preis geh. RM 5.—.

Eine Bestätigung der großartigen Untersuchungen ENGLERS und seiner Mitarbeiter, insbesondere BURGERS, über die Struktur und die Wasserführung der Gebirgswaldböden, verbunden mit einer Fülle von neuen Beobachtungen und sehr exakt ausgeführten Experimenten über die Zusammenhänge zwischen Wald, Bodenbildung, Wasserführung, Klima im Mittelgebirge, Einblicke in den Wasserhaushalt von Wald- und Grasland des südlichen Schwarzwaldes um Freiburg i. Br. auf Gneiß, dessen Verwitterungsprodukt (lehmiger Sand, z. T. reich an Steinen auf Waldboden, feinsandig oder lehmig, häufig von breiartiger Beschaffenheit auf zum Vergleich herangezogenem Grasboden) für die sorgfältigen und vielseitigen Untersuchungen des Verf. zur Ergiebigkeit, Periodizität und Zahl der Quellen beider Bodentypen, zum Einfluß der verschiedenen Expositionen und somit des Waldklimas selbst besonders gut geeignet erschien. Auf die zahlreichen Einzelergebnisse und die gewandte Versuchstechnik im Rahmen einer Besprechung einzugehen, verbietet der Raum. Immerhin seien einige Hauptergebnisse dieses nicht nur für den Forstmann, sondern auch den Geographen, Geologen, Bodenkundler und Botaniker sehr lesenswerten Werkes kurz zitiert: Als für den Bodenkundler und Forstmann zweifellos interessantestes und der landläufigen Ansicht widersprechendes Ergebnis die Tatsache, daß die Abschlämmung feiner und auch gröberer Bodenteile im Grasland infolge des dicht bewurzelten Grasfilzes geringer ist als im Waldboden, dem man bisher einen vermittels seines reichen Wurzelwerkes, seines Kronendaches und seiner Bodendecke (lebender und toter) erzielten besseren Schutz gegen Abschlämmung zuschrieb. Der durch seine zahlreichen Wurzelkanäle natürlich drainierte Waldboden, der vermittels dieser eine über seine Aufnahmefähigkeit hinausgehende Wasserzufuhr ständig als Sickerwässer in die Tiefe zum Grundwasserspiegel abführt, vermag der abtragenden Wirkung abfließender Gewässer nicht in dem Maße zu widerstehen, als der sich langsam, aber sehr intensiv vollsaugende Wurzelfilz des Graslandes, das allerdings, zumal es an natürlichen Abzugskanälen fehlt, bis in größere Tiefen durchweicht, häufig katastrophalen Erdbeben unterliegt. Auf diese Weise ist trotz größerer Abtragung der Wald doch letzten Endes der bessere Bodenerhalter im Gebirge.

Deutliche Unterschiede in der Wasserführung zeigen außerdem die Luv- und Leeseiten. Auf den Leeseiten ist ebenso wie im Freiland die Wasserführung ausgeglichener, während die Quellen und Bäche der Luvseiten plötzlich stark ansteigen und ebenso bald wieder sinken.]

Verf. tritt der GÖTZINGERSchen Theorie, die ein Kriechen der oberen Bodenschichten in der Hangrichtung (langsam Abgleiten der ganzen Verwitterungsdecke unter dem Einfluß der Schwerkraft und starker Durchtränkung) annimmt, auf Grund seiner exakten Untersuchungen entgegen und führt verschiedene Wuchsformen der Bäume (Baumknie, Stelzfußbildung usw.) ebenfalls auf die Abtragungsvorgänge in Waldböden zurück, die dem Graslande fehlen. Die große Zahl der ausgeführten Beobachtungen, Messungen usw. werden in zahlreichen Abbildungen, graphischen Darstellungen und Tabellen veranschaulicht.

HARTMANN, Eberswalde.

GEIGEL, R., **Wetter und Klima.** Ihr Einfluß auf den gesunden und auf den kranken Menschen. München: J. F. Bergmann 1924. IV, 419 S. 14 × 21 cm. Preis geh. RM 7.80, geb. RM 9.60.

Das Buch gibt in leichtverständlicher Form eine

Einführung in die geophysikalischen Grundlagen der Klimakunde und bringt ein reichhaltiges Material über die Wetter- und Klimaelemente, ihren Einfluß auf den Menschen und die damit zusammenhängenden Fragen der Heilkunde und Hygiene. Der Verf. hat es verstanden, den zuweilen etwas spröden Stoff durch eine frische und anregende Darstellung zu beleben; dazu tragen auch die vielen persönlichen Bemerkungen bei, die freilich manchmal nur in sehr losem Zusammenhang mit dem Thema stehen. Das Buch hat aber einen großen Mangel: es hat seine Zeit verpaßt. Zu Beginn des Jahrhunderts, vielleicht auch noch vor dem Kriege, hätte es als eine Einführung in die medizinische Klimatologie namentlich Ärzten empfohlen werden können. Infolge seiner völligen Außerachtlassung der neueren Forschungen ist dies aber heute mit gutem Gewissen nicht mehr möglich. Wenn die Solarkonstante noch zu 2,2 Grammcalsorien angegeben wird, obwohl seit 1913 allgemein mit dem Abbotschen Wert 1,9 gerechnet wird, so ist das ja nur ein kleiner Schönheitsfehler. Erstaunlich ist es aber, daß in dem ganzen Buche nichts von den neueren Bestrebungen, das Wesen der klimatischen Einflüsse auf den gesunden und kranken Körper tiefer zu erfassen, nichts von den im letzten Jahrzehnt an verschiedenen Orten durchgeführten lichtklimatischen Untersuchungen zu finden ist. Man sucht in dem Werke eine Erwähnung der wichtigen Feststellungen SCHADES ebenso vergeblich wie eine Besprechung der Versuche von HILL, DORNO u. a., die Gesamtheit der auf die Körpertemperatur wirkenden klimatischen Elemente in einer Größe, der sog. Abkühlungsgröße, zusammenzufassen und diese exakt zu messen. In dem 30 Seiten langen Abschnitt über „die elektrische Spannung“ werden Entstehung, Wirkung und Behandlung des Blitzschlages sowie die Vorbeugungsmaßregeln gegen Blitzschlag, schließlich auch das St. Elmsfeuer besprochen, die örtlichen Unterschiede der elektrischen Leitfähigkeit der Luft und des Potentialgefälles, die elektrischen Störungen bei Föhn und ihre gesundheitliche Wirkung aber nicht erwähnt. Wenn vollends in dem Kapitel „Wettervorhersage“ der Satz steht: „Eine erhebliche Verbesserung hat der Wetterdienst dadurch erfahren, daß die neuen Schnelldampfer mit so großer Geschwindigkeit den Ozean durchqueren, daß sie an Land zeitig genug über das Wetter berichten können, das sie bei ihrer Fahrt beobachtet hatten“, so mutet das im Zeitalter der drahtlosen Telegraphie doch etwas eigenartig an. Es nimmt dann auch nicht mehr wunder, wenn man weiterhin von dem Wetterempfinden der Tiere, von der Empfindlichkeit der Alligatoren für feinste Bodenschwankungen und vom LAMBRECHTSCHEN „Wettertelegraph“ liest, während der neuzeitliche Weltwetterdienst überhaupt nicht erwähnt wird.

F. BAUR, St. Blasien.

ROBITZSCH, M., *Die Beobachtungsmethoden des modernen Meteorologen*. Sammlung geophysikalischer Schriften. Herausgegeben von C. MAINKA. Nr. 4. Berlin: Gebrüder Bornträger 1925. 125 S. und 25 Abbild. 16 × 24 cm. Preis RM 6.75.

In der Meteorologie besteht das lebhafteste Bedürfnis nach einer „Instrumentenkunde“, die neben einer Beschreibung der Instrumente ihre Anwendung und ihre Theorie behandelt. Diese Lücke wird durch das vorliegende Buch noch nicht ausgefüllt. Nach den Worten der Vorbemerkung, die den eigentlichen Ausführungen vorausgeschickt wird, hatte der Verfasser seine Aufgabe enger begrenzt. Das Buch soll sich mit Fragen physikalischer und konstruktiver Art befassen, auf die der Verfasser während seiner Tätigkeit gelegentlich gestoßen ist. Wenn auch dabei manches ge-

bracht wird, was nicht neu und des öfteren schon behandelt ist, so glaubt der Verfasser doch, daß eine Zusammenfassung dieser Tatsachen angebracht erscheint.

Es liegt in der Natur der Sache, daß bei der Durchführung dieses so umrissenen Arbeitsplanes die Ausführungen teilweise eine subjektive Färbung erhalten haben. Andererseits gewinnt das in fließendem Stile geschriebene Buch gerade hierdurch, indem es sehr anregend wirkt und für den Meteorologen, der sich mit instrumentellen Fragen beschäftigt, Stoff zu weiteren Einzelstudien bietet.

Inhaltlich behandelt das Werk nacheinander die Beobachtungsmethoden zur Messung von Luftdruck, Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftströmungen, Bewölkung, Sonnenschein, Strahlung, Niederschlag und Luftpolarität. Trotzdem der Umfang der Darstellung in den einzelnen Abschnitten nicht gleichmäßig ist, so werden doch sehr viele Überlegungen gebracht, die man an dieser Stelle zum ersten Male liest, oder die in der Literatur nur ganz versteckt und verstreut vorhanden sind. Allerdings wünscht man sich stellenweise noch mehr Literaturhinweise, die eine Nachprüfung und eine leichtere eigene Urteilsbildung gestatten würden.

Das Schlußkapitel bringt Bemerkungen über die Bearbeitung und die Angaben der Meßinstrumente, wobei im besonderen die Auswertungen in der Aerologie behandelt werden.

Der Verlag Bornträger hat dem Buch eine in Druck und Papier gute äußere Aufmachung gegeben.

K. KNOCH, Berlin.

HANN-SÜRING, *Lehrbuch der Meteorologie*. 4. umgearbeitete Auflage. Leipzig: Chr. H. Tauchnitz 1926. XVI, 867 S., 6 doppelseitige Tafeln, 4 Tabellen, 6 Kartenbeilagen und 119 Abbildungen im Text. Preis geh. RM 39.—, geb. RM 44.—.

Seit dem Erscheinen der 1. Lieferung, die uns Anlaß zu einer kurzen Besprechung gegeben hat¹⁾, bis zu dem jetzt vorliegenden Abschluß des gewaltigen Werkes ist eine etwas lange Zeit verstrichen. Aus dem Vorworte SÜRINGS können wir die Gründe ahnen, die in der notwendigen Umarbeitung gelegen haben, für welche HANN keine Vorbereitungen getroffen hatte. Daß dabei aus einem Lehrbuch mehr ein Handbuch geworden ist, möchte ich dankbar hervorheben.

Schon der Umfang der dritten Auflage war derartig, daß das Buch weniger dem Anfänger als dem Forscher dienen konnte. Was nicht im Text verarbeitet ist, ist in dem wertvollen Literaturverzeichnis enthalten, das jedem Abschnitte beigegeben ist. SÜRING verfügt als Mitherausgeber der Meteorologischen Zeitschrift über eine besonders große Kenntnis der Literatur, die dem Werk sehr zustatten kam.

Mit einer gewissen Wehmüt gedenkt man der 1. Auflage vom Jahre 1901. Damals war es einem Manne wie HANN und einem Lehrbuch wie dem seinen noch möglich, die ganze Meteorologie darzustellen. Aber es kann uns auch mit freudigem Stolz erfüllen, die rapide Entwicklung, welche die Naturwissenschaften in den letzten 25 Jahren erlebt haben, auch bei der Meteorologie anzutreffen. Wichtige Teile, wie die meteorologische Optik, die theoretische Meteorologie, das Problem der Wettervorhersage, welche im Lehrbuche nicht aufgenommen sind, haben inzwischen selbst ihre eigene Literatur bekommen. Für alle aber bleibt das Lehrbuch von HANN, das SÜRING in so pietätvoller und glücklicher Weise fortgeführt hat, das meteorologische Lehrbuch.

A. SCHMAUSS, München.

¹⁾ Naturwissenschaften 1924, S. 174.

Zuschriften.

Der Herausgeber hält sich für die Zuschriften nicht für verantwortlich.

Optische Bestimmung der Dissoziationswärme der Halogene.

Zu der interessanten Darlegung von H. KUHN (diese Zeitschr. 14, 600. 1926) sei folgendes bemerkt: Daß die Kantenserien im Bandenspektrum des Jod etwa von der Stelle des Maximums der selektiven Absorption ausgehen, wurde zuerst von K. VOGT und dem Verf. festgestellt (Zeitschr. f. Physik 13, 301. 1923). Die kontinuierliche Absorption folgt dabei, wie wir zeigten, nur auf der einen Seite vom Maximum nach kürzeren Wellen hin den Formeln der klassischen Theorie. — Auf der langwelligen Seite vom Maximum weg ist scheinbar noch ein Stück weit kontinuierliche Absorption vorhanden; das Bandenspektrum ist jedenfalls da nicht gleich nach dem Maximum sicher bemerklich. Die Stelle der maximalen Absorption, von der aus theoretischen Gründen die Bandenabsorption ausgehen sollte, wobei von der Dämpfungskorrektur abgesehen ist, liegt aber nach unseren Messungen bei etwa 5060 bis 5055 AE. Nach der Untersuchung von L. KILCHLING gehen die Gruppen der Kanten von etwa 5057 AE. aus. Die Berechnung der Kantenserien von R. MECKE (Ann. Phys. 71, 104. 1923), welche für die Kanten die Konvergenzstelle 4995 AE ergibt, stützt sich auf genauere Wellenlängenmessungen der Jodbanden von W. F. MEGGERS und C. G. PETERS (Bull. Bureau of Standards Nr. 327. 1918). Ob aber bei der Extrapolation die Formel von DESLANDRES in der von MECKE oder in der von KILCHLING erweiterten Form gilt, scheint mir noch unsicher.

Wenn man mit dem von L. KILCHLING, VOGT und mir als Konvergenzstelle für Bandenspektrum und kontinuierliche Absorption zuerst angegebenen Wert von rund 5055 AE die Dissoziationswärme des Jodmoleküls nach der Formel von J. FRANCK berechnet, erhält man rund 34,5 Kalorien, was mit dem Wert übereinstimmt, der thermodynamisch gemessen wurde (34,5 Kalorien). Ob dies nur Zufall ist und ob die Lage der Konver-

genzstelle nach KUHN richtiger ist, können erst neue Messungen erweisen.

Freiburg i. Br., den 9. Juli 1926. J. KOENIGSBERGER.

Bemerkung zu meiner Besprechung des Buches: Die Röntgenstrahlen als Hilfsmittel für die chemische Forschung von K. Becker.

Der Herr Herausgeber der Naturwissenschaften veranlaßt mich, über die Erscheinungsdaten zweier Publikationen, auf deren Inhalt sich meine Kritik (Naturwissenschaften 14, 595. Heft Nr. 25) an dem Buche des Herrn BECKER stützt, folgende Feststellungen zu machen.

Die von mir zitierte Arbeit von V. M. GOLDSCHMIDT ist am 22. Februar 1924 der Norwegischen Gesellschaft der Wissenschaften vorgelegt und am 12. Juli 1924 gedruckt ausgegeben worden. Mein Hinweis auf die zu kurze Behandlung der quantitativen Röntgenspektalanalyse in dem Buche des Herrn BECKER bezieht sich auf die Nichterwähnung der selektiven Absorption im Analysenmaterial selbst, des Einflusses der verschiedenen Erregungsspannungen der Röntgenlinien, der Häufigkeit von Koinzidenzen und schließlich auf den Mangel eines Hinweises der prinzipiellen Unverwendbarkeit der Festkrystallapparate. Soweit diese Gesichtspunkte den Spezialisten auf diesem Gebiet nicht schon vorher bekannt waren, habe ich in einer Arbeit, die in der Zeitschrift für angew. Chem. 37, 355—357 am 12. Juni 1924 erschienen ist, darauf hingewiesen.

Herr KARL BECKER datiert das Vorwort seines Buches „Im Juli 1924“. Sollte die Berücksichtigung der letzteren Arbeit wegen des Zeitpunktes ihres Erscheinens und die wichtige Berichtigung der Behauptung, Herr HADDING habe als erster das Element 61 nachgewiesen, auf Grund der Arbeit von V. M. GOLDSCHMIDT auch in der Korrektur nicht mehr möglich gewesen sein, so besteht meine Kritik in diesem Punkte zu Unrecht.

Berlin, den 22. Juli 1926.

GÜNTHER.

Astronomische Mitteilungen.

Die **Marsatmosphäre** hat bei und nach der letzten günstigen Marsnähe (1924) wieder größere Aufmerksamkeit erregt als zuvor¹⁾.

ADAMS und ST. JOHN²⁾ beschreiben neuerdings einen Versuch, den sie im Februar 1925 angestellt haben, um im Marsspektrum Linien nachzuweisen, die von Wasserdampf und Sauerstoff in der Marsatmosphäre herrühren. Wenn man das Marsspektrum photographiert, erhält man außer den Linien des Sonnenlichtes jederzeit die Linien des Wasserdampfes und des Sauerstoffes, da diese beiden Gase in der Erdatmosphäre reichlich vorhanden sind. Gerade deshalb ist es sehr schwierig, die wahrscheinlich geringere Absorption in der Marsatmosphäre nachzuweisen. Vergleichen der Intensität der Linien z. B. im Mars- und im Mondspektrum haben zu keinem Ergebnis geführt. Man hat deshalb versucht, durch den Dopplereffekt eine Trennung der Linien nach ihrem Ursprung

¹⁾ Siehe Naturwissenschaften 14, 16. 1926.

²⁾ WALTER S. ADAMS und CHARLES E. ST. JOHN. An attempt to detect water-vapor and oxygen lines in the spectrum of Mars with the registering microphotometer. Astrophysical Journ. 63, 133. 1926.

in der Mars- oder Erdatmosphäre zu erreichen. Man muß dazu einen Zeitpunkt wählen, in dem sich Mars und Erde mit einiger Geschwindigkeit nähern oder voneinander entfernen. Im vorliegenden Falle entfernten sich Mars und Erde mit einer Geschwindigkeit von 17,80 km/sec. Spektrallinien, die auf dem Mars ihren Ursprung haben, müssen deshalb (bei D) um 0,35 AE nach der roten Seite des Spektrums verschoben sein im Vergleich mit Linien, die in der Erdatmosphäre entstehen. ADAMS und ST. JOHN haben mit dem 60zölligen Mount Wilson-Spiegel und einem 6-Prismen-Spektrographen den Mars (Belichtung 225 Minuten) und den Taghimmel (Belichtung 30 Sekunden) aufgenommen. Die beiden Spektren wurden durch ein registrierendes Photometer ausgewertet; in den registrierten Diagrammen war 1 mm = 0,12 AE bei D und = 0,19 AE bei λ 6300. In beiden Spektren wurde der Abstand der Wasserdampf- und Sauerstofflinien bei λ 6300 bzw. λ 5900 von benachbarten Sonnenlinien gemessen. Wenn die Wasserdampf- und Sauerstofflinien im Marsspektrum gänzlich irdischen Ursprungs sind, dann müssen die Sonnenlinien im Marspektrum gegen die Wasserdampf- und Sauerstoff-

linien um den vollen Betrag von 0,35 bzw. 0,37 AE nach Rot verschoben erscheinen. Wenn diese Linien ganz in der Marsatmosphäre zustande kämen, dann würden sie ebenso verschoben sein wie die Sonnenlinien, die relative Lage wäre also dieselbe wie im Himmelspektrum. In welchem Maße eine relative Verschiebung der Linien bemerkbar wird, hängt also von dem Intensitätsverhältnis der irdischen und der Marslinien (von Wasserdampf und Sauerstoff) ab. Hier wird die Umkehrung benutzt: Aus der gemessenen relativen Verschiebung kann man auf den Absorptionsanteil der Marsatmosphäre schließen. Aus den Messungen folgt, daß die Wasserdampfabsorption in der Marsatmosphäre 9% der Wasserdampfabsorption in der Erdatmosphäre ausmachte, während beim Sauerstoff die Marskomponente 33% der Erdkomponente betrug. Bei Berücksichtigung der in den beiden Atmosphären zurückgelegten Wege ergibt sich schließlich, daß die Marsatmosphäre etwa 6% des Wasserdampfes enthält, der sich über Mount Wilson befindet; das bedeutet also eine sehr große Trockenheit. Der Sauerstoffgehalt ergibt sich zu $\frac{2}{3}$ der über dem Mount Everest liegenden Menge oder zu 10% des Sauerstoffgehalts über Mount Wilson.

MENZEL¹⁾ versucht, durch eine theoretische Untersuchung den Einfluß der Atmosphäre auf das Aussehen des Mars quantitativ zu erfassen. Das Gesamt-Reflexionsvermögen (Albedo) des Planeten wird als Funktion des Streuungsvermögens der Atmosphäre und des Reflexionsvermögens der Oberfläche dargestellt. Auf Grund der beiden bekannten Albedowerte für visuelle und photographische Strahlung läßt sich der Maximalbetrag der auf dem Mars vorhandenen Atmosphäre abschätzen. Es ergibt sich, daß über einem Areal des Mars höchstens $\frac{1}{3}$ der über einem gleichgroßen Oberflächenstück der Erde liegenden Atmosphäre vorhanden sein kann. Eine solche Atmosphäre würde an der Marsoberfläche nur einen Druck von 5 cm Quecksilber ausüben. Dieses Ergebnis steht im Einklang mit dem Beobachtungsergebnis von ADAMS und ST. JOHN. Jedoch lassen sich mit einer solchen Atmosphäre nicht die Erscheinungen erklären, die WRIGHT²⁾ im violetten und roten Lichte photographiert hat. Auch WRIGHT hatte bereits erkannt, daß mit einer bloßen Zerstreuung des Lichtes nicht auszukommen ist. Er nahm deshalb an, daß die Marsatmosphäre für violettes Licht undurchlässig sei. MENZEL weist darauf hin, daß eine so allgemeine ultraviolette Absorption neben der Zerstreuung nicht angenommen werden kann; die Absorption müßte in Bändern auftreten, und solche ultravioletten Bänder sind im Marsspektrum nicht bekannt.

Veränderlichkeit der Sonnenstrahlung. ABBOT hat 1912 die Vermutung ausgesprochen, daß Veränderungen in der Intensität der Sonnenstrahlung sich im Gebiet der kurzen Wellen abspielen, während die Strahlung in längeren Wellen als 5000 AE ihre Intensität kaum ändert. Um die Richtigkeit dieser Vermutung und den Betrag der Veränderlichkeit nachzuweisen, hat PETTIT³⁾ eine Apparatur gebaut, die automatisch

arbeitet und daher ein sehr großes Beobachtungsmaterial liefert.

Die Optik bilden zwei Quarzlinsen von $\frac{1}{2}$ Zoll Öffnung und 2 Zoll Brennweite. Jede der beiden Linsen ist in eine luftdichte Zelle eingeschlossen. Die inneren Flächen der einen Zelle sind mit einer Silberschicht, die der anderen mit einer Goldschicht überzogen. Der Silberfilm läßt die Strahlung zwischen 3180 und 3300 AE durch, der Goldfilm Wellen zwischen 4780 und 5000 AE. Die beiden Zellen sitzen auf einer Scheibe, die durch einen Motor gedreht wird. Durch diese Rotation werden die von den beiden Linsen entworfenen Sonnenbilder abwechselnd über die Lötstellen eines Thermoelementes hinweggeführt. Automatisch fällt in jeder Umdrehung das ultraviolette Sonnenbild der Silberzelle zuerst auf die eine, dann auf die andere Lötstelle und eine halbe Umdrehung später folgt in derselben Weise das grüne Sonnenbild der Goldzelle. Die Ausschläge des Galvanometers werden fortlaufend photographisch registriert. Eine vollständige Vergleichung der ultravioletten und der grünen Strahlung vollzieht sich in 4 Minuten, und ein Vormittag kann bis zu 100 solcher Vergleichungen liefern. Da die Sonnenstrahlung vom Morgen bis zum Mittag abnehmende Dicken der Atmosphäre durchsetzt, so ergibt sich aus den Beobachtungen durch Extrapolation das Verhältnis der beiden Strahlungen für den senkrechten Einfall und außerhalb der Atmosphäre.

Aus den Beobachtungen von Juni 1924 bis November 1925 ergibt sich eine Zunahme des Quotienten ultraviolette

grüne Strahlung um 83%. Da die Intensität der grünen Strahlung fast unverändert geblieben ist (Vergleich mit einer Lampe), so muß die Veränderung in der ultravioletten Strahlung gesucht werden. Die Zunahme der ultravioletten Strahlung geht parallel mit der Zunahme der Sonnenfleckengruppen und der Zunahme der Solarkonstante.

		Ultraviolett Grün	Flecken- Gruppen	Solar- konstante
1924	Juni	0,68	1,7	1,923
	Juli	0,76	2,5	1,922
	August . . .	0,76	1,9	1,921
	September .	0,78	2,0	1,920
1925	April	0,91	4,0	1,926
	Mai	0,95	3,7	1,925
	Juni	0,98	3,8	1,927
	Juli	0,97	4,0	1,932
	August . . .	1,06	3,6	1,930
	September .	1,12	7,1	1,934
	Oktober . .	1,21	7,5	1,932
	November .	1,27	4,0	1,936
	Dezember . .	1,20	8,0	1,934

PETTIT weist darauf hin, daß die große Zunahme der ultravioletten Strahlung nicht durch eine Erhöhung der Sonnentemperatur beschrieben werden kann, da das eine Erhöhung der Solarkonstante (durch einen Querschnitt von 1 qcm in der Minute eingestrahle Energie) um 41% und eine Erhöhung der Sonnentemperatur um 540° verlangen würde.

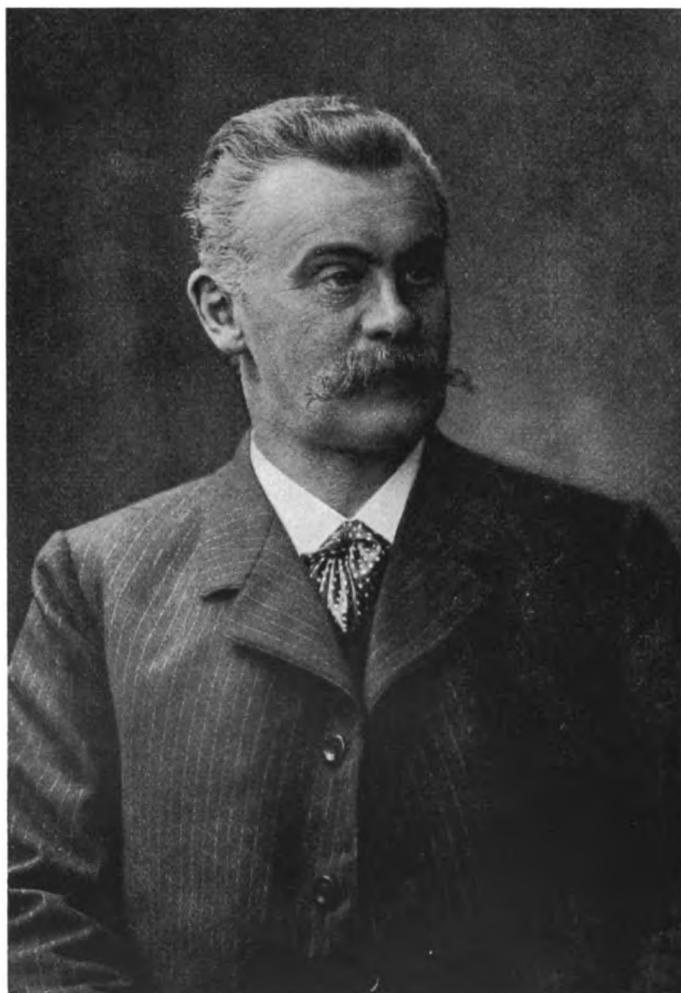
KR.

and its Variations. Publications of the Astronomical Society of the Pacific 38, 21. 1926.

¹⁾ DONALD H. MENZEL, The atmosphere of Mars. Astrophysical Journ. 63, 48. 1926.

²⁾ Siehe Naturwissenschaften 14, 16. 1926.

³⁾ EDISON PETTIT, Ultraviolet Solar Radiation



F. Krishna.

Friedrich Küstner,

dem Altmeister der beobachtenden Astronomie zur Vollendung des siebenzigsten Lebensjahres
am 22. August.

Von J. HOPMANN, Bonn.

Astronomie, Physik und Chemie, die drei Hauptvertreter exakter Naturwissenschaften, haben, bei aller Verwandtschaft der Sache nach, nach Art der Ideen ihrer Forschungsmethoden natürlich auch tiefgehende Unterschiede. Insbesondere gilt dies für die Astronomie gegenüber den beiden anderen: sie kann nicht experimentieren, sie muß beobachten, d. h. der Astronom ist nicht in der Lage, die Naturzustände zur Forschung beliebig wieder herzustellen; durch schlechtes Wetter verpaßte Gelegenheiten sind unwillkürlich dahin. Ferner entwickelte sich schon frühzeitig in der Astronomie die Meßkunst zu hoher Blüte. Die liegt vor allem darin begründet, daß die astronomischen Vorgänge sich im Vakuum abspielen, die Gesetze der Mechanik also in reinsten Form auftreten. Dazu kommt, daß die Zustandsänderungen am Himmel im Laufe weniger Jahre nur äußerst gering sind — die durchschnittlichen kosmischen Geschwindigkeiten von 20 km in der Sekunde sind im Verhältnis zur mittleren Distanz der Sterne sehr klein —, so daß zu ihrer Feststellung erst recht allerhöchste Meßkunst erforderlich ist. Der stärkste Unterschied aber gegen Physik und Chemie liegt wohl in folgendem. In diesen beiden Wissenschaften verlieren große Meßreihen weitgehend ihren Wert, wenn mit verbesserten Hilfsmitteln das gleiche Gebiet nochmal untersucht wird — man denke etwa an das Schicksal des ROWLANDSchen Wellenlängensystems —, in der Astronomie dagegen kann oft eine Beobachtung — wenn sie nur im Rahmen der jeweiligen Instrumentenbau- und Beobachtungskunst zuverlässig ist — um so wertvoller sein, je älter sie ist. So beruht eine der bekanntesten KAPTEYNschen Entdeckungen, nämlich die der Zweisternströme, auf der Bearbeitung der Eigenbewegungen der helleren Fixsterne, so wie sie AUWERS um 1890 abgeleitet hatte. Letzterer stützt sich dabei auf Greenwicher und Berliner Beobachtungen aus den achtziger Jahren einerseits, vor allem aber auf die von BRADLEY um 1750 andererseits. Bei dieser Lage ist es oft zweifelhaft, wer mehr zum Fortschritt der Himmelskunde beiträgt, der Theoretiker bzw. Bearbeiter verschiedener Beobachtungsreihen unter neuen Gesichtspunkten, oder der gewissenhafte Beobachter, der in langjähriger gleichförmiger Arbeit die Grundlagen zu solchen Untersuchungen schafft. Ob in 50 Jahren die zahlreichen theoretisch-spekulativen Arbeiten unserer Tage über die Kon-

stitution der Fixsterne noch viel herangezogen werden, ist sehr fraglich, sicher aber und ohne Übertreibung werden dann, und auch weitere 50 Jahre später, die Präzisionsortsbestimmungen F. KÜSTNERS zur Ableitung absoluter Eigenbewegungen von Sternen herangeholt werden *müssen*, so wie uns heute die Beobachtungen BRADLEYS, BESSELS, STRUVES, ARGELANDERS und anderer ganz unentbehrlich sind.

So ist es dann auch heute, an seinem siebenzigsten Geburtstage, recht und billig, das Lebenswerk F. KÜSTNERS einer kurzen Betrachtung zu unterziehen — möglichst im Hinblick auch auf gegenwärtige und zukünftige Aufgaben, zu deren Lösung er schon jetzt seinen Beitrag gegeben.

In schlicht-bürgerlicher Umwelt in Görlitz geboren und erzogen, zeigte sich bei ihm schon früh die Neigung zur Naturwissenschaft. Die Geologie zog ihn für kurze Zeit an, um dann der exakter arbeitenden Astronomie Platz zu machen. Seine Studienzeit verlebte er vor allem in Straßburg. Das Deutsche Reich hatte damals die Universität dort neu gegründet. ARGELANDERS Schüler WINNECKE hatte 1872 eine provisorische Sternwarte im alten Akademiegebäude und auf dem Platz davor eingerichtet, während gleichzeitig die heutige große unter seiner Leitung im Bau war. WINNECKE verlangte viel von seinen Schülern. So war eine beliebte Aufgabe zur Aufnahme in das Praktikum für Fortgeschrittene die Ermittlung der Exzentrizität eines schlecht justierten Sextanten durch Beobachtung hierfür geeigneter Sternabstände. Die hohe Meßkunst unseres Jubilars muß schon in jenen Jugendtagen zum Vorschein gekommen sein; ich glaube nicht, daß sonst in dem mustergültigen Handbuch der Mikrometermessungen von BECKER gerade damalige Beobachtungen KÜSTNERS als Zahlenbeispiele angeführt wären. In die Straßburger Studienzeit fallen ferner Übungen der Beobachtung von Sternenbedeckungen, am Heliometer usw. KÜSTNERS Doktor-Dissertation fußte nicht auf eigenen Beobachtungen, vielmehr hat er eine Reihe älterer Arbeiten kritisch zusammengefaßt. Sein Ziel war Ermittlung des scheinbaren Monddurchmessers auf Grund der zahlreichen Sternbedeckungen, die von 1839 bis 1876 bei Durchgängen des Mondes durch die Sternengruppe der Plejaden beobachtet worden waren. Wie hier nicht weiter erörtert werden kann, ist gerade dieses Beobachtungsverfahren besonders genau, heliometrischen und an-

deren Messungen überlegen, sofern nur die Beobachtungen genügend frei von systematischen Fehlern angestellt sind. KÜSTNERS Arbeitsart ist in diesem Erstlingswerk schon ganz unverkennbar, nämlich die scharfe Kritik der Beobachtungen und das Aufspüren subjektiver Fehlerquellen. Gerade der letzteren wegen kann er schließlich keine endgültige Lösung der Aufgabe vorschlagen. STRUVE, BATTERMANN und KÜSTNERS Schüler PETERS haben später das gleiche Thema wieder aufgegriffen bzw. das zahlreiche seitdem hinzugekommene Beobachtungsmaterial verarbeitet.

1879 zog KÜSTNER als Volontärassistent nach Berlin, um teils sich am Astronomischen Recheninstitut an der rechnerischen Überwachung der kleinen Planeten zu beteiligen, teils um an der Sternwarte mit Beobachten tätig zu sein. Anfang 1882 begannen in Berlin und Potsdam die Vorarbeiten zur Venusexpedition (s. u.), Mitte des Jahres wurde er zum Observator an der Hamburger Sternwarte ernannt; dann kam die Venusexpedition selbst und anschließend bis Anfang 1884 ein verhältnismäßig kurzer Aufenthalt in Hamburg, dann aber bis Ende 1891 die fruchtbare Tätigkeit als Observator der Berliner Sternwarte. Im Frühjahr 1892 zog er als Nachfolger von SCHOENFELD nach Bonn, um diesem bis zum heutigen Tage treu zu bleiben.

KÜSTNERS Arbeiten lassen sich etwa wie folgt gruppieren: Bestimmung astronomischer fundamentaler Konstanten, Beobachtungen am Meridiankreise, Arbeiten mit dem Spektrographen, photographische Positionsbestimmungen, organisatorische Tätigkeit. Dementsprechend wollen wir uns zunächst mit seinem fundamental-astronomischen Werk abgeben.

Die Konstanten der jährlichen Aberration und der Sonnenparallaxe gehören zu den wichtigsten Reduktionselementen der Positionsastronomie. Wie hier nicht näher erörtert werden kann, stehen beide zusammen mit der Lichtgeschwindigkeit in enger Wechselbeziehung, so daß unter Umständen die Ermittlung der einen zur Kenntnis der anderen führen kann. Zur Bestimmung der Entfernung Erde—Sonne bzw. der Sonnenparallaxe haben wir eine ganze Reihe Methoden, über die im einzelnen BAUSCHINGERS Artikel in der Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften, Band 6, einen vorzüglichen Überblick gibt. Am aussichtsreichsten erschien um 1880 die Beobachtung der Venusdurchgänge vor der Sonne. Abwechselnd in Abständen von 8 und 108 Jahren liegen die Bahnen von Venus und Erde derart, daß unser Nachbarplanet als kleine schwarze Scheibe vor der Sonne vorüberzieht. Durch die NEWTONSche Himmelsmechanik bzw. die KEPLERSchen Gesetze kennen wir die relativen Abstände der Körper unseres Sonnensystems mit außerordentlich hoher Genauigkeit (Unsicherheit 1 : 1 Million und weniger). Die absoluten Dimensionen des Sonnensystems dagegen sind bis heute nicht entfernt so sicher bekannt, d. h. insbesondere der Umrechnungs-

faktor (genähert 150 Millionen), mit dem die Einheitsentfernung Erde—Sonne zu multiplizieren ist, um die Distanzen im Sonnensystem in Kilometern zu erhalten. Die Beobachtung der Sonne selbst ist aus naheliegenden Gründen zu starken Fehlerquellen ausgesetzt, als daß dieser Umrechnungsfaktor bzw. der Winkel, unter dem der Erdradius von der Sonne gesehen erscheint — eben die Sonnenparallaxe —, mit Sicherheit ermittelt werden könnte. Dagegen steht zur Zeit eines Durchgangs die Venus der Erde recht nahe. Je nach dem Beobachtungsort wird die von ihr über die Sonnenscheibe gezogene Sehne verschieden groß ausfallen, werden die Zeiten ihres Ein- und Austritts verschieden sein. Werden diese also an passenden Punkten auf der Erde beobachtet, so ist es möglich, die Distanz der Venus von uns und damit den gewünschten Umrechnungsfaktor zu ermitteln. Der Vorschlag, derartige Beobachtungen anzustellen, geht schon auf HALLEY zurück und wurde bei den Finsternissen von 1761 und 1769 zur Ausführung gebracht. Immerhin zeigten sich hierbei eine Reihe unerwarteter Fehlerquellen, die im wesentlichen der mangelnden Optik der damaligen Fernrohre zur Last zu legen sind. Der zuletzt durch ENCKE aus diesen Beobachtungen ermittelte Wert der Sonnenparallaxe galt bis fast 1880 als einer der zuverlässigsten. Daher erwartete die gesamte astronomische Welt die Venusdurchgänge von 1874 und 1882 mit größter Spannung. Bei dem ersten Ereignis hatten zahlreiche Expeditionen nicht nur den Ein- und Austritt des Planeten, sondern auch seine Bahn über die Sonnenscheibe weg teils photographisch, teils mit Heliometern verfolgt. Insgesamt aber konnten die Ergebnisse dieses Jahres als Vorstudien für den zweiten Durchgang gelten. Erwähnt sei besonders der starke Mißerfolg der photographischen Untersuchungen.

So zogen dann neben zahlreichen ausländischen auch vier deutsche Expeditionen unter der Oberleitung von AUWERS im Sommer 1882 aus, um den am 6. Dezember stattfindenden Venusdurchgang messend zu beobachten. Zwei Stationen kamen nach Nordamerika, die dritte nach Bahía Blanca in Süd-Argentinien, die vierte unter AUWERS selbst nach Punta-Arenas in der Magellanstraße. Die Beobachter wurden in Berlin, Potsdam und Straßburg vorher in der Heliometerbeobachtung eingeübt, wobei die Schule WINNECKES zu besonderer Bedeutung kam. Nebenaufgaben wichtigster Art jeder Expedition war ferner die genaue Ermittlung der geographischen Positionen der Beobachtungs-orte. Die Bestimmung der geographischen Breite machte damals wie heute keine besonderen Schwierigkeiten. Anders ist es mit der Längenbestimmung. Erforderlich dazu ist der Vergleich der jeweiligen Ortszeit mit der Greenwicher Zeit, was heute durch die rund um den Erdball verteilten großen Funkstationen und die von ihnen gegebenen wissenschaftlichen Zeitsignale keine große Schwierigkeit mehr bedeutet. Damals aber, wo nach Punta-

Arenas nicht einmal ein Kabel ging, war die Aufgabe nicht leicht. Den Mond als Weltuhr heranzuziehen, wie es damals oft üblich war, ließ sich besonders in Punta-Arenas durch das anhaltend schlechte Wetter — das berühmte Kap Horn liegt nicht allzu fern — kaum ausführen. So blieb nur der Chronometervergleich übrig. Eine Reihe Präzisionschronometer mußten zur Zeitübertragung mehrere Male zwischen Punta-Arenas und Montevideo hin und her geschafft werden, um in dieser Stadt, bis zu welcher Kabelverbindung ging, den Zeitvergleich mit Greenwich durchzuführen. Bei der äußerst stürmischen See war der Chronometerttransport besonders beim Ein- und Ausbooten mehrfach mit direkter Lebensgefahr für die Expeditionsmitglieder verbunden. Wider Erwarten war das Wetter am 6. Dezember für AUWERS, KÜSTNER und KEMPF in Punta-Arenas recht günstig, so daß die Beobachtung des Venusdurchgangs zur vollen Zufriedenheit gelang. Die Bearbeitung der Beobachtungen aller 4 Stationen führte später AUWERS allein aus, der sie in 6 stattlichen Bänden veröffentlichte. Ihr Ergebnis konnte leider trotz aller Mühe nicht recht befriedigen, da auch diesmal eine Reihe sehr störender Fehlerquellen sich bemerkbar machte.

Nach Rückkehr von der Expedition hat in der kurzen Zeit seines Hamburger Aufenthaltes KÜSTNER den für den Schiffsverkehr so wichtigen Zendienst der Sternwarte versehen, daneben Doppelsterne beobachtet. Als FÖRSTER ihn dann 1884 nach Berlin gezogen hatte, sollte er vor allem am großen Meridiankreise eine Reihe Beobachtungen durchführen. Das Instrument war seit manchem Jahr im Dienst gewesen, so daß vor Beginn neuer Arbeiten ein gründliches Überholen desselben nötig war. Dadurch fand KÜSTNER Zeit, zum Universaltransit zurückzukehren, mit welchem er sich schon in seiner ersten Berliner Zeit vorübergehend beschäftigt hatte. Das Instrument, von BAMBERG nach den Ideen FÖRSTERS gebaut, sollte besonders der fundamentalen astronomischen Ortsbestimmung dienen, und zwar durch Beobachtung von Sterndurchgängen in verschiedenen Azimuten, wodurch sich bei passender Anlage des Beobachtungsprogramms insonderheit die Polhöhe der Sternwarte, die Aberrationskonstante, die Deklinationen von Fixsternen usw., weitgehend frei von Einflüssen der Temperatur, von Fehlern der Kreisteilungen usw., ermitteln lassen. In seiner ursprünglichen Idee ist allerdings das Instrument kaum verwandt worden. Die wenigen späteren Arbeiten von KAPTEYN, COURVOISIER und anderen an verwandten Instrumenten konnten wegen des umständlichen Reduktionsverfahrens und der Gefahr verschiedener subjektiver Fehlerquellen nicht recht zur Nachahmung ermuntern. KÜSTNER stellte das Instrument fest in den Meridian. Sein Ziel war die Bestimmung der Aberrationskonstante. 1842 war diese in einer sorgfältigen Beobachtungsreihe von STRUVE ermittelt worden, doch hatten die Arbeiten NYRENS und anderer um 1880 es

wahrscheinlich gemacht, daß der STRUVESche Wert etwas zu vergrößern sei. KÜSTNER beobachtete nach der sogenannten HORREBOW-TALKOTT-Methode: Er suchte sich 7 Sternpaare aus; die beiden Sterne eines Paares kulminierten in nahe gleicher Distanz südlich und nördlich des Zenits, sowie zeitlich in einigen Minuten Abstand voneinander. Das Instrument wird vor der Beobachtung auf die mittlere Zenitdistanz gebracht, dann der erste Stern mit einem in Richtung der Deklination beweglichen Mikrometerfaden mehrfach eingestellt. Nun wird das Instrument umgelegt, so daß es jetzt in gleicher Zenitdistanz entgegengesetzt gerichtet ist, und der zweite Stern in gleicher Weise mikrometrisch gemessen wird. Durch empfindliche Niveaus wird die Stellung des Fernrohrs unter Kontrolle gehalten. Die Differenz der Mikrometereinstellungen ergibt die auf solchem Wege sehr genau meßbare Differenz der Zenitdistanzen beider Sterne. Es gilt nun, ihre Änderung im Laufe des Jahres, hervorgerufen durch den wechselnden Einfluß der Aberration, zu bestimmen und so letztere Größe selbst zu erhalten. Die Beobachtungen erstreckten sich von April 1884 bis zum Mai 1885. Die vorbildlich gründliche Instrumentaluntersuchung KÜSTNERS muß ich natürlich übergehen. Das Ergebnis war vollständig überraschend. Zunächst erhielt der Beobachter eine Verkleinerung der STRUVESchen Konstanten statt des erwarteten Gegenteils. Dies wurde durch nähere Betrachtung der Beobachtungen im einzelnen erklärt und war nur möglich, wenn im Frühjahr 1884 die Polhöhe um 0,2'' größer war als im Frühjahr 1885. Oder anders gesprochen, es mußte sich die Lage der Erdoberfläche in dieser Zeit um 6 m etwa geändert haben. Wenn gleich man schon früher an der Konstanz der Polhöhe immer wieder gezweifelt hatte, so war KÜSTNERS Ergebnis damals doch etwas ganz Unverhört. Sein Vorgesetzter FÖRSTER ging sofort auf seine Ideen ein, während weite Kreise sich jahrelang zweifelnd oder ablehnend verhielten. KÜSTNER selbst suchte sein Ergebnis durch Diskussion der NYRENSchen Beobachtungen zu stützen. Von unserer heutigen Kenntnis aus betrachtet, waren damals allerdings die Umstände für KÜSTNER besonders günstig. Die Schwankung des Pols war wirklich in jener Zeit in Richtung Berlin recht beträchtlich gewesen. Er hat aber das große Verdienst, mit dem ersten Schlag sein Ergebnis durch gründlichste Diskussion und hohe Beobachtungsgenauigkeit gut gesichert zu haben. — Über die geschichtliche Weiterentwicklung des Problems der Polhöhenchwankung berichtet uns am besten das Schriftchen PRZYBYLLOKS¹⁾, wie insbesondere das Zusammenarbeiten der Sternwarten Berlin, Potsdam, Prag und Straßburg 1889 erneut KÜSTNER bestätigte, bis schließlich 1892 die Kombination der Ergebnisse von Berlin und einer Expedition unter MARKUSE nach Honolulu endgültig durchschlagend wirkte. Von 1896 bis

¹⁾ Sammlung VIEWEG, H. 11.

1914 hatten wir dann bekanntlich in internationaler Zusammenarbeit eine systematische Überwachung der Polbewegung, die für astronomische wie geodätische Zwecke sehr wichtig war. Die Ereignisse seit 1914 haben das Unternehmen allerdings ganz wesentlich reduziert. KÜSTNER selbst hat nur noch einmal, in einer theoretischen Arbeit, sich zu der Frage geäußert. Die Aufgaben am Meridiankreis nahmen ihn zu sehr in Anspruch, als daß er durch Beobachtungen sich noch mehr mit dem Thema abgeben konnte.

Auf völlig anderem Wege hat unser Jubilar 1904/05 in Bonn nochmals versucht, die Aberrationskonstante bzw. Sonnenparallaxe zu ermitteln. Die Aberrationskonstante ist im wesentlichen das Verhältnis der mittleren Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn zur Lichtgeschwindigkeit. Schon 1891 kamen GILL und VOGEL auf folgende Idee. Man bestimme die scheinbare Radialgeschwindigkeit eines Sternes einmal, wenn er gegen 6 Uhr abends kulminiert, und ein halbes Jahr vorher oder nachher, wenn er gegen 6 Uhr morgens an gleicher Stelle steht. Steht der Stern in der Ekliptik, so bewegt sich die Erde mit voller Geschwindigkeit auf ihn zu bzw. von ihm fort; aus der Differenz beider Messungen muß sich also die Erdgeschwindigkeit selbst und mit der bekannten Lichtgeschwindigkeit dann Aberrationskonstante und Sonnenparallaxe ergeben. Den ersten praktischen Versuch derart unternahm KÜSTNER mit dem Bonner Spektrographen. Aus nur 18 Aufnahmen des Arktur, die aufs sorgfältigste vermessen und diskutiert wurden, ergab sich als mittlere Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn $29,617 \pm 0,057$ km/sec. bzw. $\pi = 8'',844 \pm 0'',017$ (mit Ausschluß einer schlechten Platte $8'',829 \pm 0'',013$). KÜSTNER wollte mit dieser Arbeit nicht mit anderen großen in Wettbewerb treten, sondern nur die Brauchbarkeit der Methode nachweisen. Seinem Beispiele folgte 1908 HALM an der Kapsternwarte. Von ihm wurden 7 Sterne mit 302 Spektrogrammen vermessen, wodurch natürlich sich ein wesentlich genauerer Wert ergab $\pi = 8'',800 \pm 0'',006$, in bester Übereinstimmung mit den trigonometrischen Beobachtungen.

Wenden wir uns von den Themen KÜSTNERscher Arbeiten zur direkten Ermittlung fundamentaler astronomischer Konstanten ab und seinen Meridiankreisbeobachtungen zu. Im Frühjahr 1885 war der PISTOR-MARTINSche Kreis der Berliner Sternwarte wieder hergestellt, und KÜSTNER hatte nun als Observator mit ihm verschiedene Programme durchzuführen. Es ist hier wohl der Platz, auf die Bedeutung solcher Arbeiten damals wie heute eingehender hinzuweisen. Folgendes ist das Prinzip des Instrumentes.

Ein fest aufgestelltes Fernrohr mit mehr oder weniger kompliziertem Mikrometernetz im Brennpunkt ist nur um eine horizontale Achse drehbar. Diese liegt von West nach Ost, so daß die Sterne nur im Augenblick ihrer Kulmination beobachtet werden können. Mit dem Fernrohr verbunden ist

ein großer Teilkreis, dessen Stellung durch Mikrometermikroskope abgelesen werden kann. Zur gesamten Anlage gehört ferner eine Präzisionsuhr. Die Zeitabstände der Meridiandurchgänge geben dann die Rektaszensionsdifferenzen der Sterne. Werden sie ferner während des Durchganges auf einen horizontalen Meßfaden gebracht, so geben die Differenzen der Kreisablesungen die Deklinationsunterschiede. Eine wichtige Sonderaufgabe — ihre Besprechung würde hier zu weit führen — ist dann die Festlegung fundamentaler Sternörter durch Mitbeobachten der Sonne und der Linie zur Vertikalen mit Hilfe eines unter dem Instrument stehenden Quecksilberspiegels. Technisch sind die Instrumente heute aufs Höchste vervollkommenet, der wahrscheinliche Fehler einer Beobachtung beträgt eine Drittel Bogensekunde und weniger; relativ zum vollen Kreisumfang, der ihnen ja erreichbar ist, haben sie also eine Genauigkeit von etwa $1 : 10^6$ und mehr; es gibt also nur wenige Gebiete der Physik gleicher Genauigkeit. Die Arbeit am Instrument liefert erst die Rohwerte, von denen die Einflüsse der Instrumentalfehler sowie der Präzession usw. abzuziehen sind. Die Reduktion der Meridiankreisbeobachtungen wird dadurch sehr langwierig. Für deutsche Verhältnisse kann man etwa ansetzen, daß auf 1 Jahr Beobachten (an jedem der etwa 50 klaren Abende 3 Stunden) die beiden erforderlichen Beobachter und ein Hilfsrechner etwa 2 Jahre mit der Reduktionsarbeit zu tun haben. — Die Meridiankreisarbeiten sind von grundlegender Wichtigkeit für die *gesamte* Astronomie und Astrophysik, ganz abgesehen von der Geodäsie, Geophysik, Geographie, Nautik, Zeitrechnung usw., in welchen Wissenschaften die Meridiankreisergebnisse herangezogen werden müssen. Die Sterne werden heute eingeteilt in Fundamentalsterne erster Ordnung, deren es um 1885 etwa 340 gab, heute knapp 1000, und die übrigen an diese anschließenden. Für beide genügt nun nicht die Ortsbestimmung allein, es muß vor allem auch die zeitliche Ortsveränderung ermittelt werden, was aber nur durch den Vergleich alter und neuer Beobachtungen möglich ist (siehe Einleitung dieses Aufsatzes). Die Verhältnisse liegen hier anders als in der Physik, wo z. B. die Wellenlängen der Eisennormalen zweiter und dritter Ordnung ein für allemal festgelegt werden können, während die heute zum Teil noch ungenügend bekannten Sternbewegungen eine ständige Überwachung, vor allem der Fundamentalsterne, nötig machen. Dem Meridiankreis erreichbar sind, wie sich die Verhältnisse entwickelt haben, dann ca. 100 bis 200 000 Sterne bis zur 9,5 Größe herab. Ihre Örter sind nötig als Referenzpunkte für Planeten- und Kometenbeobachtungen, sowie für Spezialarbeiten einzelner Sternfelder. Ferner aber würde die wiederholte Beobachtung auch von all diesen Objekten die Eigenbewegung und so die Grundlagen für das Studium von Bau- und Bewegungsverhältnissen des Universums liefern.

Selbstverständlich haben sich im Laufe der Zeit bei der hohen Meßgenauigkeit eine Menge systematischer Fehlerquellen am Meridiankreise herausgestellt, und es ist das Verdienst KÜSTNERS, diese besonders studiert und das ganze Meßverfahren wesentlich verbessert zu haben. Alles in allem sind seine Arbeiten heute als klassisch zu bezeichnen, als Muster in der Diskussion; an Genauigkeit sind sie selten erreicht oder übertroffen worden. Andererseits geht aber KÜSTNER auch nur so weit — d. h. bis zur möglichst sicheren Ermittlung der gegenwärtigen Positionen; er hat zumeist die vollen Früchte, wie Ableitung von Eigenbewegungen, Bewegung des Sonnensystems, der Sternströme usw., andere pflücken lassen.

KÜSTNERS erste Publikation auf diesem Gebiete gibt für 670 Sterne die Positionen aus Beobachtungen von 1885 und 1886. Das Programm umfaßte Anschlußsterne für Messungen von Kometen und Planeten, Sternbedeckungen usw. Ähnlich eine Reihe anderer kleiner Arbeiten. Ein zweites Thema aus diesem Jahr hängt wieder mit der Bestimmung der Sonnenparallaxe zusammen. Als genauestes Verfahren, sie zu ermitteln, hatte GILL auf der Kapsternwarte nach dem Beispiele von GALLE in Breslau die Beobachtung besonderer kleiner Planeten vorgeschlagen, die mit neuzeitlichen Heliometern an benachbarte Fixsterne angeschlossen werden sollten. Insonderheit waren es Viktoria, Iris und Sappho, die am Kap und 5 Heliometern auf der Nordhalbkugel vermessen wurden. Die zugehörigen Anschlußsterne wurden von GILL ausgewählt und an 23 verschiedenen Sternwarten an Meridiankreisen festgelegt. Die mustergültige Bearbeitung des gesamten Materials hat AUWERS durchgeführt, der unter anderem zu dem Schluß kommt: das Gewicht von 5 Beobachtungen KÜSTNERS eines Sternes in Rektaszension ist 7,2, in Deklination 2,9, während die übrigen 22 Beobachter im Durchschnitt nur 1,5 bzw. 0,9 erhalten, so daß also zahlenmäßig die hohe Meßkunst des Berliner Beobachters aufs klarste hervortritt. GILLS Sonnenparallaxe ist noch heute eine der besten, kaum durch die günstige Opposition von EROS im Jahre 1901 übertroffen (die noch bessere von 1921 wird natürlich von der ganzen astronomischen Welt zum gleichen Zweck herangezogen werden).

Eine andere große Beobachtungsreihe am PISTOR-MARTINSchen Meridiankreise (1886—1891) wurde erst während KÜSTNERS Bonner Zeit fertig reduziert. Es ergab sich ein Katalog mit den genauen Positionen von 2083 Sternen. Aus verschiedenen Gründen konnte er erst 1916 gedruckt werden; allerdings war er handschriftlich schon anderen Astronomen auszugsweise mitgeteilt worden. Wir haben hier ein besonders hübsches Beispiel für den Dauerwert solcher Arbeiten ganz im Sinne des eingangs dieses Aufsatzes Gesagten. Zu diesen Sternen gehörten auch besonders solche, die ARGELANDER im Äbo und Bonn in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts beobachtet und auf

Eigenbewegungen untersucht hatte. Die neuen und sehr guten Berliner Örter mußten diese Bewegung natürlich viel genauer ergeben, schon wegen der größeren Epochendifferenz seit den alten Messungen. Diese Arbeit hat dann KÜSTNER auch selbst getan, d. h. die Eigenbewegung von 335 Sternen abgeleitet; der weitere Schritt aber, Verarbeitung dieser Eigenbewegungen um den Apex der Sonnenbewegung und anderes abzuleiten, ist von ihm nicht gemacht worden. Es werden ihn wohl die ihm am Herzen liegenden Beobachtungsarbeiten davon abgehalten haben, wenngleich nicht verhehlt sei, daß — bei aller Aufmerksamkeit, mit der er die Entwicklung dieser Probleme verfolgt hat — er den stets „vorläufigen“ und damals mehr als heute hypothetischen stellarstatistischen Arbeiten keinen rechten Geschmack abgewinnen konnte. Wichtiger war ihm ein anderes Ergebnis dieser fünfjährigen Beobachtungsarbeit. Mit Rücksicht auf die Verhältnisse der im Stadttinnen liegenden Berliner Sternwarte mußten die Messungen notgedrungen relative sein, die neu zu bestimmenden Sterne an die fundamentalen angeschlossen werden. Die Örter und Eigenbewegungen letzterer definieren nun, wie oben gesagt, ein bestimmtes System. Es ist aber doch möglich, daß innerhalb dieses dieser und jener Fundamentalstern mehr oder weniger fehlerhaft ist, und so können bei geeigneter Anlage des Arbeitsprogramms die für die neu zu bestimmenden Objekte nötigen Fundamentalsternbeobachtungen dazu dienen, deren Positionen innerhalb ihres Systems individuell zu verbessern. Diese Untersuchung hat KÜSTNER ausgeführt, auch — um späteres vorwegzunehmen — in gleicher Weise als Ergebnis seiner großen Bonner Meridiankreisarbeit ein Jahrzehnt später. KÜSTNERS „individuelle Korrekturen der Fundamentalsterne“, wie die anderer Astronomen, wurden dann um 1904 von AUWERS zu einem „neuen Katalog der Fundamentalsterne“ zusammengefaßt. Hierbei haben die Berliner und Bonner Beobachtungen ihrer hohen Genauigkeit wegen mit das höchste Gewicht erhalten.

Als KÜSTNER 1892 nach Bonn kam, galt es innerlich und äußerlich an der Sternwarte mancherlei zu verbessern. Die immerhin sehr wichtigen unter SCHOENFELD ausgeführten Beobachtungen waren an Instrumenten erfolgt, die, so vorzüglich sie seinerzeit waren, doch um 1890 nicht mehr dem Stande der Instrumententechnik entsprachen. Als Erstes stellte KÜSTNER den großen 6zölligen Meridiankreis auf, der zwar schon in den siebziger Jahren von REPSOLD nach Bonn geliefert, doch aus verschiedenen Gründen noch unbenutzt war und auch jetzt erst in verschiedener Hinsicht noch modernisiert wurde. Ein Arbeitsprogramm für dieses Instrument brachte sich der nur 36jährige neue Direktor von Berlin mit. Es galt, die Positionen von etwa 10 000 Sternen mit höchster Genauigkeit festzulegen. Zweck war einmal, die Örter der Sterne selbst als Material zum Studium

der Eigenbewegungen zu erhalten, dann diese als Brücke für die verschiedenen, nur wenig zusammenhängenden Zonen des Katalogs der Astronomischen Gesellschaft zu benutzen (s. u.) und schließlich die Lücken am Himmel, die dieses große Unternehmen gelassen hatte, nach Möglichkeit auszufüllen. Die Durchführung dieser Arbeit hat sicher KÜSTNER der Zeit nach am längsten von all seinen verschiedenen Aufgaben beschäftigt. Unter vollem Einsatz seiner großen Energie und der seines Hauptmitarbeiters MÖNNICHMEYER konnten die Beobachtungen in der Hauptsache von 1893 bis 1901 durchgeführt werden, während die Bearbeitung sich noch bis 1909 hinzog. Im einzelnen gilt von dieser Arbeit vieles, was oben über die ähnliche Berliner gesagt wurde. Es sei aber noch besonders darauf hingewiesen, daß der Beobachter die schädlichen subjektiven Fehler völlig beseitigt hat, die bei der gemischten Beobachtung der mitunter sehr hellen Fundamentalsterne und der schwachen neu zu bestimmenden entstehen. Es geschah dies vor allem durch den Gebrauch verschiedener Drahtgitter, durch welche die hellen Sterne auf die mittlere Intensität der schwachen abgeblendet wurden. Abweichend von der bisherigen Praxis der Meridiankreisbeobachter wurden ferner die Helligkeiten der Sterne noch möglichst genau geschätzt, und eine gründliche Bearbeitung führte dann zu Sterngrößen von bald der Genauigkeit, die sonst bei visuellen photometrischen Beobachtungen erreicht wird. Nach Umfang, Inhalt und Genauigkeit zusammen ist bis heute der große KÜSTNERSche Katalog als das Werk eines einzigen Beobachterpaares kaum je wieder erreicht oder übertroffen worden. Er vor allem — neben der Entdeckung der Polhörschwankungen und der Bestimmung der Sonnenparallaxe auf spektrographischem Wege — hat ihm auch die Goldene Medaille der Royal Astronomical Society 1910 eingebracht, eine Auszeichnung, die er, man muß sagen vernünftigerweise, auch 1914 nicht in der Kriegspsychose wieder fortgegeben hat. Als 1916 AUWERS die goldene BRADLEY-Medaille als Anerkennung für Arbeiten auf dem Gebiete der Positionsastonomie stiftete, war sicher KÜSTNER der einzige in Frage kommende Anwärter und ist auch bis heute alleiniger Inhaber geblieben. Eine Anerkennung war weiter für ihn die Ernennung zum korrespondierenden Mitglied der Berliner Akademie und kürzlich der Academia dei Lincei in Rom. Sicher aber haben umgekehrt diese Institute sich selbst hierdurch geehrt.

Schon 1896 erhielt KÜSTNER einen Ruf als Direktor der staatlichen Sternwarte nach Hamburg. Die laufenden Bonner Arbeiten neben der Aussicht, bald hier ein größeres neues Instrument zu bekommen, mögen ihn von der Annahme abgehalten haben. 1899 wurde der REPSOLD-STEINHEILSche photographische Doppelrefraktor aufgestellt (5,5 m Brennweite, 30 cm Öffnung), der in allen wesentlichen Stücken dem bekannten großen Refraktor des Potsdamer Instituts gleicht, nur

daß in Bonn alle Abmessungen rund die Hälfte betragen. Die noch nicht völlig abgeschlossenen Meridiankreisarbeiten gestatteten zunächst nicht, größere Untersuchungen auch hier zu beginnen. Nach gründlicher Prüfung des Instruments wurden bis 1904 eine Reihe gutgelungener Aufnahmen von Sternhaufen und dem Monde gemacht; ferner für eine Reihe Sterne Platten zur Ermittlung ihrer jährlichen Parallaxe aufgenommen. Die Bearbeitung dieses Materials hat KÜSTNER zumeist anderen überlassen, so z. B. teilweise dem astronomischen Laboratorium in Groningen unter KAPTEYN Platten zur Ermittlung der Parallaxe der Hyaden, bei denen die Sorgfalt seiner Aufnahmetechnik unter anderem daraus hervorging, daß die Bonner Platten zehnmal höheres Gewicht haben als die anderweitig — allerdings mit einem Refraktor von nur 3,4 m Brennweite — erhaltenen. Gemeinsam mit seinem Schüler W. ZURHELLEN hat KÜSTNER die Parallaxplatten der Nova-Persei 1901 bearbeitet; das Ergebnis ist gleich genau wie das VAN MAANENS, der den riesigen 150 cm Reflektor auf dem Mount Wilson zur Verfügung hatte. Die Mondaufnahmen wurden durch den bekannten Spezialisten FRANZ in Breslau untersucht; vor allem aber wurden die Sternhaufenplatten durch KÜSTNERS Schüler ZURHELLEN PINGSDORF, GIEBELER usw. bearbeitet, wobei in deren Dissertationen nach und nach das zugehörige Reduktionsverfahren nach seinen Ideen verbessert und vereinfacht wurde.

Erst nach Abschluß der spektrographischen Arbeiten (s. u.) kehrte er 1914 zu den Sternhaufen zurück. Da alle seine Mitarbeiter während des Krieges eingezogen waren und auch nach seinem Ende nicht gleich zur Verfügung standen, mußte er in diesen schweren Jahren, nicht mehr der jüngste, die mühsamen Aufnahmen der oft recht schwierigen Objekte im wesentlichen allein durchführen. Wie der Leser dieser Zeitschrift weiß, gehören die Sternhaufen heute zu den besonders interessanten Himmelsobjekten. Ziel der Bonner Arbeit war, möglichst genaue Positionen der Sterne, absolut wie relativ, festzulegen, um so gutes Material für eine spätere vielleicht erst nach 100 oder mehr Jahren mögliche Bestimmung von Eigenbewegungen zu liefern. Daneben sollte die Helligkeit der Sterne bestimmt werden. Es führt zu weit, hier die Eleganz des KÜSTNERSchen Meß- und Rechenschemas darzulegen. Sie könnte noch mehr, als dies bisher geschehen, anderen Arbeiten als Muster dienen. — Zur einwandfreien Ortsbestimmung der Sternhaufensterne ist die Kenntnis der Position von etwa 8—10 gleichmäßig über die photographische Platte verteilten Sterne nötig, welche nur der Meridiankreis liefern kann. Seit 1903 hatte KÜSTNER nicht mehr mit ihm beobachtet. Kriegs- und Besatzungsverhältnisse machten es 1919 nötig, daß er zu seinem früheren Lieblingsinstrument zurückkehrte, um (zusammen mit dem Verfasser) die Anhaltsterne zur Vermessung der Sternhaufenplatten festzulegen. Die

interessantesten Objekte sind dann von ihm und seinen Mitarbeitern heute vermessen und gutteils veröffentlicht.

In den Jahren 1904 bis 1914 hat KÜSTNER (vielleicht auf Anregung von VOGEL) mit dem Bonner Refraktor ausgedehnte spektrographische Arbeiten durchgeführt. Ihr Ziel war, die Ermittlung der Radialgeschwindigkeiten möglichst aller Sterne der Spektraltypen F, G, K und M, die dem Bonner Instrument erreichbar waren. Um 1900 herum hatte die Kunst des Astrospektrographenbaues durch VOGEL und TÖPFER sowie die Amerikaner große Fortschritte gemacht. Bis 1914 war die Bonner Beobachtungsreihe neben der der Licksternwarte die ausgedehnteste systematische Arbeit, die sich über den ganzen Nordhimmel erstreckte. Die Sterne sechster Größe erforderten bei der geringen Öffnung von 30 cm des Refraktors 1—2 Stunden Belichtungszeit, so daß mit Recht KÜSTNER 1914 diese Arbeiten nicht mehr fortgesetzt hat, da mit den amerikanischen großen Reflektoren das gleiche in wenigen Minuten erreichbar ist. An Genauigkeit sind aber die Bonner Messungen mit den amerikanischen durchaus vergleichbar, da diese in der Hauptsache ja nur von der angewandten Dispersion abhängt, nicht von der Objektöffnung. Insgesamt wurden so über 2200 Platten von mehr als 350 Sternen erhalten, die von ihm, ZURHELLEN und GIEBELER bearbeitet wurden. An Einzeluntersuchungen seien besonders erwähnt die kritischen Studien über die erreichte Genauigkeit, wobei z. B. KÜSTNER zu verbürgten Korrekturen der damaligen Wellenlängen der Eisenlinien des Vergleichsspektrums kam; der kleine Bonner Spektrograph trat so gewissermaßen in Konkurrenz mit den großen Gitterapparaten der Physiker. Über KÜSTNERS spektrographische Bestimmung der Sonnenparallaxe ist schon oben gesprochen. Nebenbei sei bemerkt, daß das wertvolle Bonner Plattenmaterial heute noch nicht ganz ausgenutzt ist. Mangelnde Hilfskräfte erlaubten noch nicht, unseren Spektrokomparator zu benutzen, der gegenüber dem älteren Meßverfahren vielfach zu wesentlich genaueren Ergebnissen führt. Auch dürften ferner die Bonner Platten gut geeignet sein, um nach KOHLSCHÜTTERS Verfahren die absoluten Helligkeiten der Sterne zu bestimmen.

Das Bild KÜSTNERS wäre unvollständig, wenn nicht auch seine Tätigkeit im Dienste der Organisation astronomischer Arbeiten besprochen würde. Drei Aufgaben sind es vor allem gewesen: Die Neuausgabe der Bonner Durchmusterung, die Auswahl der „intermediären Sterne“ und die Vorbereitungen zum neuen Zonenunternehmen der Astronomischen Gesellschaft. Hinsichtlich des ersten Punktes sei daran erinnert, daß um 1860 der erste Leiter der Bonner Sternwarte, ARGE-LANDER, und seine Mitarbeiter einen damals wie heute dringend nötigen Katalog aller helleren teleskopischen Sterne des Nordhimmels hergestellt haben. In drei dicken Bänden sind die rund

320 000 Sterne der „Bonner Durchmusterung“ zusammengefaßt, zu denen ein großer Atlas gehört. Noch heute werden in sehr vielen Arbeiten die Sterne nach ihrer BD.-Katalognummer bezeichnet; den Atlas hat man ständig am Refraktor nötig. Um 1900 war die erste schon recht starke Auflage vergriffen und eine zweite erforderlich. In diese kamen natürlich alle Verbesserungen von Fehlern hinein, die sich im Laufe der Jahrzehnte unvermeidlich bei einem so großen Werke herausgestellt hatten. Die Vorbereitung der zweiten Auflage hat KÜSTNER zusammen mit dem damaligen Observator der Sternwarte, DEICHMÜLLER, durchgeführt. Bis zum heutigen Tage hat er das Archiv der B.D. peinlich exakt verwaltet. Immer wieder mußten Anfragen von Fachgenossen beantwortet werden. Auch die zweite Auflage ist heute wieder fast völlig ver-ausgabt. KÜSTNERS gewissenhafte Buchführung wird dem Herausgeber einer wohl bald nötigen dritten Auflage sicher sehr die Arbeit erleichtern.

Ganz anders war seine Tätigkeit für die intermediären Sterne. Um 1890 begann bekanntlich auf französische Anregung hin das Riesenunternehmen der „Internationalen photographischen Himmelskarte“. Hier ist nicht der Ort, Kritik an seiner Organisation zu üben. Jedenfalls ist heute die Arbeit noch nicht vollendet, wenngleich sie besonders in dem letzten Jahrfünft starke Fortschritte gemacht hat. Die ca. 20 000 erforderlichen Platten sollten mit gleichartigen Instrumenten auf einer großen Zahl Sternwarten aufgenommen und vermessen werden. Ähnlich wie oben bei den Sternhaufen waren 6 bis 10 Anhaltssterne je Platte nötig, d. h. die Orte dieser an 100 000 Sterne mußten an Meridiankreisen bestimmt werden, um die in Millimeter auf der Platte gemessenen Orte aller Sterne in die üblichen sphärischen Koordinaten umrechnen zu können. Der ganze Himmel war in Gürtel geteilt, denen entsprechend die photographischen und die Meridiankreisbeobachtungen angelegt wurden. Die einzelnen Zonen hatten aber keinen Zusammenhang miteinander. Um diesen zu erreichen, haben — wenigstens für den Nordhimmel — KÜSTNER und seine Mitarbeiter aus den vielen Tausenden von Anhaltssternen (étoiles de repère) 6200 ganz gleichmäßig über die Sphäre verteilt zu einem Arbeitskatalog ausgesucht. Diese „intermediären Sterne“ sollten die Brücke zwischen den Fundamentalsternen erster Klasse und den étoiles de repère bilden und dafür im Ganzen bzw. in sehr breiten Gürteln beobachtet werden. Daß Bonn die richtige Stelle für sachliche Auswahl war, war nach Lage der Dinge selbstverständlich. Die Beobachtungen sind heute durchgeführt, und zwar der ganze Nordhimmel in der Marinesternwarte in Washington, die Teile von 50 bis 90° in Bonn (MÖNNICHMEYER und der Verfasser), eine kleine Zone auch in Königsberg. Der oben besprochene große KÜSTNERSche Katalog von 10 000 Sternen konnte als Ersatz für die Teile von 0 bis 50° dienen, da sehr viele seiner Sterne

in die Liste der intermediären gekommen sind. Ob die intermediären Sterne ihren Zweck dereinst erfüllen werden, ist bei der mangelhaften Organisation und Ausführung des Himmelskartenunternehmens etwas zweifelhaft. Die Beobachtungen selbst werden stets ihren Wert behalten und die Sterne auch künftighin zu den wichtigsten für das Studium der Eigenbewegungen usw. gehören.

Kurz vor 1870 faßte die Astronomische Gesellschaft den Plan, alle Sterne der Bonner Durchmusterung bis einschließlich $9^m,0$ — deren Orte zum Teil nur durch die B.D. genähert bekannt waren — an Meridiankreisen beobachten zu lassen. Die Einzelheiten des Programms gingen gutteils auf ARGELANDER zurück, für seine Durchführung — es handelt sich um über 100 000 Sterne, die Beobachtungen dauerten von 1870 bis etwa 1900 — war AUWERS die treibende Kraft. Heute ist seit der Beobachtung bald ein halbes Jahrhundert verflossen, eine Wiederholung des Unternehmens am Platz. Einmal und vor allem würde der Vergleich der alten und neuen Orte die Eigenbewegungen all dieser Sterne liefern, gegenüber den etwa 20 000 bisher bekannten, also wesentlich mehr, was gerade für das Studium der kosmischen Bewegungen von größter Bedeutung ist. Durch die Eigenbewegungen haben sich ferner die Orte oft stark verändert, so daß die alten Sternpositionen als Anschluß bei Kometen- und Planetenbeobachtungen nicht mehr brauchbar sind. 1921 hat auf Anregung von BAUSCHINGER die Astronomische Gesellschaft auch einen entsprechenden Entschluß gefaßt; die Wiederholung wird natürlich unter Heranziehung der Photographie durchgeführt werden müssen, wobei die Geschichte des Himmelskartenunternehmens in vieler Hinsicht zur Lehre dient. Bis heute sind die Vorbereitungen zur Durchführung des Ganzen noch nicht abgeschlossen. Es handelt sich zunächst wieder um eine planmäßige Auswahl von Anhaltssternen für die Platten, wobei, wie eigentlich selbstverständlich, KÜSTNER den Auftrag erhielt, den entsprechenden Arbeitskatalog aufzustellen. Zusammen mit seinem Schüler KÖNIG hat er heute auch diese Arbeit beendet und einen Katalog von ca. 13 500 Sternen zwischen -5° und $+90^\circ$ Deklination aufgestellt. Diese sollen, wenn das Unternehmen in einigen Jahren in Gang kommt, an ca. 6 Meridiankreisen beobachtet werden, methodisch in enger Anlehnung an die Erfahrungen KÜSTNERS und anderer bei modernen derartigen Arbeiten. Weiter galt es, für das A.-G.-Unternehmen eine eigene Astrokamera zu konstruieren, die optisch in mancher Hinsicht ein Novum darstellt. Seit bald 2 Jahren sind Studien mit derartigen Instrumenten, geliefert von ZEISS, in Hamburg und Bonn im Gange. SCHORR wie KÜSTNER und ihre Mitarbeiter stehen vor der Aufgabe: photographische Präzisionsortsbestimmung auf sehr großen Arealen.

Hierbei ergeben sich vielerlei Schwierigkeiten, die heute, nach bald $1\frac{1}{2}$ Jahren, noch nicht ganz überwunden sind.

Ein Wort noch über KÜSTNER als akademischen Lehrer. Wie in seiner Forschertätigkeit, so hat er auch hier äußerst gewissenhaft seine Verpflichtungen erfüllt. Seine vorbildliche Amtsführung als Dekan 1899 und Rektor 1912 steht noch heute bei seinen Kollegen in bester Erinnerung. Infolgedessen wurde er auch 1912 als Vertreter der Universität in das Preußische Herrenhaus gesandt. Seine Vorlesungen sind von vorbildlicher Anschaulichkeit, am schönsten aber sind wohl immer die belehrenden Einzelunterredungen mit ihm gewesen. Den jungen Studierenden trat er stets abwartend gegenüber; zeigte sich aber nach zwei bis drei Semestern nicht leichter Schule — man denke an seine Straßburger Zeit — Geeignetheit zum Fachastronomen, so erhielt man durch ihn volle Förderung in der Ausbildung. Die Zahl seiner Schüler ist nicht so groß wie bei manch anderem Gelehrten; die Bonner Sternwarte war unter ihm kein Magnet, der von fern die Zuhörer heranzog. Sind doch ihre Arbeiten bei aller fundamentalen wissenschaftlichen Bedeutung kaum geeignet, das Interesse der Liebhaberwelt und des Anfängers zu erregen. Gründliche Genauigkeit im Messen und in der Diskussion der Beobachtungen haben seine Schüler aber alle bei ihm gelernt. Die meisten sind dann auch forschend weiter tätig geblieben und manch einer hat es — nicht zuletzt dank der Bonner Schulung — zu geachteter wissenschaftlicher Stellung gebracht.

Das Dienstaltersgesetz zwang ihn, den noch heute so rüstigen und vorbildlich arbeitsamen, den liebgewordenen Posten zu verlassen. In Mehlem, dicht bei Bonn, gegenüber dem schönen Siebengebirge, will er seinen Alterssitz aufschlagen. Bei seiner körperlichen und geistigen Frische werden die hoffentlich noch vielen ihm beschiedenen Jahre nur beschränkt ein *otium cum dignitate* werden, denn zu sehr ist er mit seiner Wissenschaft verwachsen, als daß er nicht mit Rat und Tat immer gerne helfend eingreifen wird — so besonders in der Durchführung des großen Zonenunternehmens, an dessen Vorbereitung er so stark beteiligt ist.

Die vielen kleineren und größeren wissenschaftlichen Vorstöße der zwei letzten Jahrzehnte haben revolutionierend viel Neues gebracht. Für weitere Aufgaben muß aber heute die Erfahrungsbasis erst stark verbreitet werden. Großzügige jahrelange Arbeiten, wie die geplanten, sind nötig. Hoffen wir es, daß sich — besonders in Deutschland — dafür Männer finden, die selbstlos diesen sich unterziehen, die, wie KÜSTNERS Lebenswerk zeigt, denken, nur „per aspera ad astra“.

Besprechungen.

CRANZ, C., **Lehrbuch der Ballistik. Bd. I. Äußere Ballistik.** 5. Aufl. Unter Mitwirkung von O. VON EBERHARD und K. BECKER. Berlin: Julius Springer 1925. 712 S. und 132 Textabbildungen. 16 × 24 cm. Preis geb. RM 57.—.

In neuer Form und mit neuem Inhalt erscheint zum fünften Male das große Werk des Meisters der gesamten experimentellen und theoretischen Ballistik CARL CRANZ. Hervorgegangen aus dem 1896 bei B. G. Teubner verlegten „Kompendium der theoretischen äußeren Ballistik“, wurde es als Lehrbuch der Ballistik in kurzer Folge wiederholt neu aufgelegt und war regelmäßig bald vergriffen. Vor uns liegt heute in Band I zunächst die „Äußere Ballistik“, und es folgen hoffentlich bald in Bd. II und III die „Innere“ und die „Experimentelle Ballistik“. Der bisherige Band IV, in dem die Tabellen, Diagramme und photographischen Aufnahmen vereinigt waren, ist weggefallen; der Verfasser hat diese Teile in die Anhänge der Bände I bis III aufgenommen.

Die Aufgabe der äußeren Ballistik lautet: Es ist die Bewegung eines abgeschossenen starren Körpers von regelmäßiger Form und gegebenen Abmessungen bei bekannten Anfangsbedingungen unter dem Einfluß der Schwerkraft und des Luftwiderstandes im voraus anzugeben, also die ballistische Kurve räumlich und zeitlich festzulegen. So gekennzeichnet sieht das Problem harmlos aus. Wer aber das CRANZSCHE Buch studiert, erkennt sofort die gewaltigen Schwierigkeiten, die sich dem Forscher bei der Lösung der Aufgabe entgegenstellen. Die Mannigfaltigkeit der störenden Nebenerscheinungen zwingt den Ballistiker, wenn er eine exakte Lösung anstrebt, sich mit Physik und Chemie, mit Mechanik samt Aero- und Hydrodynamik, mit Meteorologie und Waffenkunde und vor allem mit den Hilfsmitteln der praktischen Mathematik gründlich und kritisch auseinanderzusetzen. Das ist das große Verdienst von CRANZ, daß er wie kein anderer die erfahrungsmäßigen und die theoretischen Grundlagen aller dieser Gebiete beherrscht. Von hoher Warte aus gibt er in anschaulicher Form einen weiten und klaren Überblick über die Ballistik sowohl hinsichtlich ihrer verzweigten Einzelprobleme wie auch in ihrer Gesamtheit als einheitliche der Praxis dienende Wissenschaft.

Wer wie der Unterzeichnete den Vorzug hat, mit dem Verfasser gemeinsam im Seminar für Mechanik arbeiten zu können, empfindet lebhaft, wie sich die Persönlichkeit CRANZ in seinem Werk offenbart. Alle Abschnitte atmen den Geist des großen Ballistikers. In seinem der Technischen Hochschule Berlin angegliederten Institut hat er die Grundlagen seiner Wissenschaft durch den Versuch nachgeprüft oder neu erschlossen. So ist sein Buch in experimenteller und theoretischer Hinsicht die reife Frucht langjährigen rastlosen Schaffens.

In der Neuauflage hat der Verfasser die Erfahrungen des Weltkrieges, die zum Teil schon in den Auflagen 1916 und 1918 verwertet waren, zur Vertiefung unserer Erkenntnisse in der Geschößbewegung weiter herangezogen. Hierher gehören das Schießen im Gebirgskrieg und im Luftkampf, die neuen Erfahrungstatsachen zur Gewinnung eines auf den heutigen aerodynamischen Anschauungen aufgebauten theoretischen Ansatzes für den Luftwiderstand, die Abweichungen der Geschosse infolge der Geschößrotation, ferner die mathematische Verfeinerung des Problems zugleich unter Bevorzugung graphischer Methoden und die Umarbeitung der Schußtafelberechnungen durch Major Dr.-Ing. K. BECKER.

Neu hinzugekommen sind jetzt: Die Methoden zur stückweisen Berechnung oder Konstruktion von Steilbahnen, die Geschößpendelungen, die Tageseinflüsse der veränderlichen Luftdichte und des Windes und eine erneute Bearbeitung der Schußtafeln BECKERS, der auch die Ergänzungen betreffend die ideellen Größen, ballistischer Wind und ballistisches Luftgewicht, geliefert hat. Natürlich ist das von jedermann im Kriege mit Spannung verfolgte Fernschießen mit seinen selbst den Fachmann überraschenden Wirkungen behandelt worden. Der § 40, bearbeitet von Professor O. VON EBERHARD, gibt Aufschluß über die Erscheinung dem Wesen und der Zahl nach. Das Rechnungsverfahren, entweder graphisch nach C. CRANZ oder R. ROTHÉ oder nach den Tabellen von FASELLA durchzuführen, wird an einem Beispiel erläutert: bei einem Abgangswinkel von 50° und einer Anfangsgeschwindigkeit von 1150 m/sek erreicht ein 35,5 cm-Geschöß von 340 kg Gewicht eine Höhe von etwa 20 km, wo die Luftdichte auf rund $\frac{1}{15}$ gesunken ist, und eine Schußweite von 60 km. Aus dem Kriege sind uns Schußweiten von über 100 km in Erinnerung, und die Tatsache, daß der Schußweite — bei Steigerung der Anfangsgeschwindigkeit und des Kalibers — nur durch die Lebensdauer des Rohres Grenzen gesetzt sind, beleuchtet den großen Erfolg, der darin begründet ist, daß ein Geschöß in jenen großen Höhen eine der Flugbahn des leeren Raumes sehr angenäherte Kurve beschreibt. — Wie der Verfasser die neuesten Erkenntnisse in der Technik der Ballistik dienstbar zu machen versteht, beweisen die neuen Abschnitte über die Erklärung für die Geschößabweichungen bei Flachbahnen und bei Steilbahnen nicht nur unter der Kreiselwirkung, sondern zugleich infolge des Magnuseffektes, der kürzlich auch außerhalb der Fachkreise durch den FLETTNERSCHEN Rotor zum Antrieb der Schiffe bekannt wurde: CRANZ kommt auf Grund eigener mit W. SCHMUNDT durchgeführter Versuche mit Holzzylindern zu der Erkenntnis, daß im allgemeinen die Kreiselwirkung den Magnus-effekt und auch die problematische POISSONSCHEN Luftpolsterwirkung überwiegt, daß aber in besonders getarteten Fällen ein mit Rechtsdrall abgefeuertes Geschöß ausnahmsweise dennoch Linksabweichung zeigen kann, wenn der Magnuseffekt den Kreiseffekt überwiegt.

Diesen anregenden Untersuchungen über die vielen „sekundären Einflüsse“, zu denen auch die Abweichungen des Geschosses infolge der Erdrotation, ferner infolge von Seitenwind beim Schießen am Erdboden sowie beim Abwerfen aus Luftfahrzeugen gehören, schließt sich der gleich wichtige Abschnitt über „zufällige Geschößabweichungen“ an, unter vielfacher Anwendung der Wahrscheinlichkeitslehre.

Der erste Abschnitt des CRANZSCHEN Buches, der die Wurfbewegung im luftleeren Raum, also das allgemeine astronomische Problem der Zentralbewegung der Himmelskörper, anschaulich und fesselnd beschreibt, gewinnt neuerdings für den Ballistiker ganz unerwartet erhöhte Bedeutung, nämlich bei der Frage nach der Bahn der „Rakete zu den Planetenräumen“. Der Flug dieses jüngsten Kindes der Phantasie des Erdmenschen in die Himmelssphären ist allerdings erst nach dem Erscheinen der CRANZSCHEN Ballistik Gegenstand allgemeinerer Erörterungen geworden. Trotzdem sei hier eine kurze Bemerkung gestattet: Die Flugbahn der Weltenraumrakete könnte entweder die eines Himmelskörpers sein oder mehr oder weniger davon abweichen, wenn die Rakete Reaktionsantrieb und damit auch Steuerfähigkeit erhielt. Diese rein akademischen

Durchforschungen des Problems sind aber für den praktischen Ballistiker, für den Luftfahrer und für den Meteorologen gegenwärtig von Bedeutung. Alle drei kennen ja kaum noch Grenzen in der Durchdringung der hohen Luftschichten unseres Planeten und haben heute schon Höhen durchmessen, in denen die Luft so dünn ist, daß sie vielfach mit völliger Luftleere verglichen worden ist. Die nächste Auflage des Buches wird gewiß auch zu diesen Projekten Stellung nehmen.

Worin liegt nun die Hauptschwierigkeit des außerballistischen Grundproblems, „Voraussage der Bewegung des Geschosses in der irdischen Lufthülle“? — Sie liegt in dem Fehlen eines Luftwiderstandsgesetzes, das zugleich dem Anschwellen des Widerstandes in der Nähe der Schallgeschwindigkeit durch die Erzeugung der Kopf- und der Schwanzzellen einwandfrei Rechnung tragen müßte. Doch scheint von allen bisherigen Ansätzen die H. LORENZSCHE Luftwiderstandstheorie die größte Aussicht zu haben, als Grundlage für die Weiterentwicklung der äußeren Ballistik zu dienen. Es ist dabei erfreulich, daß die experimentelle Ballistik mit der neueren Aerodynamik in deren stürmischer Entwicklung Schritt hält, und der Verfasser selbst bringt den Göttinger Versuchen PRANDTLs in ihrer Bedeutung für die Ballistik größeres Vertrauen entgegen als allen bisherigen Versuchen. „Es wird einer Zeit von mehreren Jahrzehnten und des Zusammenwirkens zahlreicher Kräfte bedürfen, bis die Lehre vom Luftwiderstand auf eine feste Unterlage gestellt ist. Ohne Zweifel wird dabei der einwandfreie Versuch das Fundament liefern müssen, auf dem die Theorie weiterbauen kann.“

Während somit von seiten der Theorie bis jetzt kein völlig befriedigendes allgemeines physikalisches Gesetz des Luftwiderstandes der Geschosse erbracht ist, und der Ballistiker sich in jedem neuen Fall an die Erfahrung halten muß, läßt sich im Gegensatz hierzu das außerballistische Hauptproblem bei Angabe eines beliebigen Luftwiderstandsgesetzes mathematisch heute nach CRANZ und ROTHE auf graphischem Wege vollständig lösen und zwar durch aufeinanderfolgende Näherungen mit einer theoretisch unbegrenzten Genauigkeit, nur beschränkt durch das Zeichenverfahren selbst.

An dieser Stelle sei zugleich wärmster Dank dem Manne ausgesprochen, der es verstanden hat, auch nach dem Kriege als akademischer Lehrer seine Wissenschaft weiterzuführen, und es sei hier erneut — wie bei der 125-Jahrfeier der Technischen Hochschule Berlin — die Forderung erhoben, daß alljährlich an sie einige Offiziere vor allem der technischen Waffen entsandt werden sollten, damit sie dort die höchste technische Ausbildung bis zur Erwerbung des Diplom-Ingenieurs erhalten könnten. So würde uns für die wissenschaftliche Ballistik ein Nachwuchs gesichert sein.

Jeder Artillerist, jeder Physiker oder Mathematiker, jeder Meteorologe oder Ingenieur und auch der Lehrer der höheren Schule wird dieses klassische Werk der Ballistik in seiner vorzüglichen Ausstattung mit reichem inneren Gewinn studieren.

M. WEBER, Berlin.

GEHLHOFF, GEORG, **Lehrbuch der technischen Physik** für fortgeschrittene Studenten und Ingenieure. Unter Mitwirkung zahlreicher Fachgenossen herausgegeben. 2. Band. Optik. Elektrik. Leipzig: J. A. Barth 1926. XX, 759 S. und 761 Abb. i. T. 17 × 24 cm. Preis geh. RM 45.—, geb. RM 48.—.

Die bei der Besprechung des I. Bandes skizzierte Entwicklung einer technischen Physik in Deutschland hatte die Herausgabe so eines Lehrbuches veranlaßt.

Ein solches will die Kenntnis der Physik im allgemeinen voraussetzen, somit müßte nur aus didaktisch-systematischen Gründen kurz auf diese vorausgesetzten Dinge eingegangen werden. Während im I. Bande dieses Leitprinzip nicht in allen Abschnitten durchgeführt wurde, erfüllt der vorliegende II. Band diese Anforderungen sehr weitgehend. Dafür ist aber die Unterteilung in einzelne Abschnitte weniger nach rein physikalischen Gesichtspunkten, als nach technischen Arbeitsgebieten durchgeführt. Mag man aus systematischen Gründen so etwas bedauern, so bietet doch so eine Anordnung des Materials den Vorteil einer schnellen Orientierung über ein technisches Arbeitsgebiet und ermöglicht die Gewinnung von Spezialisten als Arbeiter. Denn bei der Vielgestaltigkeit der Aufgaben und Mannigfaltigkeit der Lösungen der einzelnen technisch-physikalischen Fabrikationszweige kann die Darstellung des gesamten Gebietes kaum mehr durch einen oder zwei Wissenschaftler erfolgen.

Der I. Band brachte auf 169 Seiten die Mechanik nebst Akustik und auf 217 Seiten die Thermodynamik; in diesem II. Bande wird auf 204 Seiten die Optik und auf 508 Seiten die Elektrik dargestellt. Trotz der längst erfolgten Vervollständigung der Elektrotechnik ist so ein Überwiegen des letzten Teiles zu rechtfertigen. Denn über deren allgemeine Grundlagen muß sich auch der technische Physiker unterrichten können; des weiteren bieten diesem noch heute verschiedene elektromagnetische Spezialgebiete Gelegenheit zu technisch erfolgreicher Betätigung, besonders auch optische neben thermodynamischen und akustischen.

Der II. Band ist in folgende Abschnitte gegliedert, welche durchweg — im Gegensatz zum I. Bande — mit Schrifttumnachweisen zusammenfassender Darstellungen zur Weiterbildung versehen sind.

Optik.

1. H. ERFLE †, Geometrische Optik und die optischen Instrumente. 63 S.
2. H. SCHULZ, Interferenz, Beugung, Polarisation, Doppelbrechung 33 „
3. E. GEHRCKE, Technische Spektralanalyse . . 11 „
4. H. SCHULZ, Physiologische Optik 9 „
5. G. GEHLHOFF, Lichttechnik (darunter Photometrie, Lichtquellen, Beleuchtung von Räumen usw., Leuchtgerät) 88 „

Elektrik.

1. W. O. SCHUMANN, Elektrostatik, Hochspannung, Isolation 54 S.
2. W. O. SCHUMANN, Induktivität 17 „
3. R. JAEGER, Magnetismus 22 „
4. R. JAEGER, Elektrische Einheiten 5 „
5. G. KEINATH, Elektrische Meßgeräte 33 „
6. U. MEYER, Fernsprech- und Telegraphentechnik 35 „
7. W. O. SCHUMANN, Elektrische Maschinen . 78 „
8. W. O. SCHUMANN, Überspannungen, Schalter, Anlagen 38 „
9. E. NESPER, Radiotelegraphie und -telefonie 71 „
10. G. GEHLHOFF und R. SEELIGER, Gasentladungen. 76 „
11. F. BERGTER †, Hochvakuum 24 „
12. O. BERG und K. W. HAUSER, Röntgentechnik. 54 „

Die bequeme Benutzbarkeit und Übersichtlichkeit des Lehrbuches wird durch das sehr umfangreiche Sachregister (für beide Bände 38 S.), sowie durch das ausführliche Inhaltsverzeichnis, welches die Titel eines

jeden der 1521 Einzelparagraphen anführt, ganz wesentlich gesteigert.

Für die Zuverlässigkeit des sachlichen Inhaltes bürgen die Namen der zum größeren Teile in der Industrie tätigen Mitarbeiter. Man kann aber über den gewählten Umfang der einzelnen Abschnitte im Rahmen des Ganzen manchmal abweichender Meinung sein; man mag auch diesen Paragraphen verkürzt oder jenen verlängert sehen wollen. So vermißt man bei der technischen Spektralanalyse z. B. ein Eingehen auf die Spektralphotometer und die Mikrophotometer, wie auch auf die „raies ultimes“. Auch das Wl. OSTWALDSche System der Farbenmessung dürfte mehr Berücksichtigung erfahren können (bei der physiologischen Optik). Beim Magnetismus werden die neuerdings für Schwachstromzwecke so wichtigen Nickel-eisenlegierungen mit hoher Anfangspermeabilität überhaupt nicht erwähnt; auch auf die modernen permanenten Magnete wird kaum eingegangen. Während die Gasentladungen eine sehr ausführliche Darstellung erfahren, sind die Angaben über Glühelktroden und Elektronenröhren nicht ausreichend. Es fehlen auch eine physiologische Akustik und eine ins Einzelne gehende Elektroakustik. Trotz solcher in Einzelheiten abweichender Meinung läßt sich aus dem gebotenen Reichtum der Eindruck gewinnen, daß der vorliegende Band eine wesentliche Bereicherung des physikalischen Schrifttums bedeutet. Diese Herausgabe des Lehrbuches der technischen Physik ist eine Tat, welche ausgeführt werden mußte, da sie eine Forderung des Tages war. Dieses Buch wird seinen Weg gehen und erfolgreich wirken können, besonders, wenn gewisse Ungleichmäßigkeiten der Darstellung speziell im I. Bande bei einer neuen Auflage durch den Herausgeber ausgeglichen sein werden.

Den angehenden Physikern, besonders den technischen, ist der II. Band warm zu empfehlen, aber auch den bereits in der Praxis arbeitenden zur allgemeinen Kenntnisnahme eines Spezialgebietes. Hoffentlich wird auch mancher „reine“, den Fragen der Technik fernstehende oder sogar abgeneigte Fachgenosse durch dieses Lehrbuch bewogen, sich von der „Wissenschaftlichkeit“ jener Fragen zu überzeugen.

R. SWINNE, Berlin.

MÜLLER, KURT EMIL, **Der Quecksilberdampfgleichrichter**. Erster Band: Theoretische Grundlagen.

Berlin: Julius Springer 1925. 226 S., 49 Textabbildungen und 4 Zählentafeln. Preis geb. RM 15.—.

Im letzten Jahre sind zwei Bücher über den Quecksilberdampfgleichrichter erschienen. Von zwei verschiedenen MÜLLERN, die beide bei der AEG. tätig sind. Das eine von GUSTAV W. MÜLLER aus der Praxis für die Praxis geschrieben. Das andere, mir jetzt zur Besprechung vorliegende, von KURT EMIL MÜLLER. Theorie und nur Theorie. Ein zweiter Band, der die Konstruktion und den Betrieb der Gleichrichter enthält, sollte alsbald auf den ersten folgen. Ist aber bisher leider nicht erschienen.

Also der erste Band bringt die Theorie, aber nicht graue, sondern lebenswarme, wie sie der Konstrukteur von Gleichrichteranlagen braucht, wenn er sich nicht mit Faustregeln begnügen, sondern in das innere Wesen der Gleichrichter eindringen will. Infolgedessen ist Vertrautheit mit der Mathematik für den Leser unerlässlich. Der Verf. sagt im Vorwort selbst, er habe von allen mathematischen Hilfsmitteln Gebrauch gemacht, die zur Erreichung einer gewissen Strenge unentbehrlich sind. Und das sind nicht wenige. Erreichen doch die wichtigeren Gleichungen die Nummer 222. Besonders hervorzuheben und anzuerkennen ist

dabei, daß der Verf. geometrische, „anschauliche“ Darstellungsmethoden grundsätzlich vermieden hat, „weil die geometrischen Methoden, welche von der gewöhnlichen Theorie der Wechselströme herkommen, bei den quasistationären Vorgängen im Gleichrichter nichts mehr zu suchen haben“.

Zur Einführung des Lesers in die verschiedenen Gleichrichterprobleme beginnt der Verf. mit der Darstellung allgemeiner Sätze über die Lichtbogenvorgänge im Gleichrichter, die Magnetisierungskurve, die Induktivität eisengeschlossener Spulen, den Leistungsfaktor, den Einfluß der Zündspannungsspitze, die Meßkunde des Gleichrichters und den Mehrphasentransformator mit inhomogener Belastung.

Der zweite Abschnitt ist durchaus originell. In die außerordentliche Mannigfaltigkeit der Gleichrichterschaltungen wird kurzer Hand dadurch Ordnung gebracht, daß von einer gewissen Normalschaltung ausgegangen und gezeigt wird, daß die speziellen Formen der vorkommenden Gleichrichterschaltungen in dieser Normalform enthalten sind. Die Durchführung einer gegebenen Gleichrichteranordnung auf die Normalform wird das Reduktionsproblem genannt.

Im dritten Abschnitt wird der Normalgleichrichter erschöpfend behandelt und im vierten das Reduktionsproblem für die wichtigsten Gleichrichterschaltungen gelöst.

Da der Verf. das dargestellte Gebiet ebenso beherrscht wie die Form der Darstellung, ist ein wertvolles, wenn auch durch die viele (nötige) Mathematik etwas sprödes Buch entstanden. Die Frage nach der buchtechnischen Ausstattung erledigt sich durch den Hinweis darauf, das es bei SPRINGER erschienen ist.

A. GÜNTHERSCHULZE, Berlin.

LEIS, CARL, **Die modernen optischen Meßinstrumente des Krystallographen und Petrographen**. Ihre Beschreibung und Justierung. Jena: Gustav Fischer 1925. 91 S. und 28 Abb. 15 × 23 cm. Preis RM 3.60.

Neue und noch gebräuchliche Goniometer, Achsenwinkelapparate, Refraktometer, Mikroskope und Monochromatoren werden, unterstützt von zahlreichen Abbildungen, beschrieben und die Justiermethoden angegeben. Besonders letztere waren bisher in der Literatur verstreut und wurden hier übersichtlich und vom Gesichtspunkte 35jähriger Erfahrung gesammelt. Das Buch wird Krystallographen, Mineralogen und Petrographen bei der Justierung der Apparate, aber auch bei evtl. Neuanschaffungen gute Dienste leisten.

K. WEISSENBERG, Berlin-Dahlem.

Handbuch der Physik. Herausgegeben von H. GEIGER und KARL SCHEEL. Band XXII. Elektronen, Atome, Moleküle, redigiert von H. GEIGER. Berlin: Julius Springer 1926. VII, 568 S. und 148 Abbildungen. Preis geh. RM 42.—, geb. RM 44.70.

Die 24 Bände des neuen Handbuches sind auf 7 Gruppen verteilt. Die ersten 6 Gruppen halten sich an die übliche Einteilung: erst kommt Allgemeines und Grundlagen der Physik (Gruppe I und II), dann Mechanik, Wärme, Elektrizität und Optik (Gruppe III—VI). Als etwas Neues erscheint die VII., letzte Gruppe mit dem Titel: Aufbau der Materie und Wesen der Strahlung. Sie umfaßt die Bände 22, 23 und 24 und enthält, wie aus der jedem Bande beigegebenen Inhaltsübersicht des ganzen Werkes hervorgeht (eine sehr nützliche Einrichtung), die neueste Physik von etwa 1900 ab. Band 22 bringt: Elektronen, Atome, Moleküle; Band 23 die Quanten, Band 24 negative, positive Strahlen und zusammenhängende Materie.

Diese Abtrennung der neueren Atom- und Quantenphysik gereicht der Geschlossenheit der Darstellung

zum großen Vorteile und ist sachlich durchaus begründet. Theorie und Experiment haben ja in der letzten Zeit so Hand in Hand gearbeitet, daß ein neues großes Gebiet entstanden ist, dessen Zusammenfassung auch deswegen begrüßt werden wird, weil eine solche bisher in dem in Aussicht genommenen Umfange noch nicht existiert. Spezielles ist natürlich auch in die anderen Gebiete der Physik hereingekommen, so sind u. B. die quantentheoretischen Betrachtungen der Wärmenvorgänge auch in Gruppe IV angekündigt.

In dem vorliegenden Band 22 (Elektronen, Atome, Moleküle) findet man das behandelte Gebiet jedenfalls in angenehm natürlicher Disposition. Die Hauptkapitel sind: Elektronen, Atomkerne, Radioaktivität, die Ionen in Gasen, Größe und Bau der Moleküle, das natürliche System der chemischen Elemente. Im einzelnen findet noch eine Unterteilung statt, so daß 12 erfahrene Spezialisten sich in die Bearbeitung des ganzen Bandes teilen.

In dem Kapitel: Elektronen behandelt W. GERLACH die Ladung und die spezifische Ladung des Elektrons. Zunächst werden immer die theoretischen Grundlagen der einzelnen Methoden geschickt auseinandergesetzt, dann die Meßvorrichtungen selbst erläutert, wobei in wichtigen Fällen klare Figuren die Darstellung unterstützen; schließlich werden die Resultate so diskutiert, daß herauskommt, welcher Wert zur Zeit als der sicherste gilt. Die im Streite um das sog. Subelektron entstandenen Arbeiten werden nur in Auswahl (unter Ablehnung des EHRENFELDSchen Standpunktes) gebracht.

In das Kapitel 2: Atomkerne, teilen sich 5 Bearbeiter. KURT PHILIPP behandelt zunächst die Kernladung auf der Grundlage der α -Strahlen-Ablenkung und des MOSELEYSchen Gesetzes, dann Kernmasse nach ASTON und DEMPSTER. OTTO HAHN bringt dann eine Zusammenstellung aller Versuche, welche das α -Teilchen als Heliumkern nachweisen, während LISE MEITNER auseinandersetzt, was sich bisher auf Grund von α -Strahlen-Reichweiten, β - und γ -Strahlenspektren über die Struktur der Kerne sagen läßt. Das aktuelle Gebiet der Atomzertrümmerung durch α -Strahlenstöße findet durch H. PETERSSON und G. KIRSCH eine anregende Darstellung.

In dem 3. Kapitel: Radioaktivität, behandelt zunächst W. BOTHE den radioaktiven Zerfall und zwar nach der Darstellung der allgemeinen theoretischen Grundlagen die wichtigsten Typen von Umwandlungsfolgen, dann werden die wichtigeren Prüfungen der Theorie (Konstanz der Umwandlungsgeschwindigkeit, Schwankungen) und die Bestimmung radioaktiver Konstanten gebracht. STEPHAN MEYER gibt dann eine gedrängte Übersicht über die Meßmethoden der Aktivität und behandelt dann etwas ausgiebiger die einzelnen radioaktiven Stoffe. In einem kurzen Abschnitt macht dann weiter OTTO HAHN auf die Bedeutung der Radioaktivität für chemische Untersuchungsmethoden aufmerksam, wobei dem Physiker der Gebrauch dieser auch für ihn wichtigen Methoden durch geschickte Zusammenfassung unter allgemeine Gesichtspunkte erleichtert wird. Von OTTO HAHN stammt auch der nächste Abschnitt über die Bedeutung der Radioaktivität für die Geschichte der Erde.

Das 4. Kapitel: Die Ionen in Gasen ist von KARL PRZIBRAM geschrieben. Die Darstellung beschränkt sich im wesentlichen auf die Ionen geringer Geschwindigkeit in kalten Gasen, berücksichtigt also nicht Ionenstoß und Ionenstrahlen. Es wird eingehend die Theorie der Ionenkonstanten behandelt, sowie ihre experimentelle Bestimmung, ferner die unmittelbaren Eigenschaften der Ionen (Ladung, Radius und Masse), sowie

mechanische und thermodynamische Effekte (Ionenwind, Ionen als Kondensationskerne). Die klare, objektive Darstellung der verschiedenen Theorien über Beweglichkeit, Ionenmasse usw. wird manchem Physiker willkommen sein, da auf diesem Gebiete Theorie und Erfahrung noch keineswegs befriedigend übereinstimmen.

Sehr anregend sind auch in dem 5. Kapitel von K. F. HERZFELD die Abschnitte über Größe und Bau der Moleküle. Hier findet man eine Fülle von Material, das sonst in der Literatur ziemlich zerstreut ist, bequem und angenehm lesbar zusammengestellt. Ein kurzer Abschnitt von H. G. GRIMM über die Zusammenhänge von Molekularvolumen und Ionengröße, sowie über Atomvolumen und Atomgröße beschließt dieses Kapitel.

Das letzte Kapitel von F. PANETH bringt das natürliche System der chemischen Elemente, und zwar im wesentlichen vom modernen Standpunkte des Physikers, also insbesondere Isotopen und ihre Trennung, Häufigkeit der Elemente, Atomzerfall und Betrachtung des periodischen Systems auf Grund des BOHRschen Atommodells.

Der ganze Band macht einen durchaus erfreulichen Eindruck. Die Disposition ist klar, der Inhalt durchaus modern; langatmige Ausführungen über altbekannte Sachen sind vermieden; wo ältere Arbeiten von grundlegender Bedeutung sind, ist das Prinzipielle kurz und klar dargestellt. Die einzelnen Autoren haben sehr Hand in Hand gearbeitet, wie aus den häufigen und genauen Hinweisen auf andere Stellen des Bandes hervorgeht. Von besonderer Bedeutung für das ganze umfangreiche Werk ist, daß für die praktische Benutzung des Buches nach Möglichkeit Erleichterungen geschaffen sind. Die Einteilung der Kapitel in Unterabschnitte ist überall die gleich übersichtliche, bei den einzelnen Paragraphen ist der Inhalt durch Fettdruck hervorgehoben. Jede Seite enthält oben eine Überschrift, welche nicht nur das Kapitel, sondern auch den von Seite zu Seite wechselnden tatsächlichen Inhalt angibt. Das Nachschlagen wird hierdurch wesentlich erleichtert. Angenehm berühren auch die vielen Figuren, die in einem einheitlichen Stil durchaus klar gehalten sind.

E. REGENER, Stuttgart.

J. H. JEANS, *Dynamische Theorie der Gase*. Nach der 4. englischen Auflage übersetzt und mit einer Ergänzung versehen von REINHOLD FÜRTH. Braunschweig: Fr. Vieweg & Sohn A.-G. 1926. VI, 613 S. und 28 Abbild. 14 × 22 cm. Preis geh. RM 35.—, geb. RM 38.—.

Das Buch gibt seinem Hauptinhalt nach eine ausführliche und sehr lesbare Darstellung der klassischen kinetischen Gastheorie, wobei mathematische Theorie und physikalische Tatsachen gleichermaßen berücksichtigt werden. Die faßliche und elementare Form der Darstellung einerseits sowie ihre Reichhaltigkeit andererseits lassen das Werk zum Lehrbuch wie zum Nachschlagewerk geeignet erscheinen.

In der mathematischen Theorie wurde die größtmögliche Strenge angestrebt, soweit es ohne Heranziehung der HILBERTSchen Methoden möglich ist. Der Verzicht auf eine ausführliche Wiedergabe der HILBERTSchen Untersuchungen mag gerechtfertigt erscheinen im Hinblick auf den mehr physikalischen als mathematischen Charakter des Buches; immerhin wäre eine kurze Skizze der HILBERTSchen Theorie wohl manchem Leser willkommen gewesen. Die MAXWELLSche Geschwindigkeitsverteilung wird einerseits im Zusammenhang mit dem H-Theorem aus der Betrachtung der Zusammenstöße, andererseits aus der Statistik

der Verteilung der Atome im Phasenraume abgeleitet; nach einem Vergleich der beiden Methoden wird in einem besonderen längeren Kapitel die allgemeine statistische Mechanik entwickelt, wobei auch die prinzipiellen Probleme erörtert werden. Der Abschnitt, welcher der mathematischen Theorie der nicht stationären Zustände des Gases gewidmet ist, enthält u. a. auch ein Kapitel über die MAXWELLSche Theorie eines Gases, dessen Moleküle sich umgekehrt proportional der fünften Potenz der Entfernung abstoßen. Über die Verallgemeinerung dieser Theorie durch CHAPMAN konnte freilich nur kurz berichtet werden; die numerischen Ergebnisse CHAPMANS werden jedoch später im Zusammenhang mit den empirischen Tatsachen erörtert. Ein besonderes Kapitel ist den verschiedenen Methoden zur Berechnung oder vielmehr zur Abschätzung der mittleren freien Weglänge gewidmet (MAXWELL, TAIT). Man vermißt eine Angabe des von ENSKOG durch strenge Rechnung gefundenen Wertes.

Die vom Verfasser als *physikalisch* bezeichneten Abschnitte werden zum großen Teil auch denjenigen Lesern verständlich sein, welche die abstrakten Entwicklungen der mathematischen Abschnitte nicht zu verfolgen wünschen. Ein dem stationären Zustande des Gases gewidmeter Abschnitt deutet zunächst die Begriffe der Temperatur und des Druckes mit den molekular-kinetischen Größen und gibt dann die Ableitung der empirischen Elementargesetze der idealen Gase. Nach numerischen Angaben über mittlere Geschwindigkeiten der Moleküle werden die VAN DER WAALSschen Gleichungen, die CLAUSIUSsche Behandlung der nicht-idealischen Gase sowie die verschiedenen anderen theoretischen Behandlungsmethoden und Zustandsgleichungen nicht idealer Gase besprochen, wobei auch numerische Angaben (z. B. über kritische Daten usw.) eingefügt sind. Fernerhin werden die hydrodynamischen Bewegungsgleichungen für die Massenbewegung im Gase, die Thermodynamik des Gases, die Kalorimetrie sowie Assoziationen und Dissoziationen im Gase besprochen. Das Verhältnis der klassischen Theorie zu den empirischen Tatsachen betreffs der spezifischen Wärmen wird erläutert und auf die im Schlußabschnitt gegebene quantentheoretische Lösung der Schwierigkeiten hingewiesen.

Die den physikalischen Eigenschaften der nicht stationären Zustände gewidmeten Kapitel beginnen mit einer theoretischen Untersuchung der inneren Reibung, der Wärmeleitung und der Diffusion unter Zugrundelegung der Auffassung dieser Erscheinungen als *Transportphänomene*. Die so gewonnenen Formeln werden mit den exakten Formeln, die mit strengeren mathematischen Methoden zu erhalten sind, verglichen und am empirischen Material erläutert. Man bedauert, daß auf die schönen Untersuchungen von KUNDSÉN über Diffusion und Wärmeleitung hochverdünnter Gase nicht eingegangen ist, die so einfache und überzeugende Beweise für die kinetische Theorie der Gase geben. Weiterhin werden die Berechnungen der *Molekülgrößen* nach der kinetischen Theorie besprochen (aus innerer Reibung, Wärmeleitung, Abweichungen vom BOYLESchen Gesetz, Dichten im flüssigen und festen Zustand). Anhangsweise ist auch über die Berechnung aus den Dielektrizitätskonstanten und aus der kristallstruktur berichtet. (Die direkte Messung von freien Weglängen und Molekülquerschnitten nach der BORNSchen Methode ist leider nicht erwähnt.) Endlich werden die Ergebnisse der kinetischen Theorie benutzt zu einer theoretischen Erörterung der Planetenatmosphären, wobei außer dem Gleichgewichtszustand der Atmosphäre insbesondere der dauernde Verlust durch fortfliegende Moleküle besprochen wird.

Den Beschluß des Buches bilden einige Kapitel, die in sehr übersichtlicher Weise in die Gedankengänge der *Quantentheorie* einführen; in verhältnismäßig engem Raum ist eine erstaunliche Stoffmenge in trotzdem sehr lesbarer Gestalt geboten.

Der Übersetzer (R. FÜRTH) hat in einem Anhang Zusätze und Anerkennungen beigelegt, welche Hinweise auf die weitere Literatur der im Text behandelten Fragen enthalten. Die Übersetzung ist überall leicht lesbar, obwohl der Übersetzer, wie er erklärt, einen möglichst engen Anschluß an die Sprache des Verfassers durchgeführt hat.

P. JORDAN, Göttingen.

LANDÉ, A., *Die neuere Entwicklung der Quantentheorie*. 2. völlig umgearbeitete Auflage. Dresden und Leipzig: Theodor Steinkopff 1926. XI, 180 S. und 13 Abbild. Preis geh. RM 12.—; geb. RM 13.20.

Ein Buch über Quantentheorie zu schreiben, das dem mit den Grundlagen vertrauten Leser, auf relativ engem Raum und ohne sonderliche Mühe, eine klare Einsicht in den augenblicklichen Stand dieses ungeheuren Gebietes verschafft, ist ohne Zweifel heute ein schwieriges Unternehmen. Denn die manchmal fast atemraubende Schnelligkeit der Entwicklung und der häufige Wechsel in der Auffassung bestimmter Probleme stellen an die Kritik des Autors ein ungewöhnliches Maß von Anforderungen, wenn er sein Werk vor der Gefahr eines allzu schnellen Veraltens schützen will.

Das vorliegende Buch von LANDÉ darf in dieser Hinsicht als eine sehr gelungene Lösung gelten. Mit glücklicher Hand hat der Verf. die im Jahre 1922 erschienene erste Auflage einer gründlichen Umarbeitung unterzogen und so das Werk auf moderner Höhe erhalten, ohne das historische Fundierte zu opfern.

Eine kurze Übersicht über den Inhalt wird wohl am besten einen Eindruck von der Reichhaltigkeit des gebotenen Stoffes vermitteln.

Die Darstellung nimmt ihren Ausgang von der Theorie der Lichtquanten, die nicht nur in ihren von EINSTEIN geschaffenen Grundzügen, sondern auch in ihren weiteren erfolgreichen Verzweigungen (Streuung der Strahlung an Atomen und Elektronen, Comptoneffekt, Beugung, Dopplereffekt) eingehend behandelt wird. Neben die Dynamik der Lichtquanten tritt ihre Statistik (nach BOSE), die als Basis für EINSTEINS Theorie der Gasentartung dient. Den zweiten Teil des ersten Abschnittes bilden die Grundlagen der BOHRschen Atomtheorie: die bekannten Grundpostulate, die Festlegung der stationären Zustände und ihre experimentelle Auffindung durch Spektroskopie und Elektronenstoß. Das Gleichgewicht zwischen Strahlung und Materie (PLANCKsches Gesetz) wird im Anschluß an EINSTEIN und EHRENFEST betrachtet, und am Schluß dieses Abschnittes wird der Leser in den Gedankenkreis des BOHRschen Korrespondenzprinzips und die Theorie der „virtuellen Strahlung“ von BOHR, KRAMERS und SLATER eingeführt.

Der zweite, relativ kurze Abschnitt behandelt in gedrängter Übersicht die Theorie der wasserstoffähnlichen Atome (mit einem Elektron), ihre Serien, ihre relativistische Feinstruktur und die Beeinflussung ihrer Linien durch elektrische und magnetische Felder (Starkeffekt, normaler Zeemaneffekt).

Ein Hauptgewicht liegt auf dem dritten Abschnitt (Systeme mit mehreren Elektronen), der in knapper und doch tief eindringender Weise das in den letzten Jahren weitgehend geklärte Gebiet der optischen Serienspektren und der Röntgenspektren höherer Atome umfaßt. Hier wird die Theorie der Multipllett-Strukturen und die Quantentheorie der anomalen Zeemaneffekte, die wir im wesentlichen LANDÉ ver-

danken, dargestellt, und besonders die merkwürdige Zweideutigkeit (HEISENBERG) bei der modellmäßigen Beschreibung betont, die zu einer scharfen Gegenüberstellung der beiden unvereinbaren Multipletttheorien, der „Neigungstheorie“ und der „relativistischen Theorie“, geführt hat. Sehr instruktiv ist die im § 13 gegebene Darstellung der Theorie der „Multipletts höherer Stufe“ und der „gestrichenen Terme“.

Es folgen im vierten Abschnitt eine kurze Theorie des Magnetons (Versuch von STERN und GERLACH, paramagnetische Ionenmomente, magneto-mechanische Effekte), im fünften die Grundzüge der Theorie der Bandenspektren und der Molekülbildung.

Der sechste Abschnitt, „Quantentheorie der Aggregatzustände“ genannt, bringt im wesentlichen die bekannte Theorie der Molekularwärmen fester und gasförmiger Substanzen, eine Ableitung der chemischen Konstante (nach STERN) und eine ausführliche Darstellung von EINSTEINS Theorie der Gasentartung, die durch ihre enge Beziehung zu DE BROGLIES mechanischen Wellenfeldern und der neuen „Undulationsmechanik“ SCHRÖDINGERS von fundamentaler Bedeutung geworden ist.

Die beiden letzten Abschnitte sind den klassischen Quantelungsmethoden und ihren Anwendungen auf das Wasserstoffatom gewidmet. Im Anschluß an die HAMILTON-JACOBIsche Differentialgleichung und die kanonischen Transformationen (Einführung von Winkel- und Wirkungsvariablen) wird die allgemeine Theorie der mehrfach-periodischen Systeme und die geniale BOHRsche Methode der säkularen Störungen entwickelt und an Beispielen anschaulich erläutert.

Der letzte Paragraph des Buches gibt einen kurzen Ausblick auf die jüngste, höchst bedeutungsvolle Entwicklung der Quantenlehre, die neue Quantenmechanik von HEISENBERG, BORN und JORDAN.

Wenn der Referent am Schluß einen Wunsch aussprechen darf, so wäre es der, in einer hoffentlich bald nötigen Neuauflage den PASCHEN-BACK-Effekt und die Intensitätsregeln der Multiplett- und Zeemankomponenten ausführlicher behandelt zu sehen. Zugleich könnte dann auch eine Anzahl von störenden Druckfehlern und Ungenauigkeiten des Textes ausgemerzt werden.

Die Lektüre des LANDÉschen Buches ist allen denen, die in der Quantentheorie über die ersten Stadien hinausdringen wollen, warm zu empfehlen.

F. REICHE, Breslau.

WHITTAKER, E. T., Einführung in die Theorie der optischen Instrumente. Ins Deutsche übertragen und mit Anmerkungen versehen von A. HAY. Leipzig: J. A. Barth 1926. VI, 104 S. und 43 Abb. 15 × 23 cm. Preis RM 6,—.

Das Buch ist in englischer Sprache zuerst 1907 erschienen, die zweite Auflage, im wesentlichen ein Abdruck der ersten, kam 1915 heraus. Der Zweck des Buches ist in der Hauptsache eine einfache Darstellung der Bildfehler; eine kurze Behandlung der optischen Grundgesetze und der Beziehungen zwischen Ding- und Bildort und -größe erscheint als Einleitung, ein Abriss der Theorie der einzelnen optischen Instrumente als Anhang. Die Behandlung der optischen Fehler be-

schränkt sich im wesentlichen auf achsensymmetrische Folgen und auf die Fehler dritter Ordnung, doch ist auf die Bedeutung der höheren Ordnungen gelegentlich hingewiesen, die Unmöglichkeit eines vollkommenen Instrumentes nach F. KLEIN dargetan und auch die Sinusbedingung besprochen.

Das Buch dürfte seinem Zwecke genügen, den Anfänger verhältnismäßig leicht mit dem Gegenstande bekannt zu machen und ihn zum Verständnis ausführlicherer Behandlungen vorzubereiten. Ein besonderer Wert liegt in eigenartigen Ableitungen, wie der regelmäßigen Benutzung der Wellenfläche und der Zurückführung der Ausdrücke für sphärische Abweichung und Koma auf den für den Astigmatismus.

Einige mathematische Unschärfen (wie beim FERMATSchen Gesetz, bei der Darstellung des Astigmatismus) mag der besondere Zweck des Buches und auch das Alter des englischen Textes erklären. Unbefriedigend, nicht nur dem Üblichen widersprechend, ist die Definition der Brennweite. Mit der geschichtlichen Bemerkung, daß man SEIDEL und CLAUSIUS die Sinusbedingung verdanke, ABBE und HELMHOLTZ sie nur wiedergefunden hätten, kann der Berichtende sich nicht einverstanden erklären.

Der Übersetzer hat durch die Anmerkungen den Wert des Buches sehr erhöht. Es kommt durch sie die im Englischen zurücktretende geschichtliche Entwicklung zu ihrem Rechte, der Leser wird überall auf die wichtigsten einschlägigen Arbeiten und die entsprechenden Abschnitte des CZAPSKISchen Lehrbuches verwiesen. Ein kurzes Namen- und Sachverzeichnis wäre wünschenswert.

H. BOEGEHOLD, Jena.

MENZEL, HEINRICH, Die Theorie der Verbrennung.

Die stöchiometrischen und thermochemischen Grundlagen der Verbrennungs- und Vergasungsvorgänge. Dresden und Leipzig: Theodor Steinkopff 1924.

VIII, 120 S. und 21 Abb. Preis geh. RM 8.—.

Die vorliegende Schrift will den Ingenieur mit der physikalisch-chemischen Betrachtungsweise der Verbrennungs- und Vergasungsvorgänge vertraut machen, den Chemiker über die wärmetechnische Seite der Verbrennungerscheinungen unterrichten und in die bei den Ingenieuren übliche Darstellung einführen. Man hat den Eindruck, daß dem Verfasser seine Absicht geglikt ist: In sehr logischem Aufbau führt er Schritt für Schritt das Wesentlichste von der Verbrennung und von der Vergasung in so einfacher Weise vor, daß es für Chemiker und Ingenieure gleich verständlich sein wird.

Bei der Berechnung der chemischen Gleichgewichte hätte man eine etwas ausführlichere, einfache Behandlung des NERNSTschen Wärmetheorems gewünscht. Auch sind manche Kleinigkeiten zu beanstanden, z. B. die unklaren Angaben über das Molvolumen (S. 11), die Bezeichnungswiese Kal statt kcal für die Kilo-calorie, die Behauptung, daß es nur bis 600° brauchbare Quecksilberthermometer gäbe.

Im allgemeinen aber kann man das Büchlein jedem, der sich über das Phänomen der Verbrennung in seinen verschiedenen Variationen unterrichten will, wohl empfehlen.

MAX JAKOB, Berlin.

Zuschriften.

Der Herausgeber hält sich für die Zuschriften nicht für verantwortlich.

Zur Frage der Abstammung der Aktiniumreihe.

Bekanntlich ist es noch unentschieden, ob das Protactinium, die Muttersubstanz des Actiniums, vom Uran I oder Uran II abzweigt. In ihren kürz-

lichen „Bemerkungen zur Isotopie der Elemente“ (diese Zeitschr. S. 719) hat nun Frl. MEITNER darauf hingewiesen, daß auf Grund der von ihr in dieser Zeitschrift aufgestellten Beziehungen zwischen der Lebensdauer und der Art der Strahlung isotoper

Elemente im obigen Falle die Abzweigung von Uran II die wahrscheinlichere sei. Die hier in Frage kommende Beziehung lautet nämlich: Wenn das stabilste Element einer Isotopenreihe, d. h. das Element mit der größten Lebensdauer, ein mittleres Atomgewicht besitzt, so geht der Zerfall der schwereren Elemente der Reihe unter Abspaltung eines β -Teilchens, der der leichteren unter Abspaltung eines α -Teilchens vor sich.

Frl. MEITNER wendet nun diesen Satz auf das Protactinium und seine beiden Isotopen, Uran X_2 und Uran Z, an, die beide das Atomgewicht 234 haben und beide β -Strahler sind, und schließt daraus, daß das Protactinium α -Strahler ist, daß das Atomgewicht dieses letzteren Elementes kleiner als das der ersteren sein und daher das Protactinium vom Uran II abstammen müsse.

Der Zweck dieser Zeilen ist nun, darauf hinzuweisen, daß, wenn man die genannte Beziehung nicht auf das Protactinium sondern auf seine Muttersubstanz,

das Uran Y, anwendet, man gerade umgekehrt zu dem Ergebnis kommt, daß dieses und also auch das Protactinium selbst vom Uran I abstammen muß.

Das stabilste Element der Isotopenreihe des Uran Y ist nämlich das Thorium mit dem Atomgewicht 232, und da nun das Thorium α -Strahler und das Uran Y β -Strahler ist, so muß nach der genannten Regel das Atomgewicht des Uran Y größer als 232 sein, und als Muttersubstanz desselben kann also danach, wenn es aus einem der beiden Urane durch α -Strahlung entstehen soll, nur das Uran I in Frage kommen.

Frl. MEITNER sagt allerdings selbst, daß das Uran Y aus ihrer Regel herausfällt; indessen gilt dies doch nur, wenn man von vornherein annimmt, daß dasselbe vom Uran II abzweigt, nicht aber, wenn als Muttersubstanz das Uran I angenommen wird.

Hamburg, Physikal. Institut der Universität, im Juli 1926. B. WALTER.

Biologische Mitteilungen.

Verdaunungsphysiologische Studien an Holothurien.

(H. A. P. C. OOMEN, Pubbl. Staz. Napoli 7, 215—297.) Die ausführliche Arbeit OOMENS über die Verdaunungsphysiologie der beiden Holothurienarten *Holothuria stellati* und *Holothuria tubulosa* zeigt, wie glücklich sich biologische, morphologische und chemische Methoden bei vergleichend physiologischen Untersuchungen an niederen Tieren ergänzen. Der Verf. stellt seine Versuche an, um die Verdaunungsphysiologie der Echinodermen zu klären. Die 30—60 cm langen Seewalzen leben auf sandigem Grund in der Nähe von Algen. Ihre gesamte Lebensäußerung besteht im Nahrungssammeln und Atemwassererneuern. Es kommt ihnen aber die Fähigkeit zu, Sand und Nahrungsreste zu unterscheiden. Als Darminhalt fand der Verf. gleicherweise pflanzliche wie tierische Reste. Der Darmtrakt gliedert sich in Schlund, Kropf, Magen, Darm und Kloake. Besondere Bedeutung kommt den Darmgefäßen zu, die zwei Geflechte, ein ventrales und ein dorsales in der Umgebung des Darmes bilden. Der Darm selbst ist frei von Gefäßen, er steht nur durch Lakunen mit der Umgebung in Verbindung. Das dorsale Geflecht, das sog. Wundernetz, zeigt einen hochkomplizierten Bau und besondere physiologische Bedeutung. Es stellt das Zentrum für die bei Echinodermen äußerst zahlreichen Amöbocyten dar, die im übrigen noch einen Belag des Magens bilden und in der Umgebung der Kiemen sehr zahlreich sind. OOMEN kommt zu der bemerkenswerten Überzeugung, daß das Wundernetz Entstehungsort der Fermente ist, die Amöbocyten sich dort mit „Fermentkörnchen“ beladen und diese nach dem Magen transportieren; im Magen lösen sich die Körner auf und es resultiert der braun bis honiggelb gefärbte Verdauungssaft. Diese Annahme, die sich nach des Autors eigenen Worten leider nicht exakt beweisen läßt, stimmt überein mit der früheren Vermutung ENRIQUES, der im Wundernetz ein Analog zur Mitteldarmdrüse der Mollusken sah.

Der Magensaft scheint bactericide Wirkung zu haben. Sein p_H liegt, wenn frisch untersucht, bei 5,1 bis 5,6 (p_H des Seewassers 8,1—8,2), seine Gefrierpunktserniedrigung beträgt 2,13—2,21° (Seewasser 2,26—2,28°). Die relative Oberflächenspannung ist gegenüber der des Seewassers stark erhöht, seine Viskosität ist infolge Beimengung von Schleim etwas größer als die des Seewassers. Eiweiß und Kohlenhydrat fehlen im Saft, pentoseartige Stoffe sind vielleicht anwesend.

Harn- und Milchsäure sollen „in deutlichen Mengen“ fehlen. Cl-Gehalt 88,1% des Seewassers. Wirksames Ferment ist nur in geringer Menge anwesend. Entsprechend der kontinuierlichen Nahrungsaufnahme fehlt der Saft in normal ernährten Tieren nie. Im Hungertier schwindet er endgültig und vollkommen. Er wird durch Seewasser ersetzt. Ständig sind im Mageninhalt Phagocyten anwesend.

Proteasen wurden festgestellt im Extrakt aus Wundernetz und Magenwand sowie in der Verdauungsflüssigkeit. Am stärksten wirkt Extrakt aus der Magenwand. Gelatine wird gegenüber Fibrin, Natriumkaseinat und Wittepepton bei neutraler Reaktion nur sehr unvollkommen gespalten. Das Temperaturoptimum für Wittepeptonspaltung liegt bei 40,5°. Ein p_H -Optimum ließ sich nicht feststellen. Die Spaltung gelang sowohl bei p_H 2,8 wie p_H 9,2, mit steigender Wirksamkeit nach der alkalischen Seite. Bei der Spaltung resultieren Polypeptide und Aminosäuren. Neben der Protease fand der Verf. eine Tyrosinase, deren Wirksamkeit nur im p_H -Bereich 4,4—8,2 lag.

Amylase und Invertase sind enthalten in Magenwand, Darmwand, Wundernetz und im Verdauungssaft. Am wirksamsten erwies sich wieder Extrakt aus der Magenwand. Lösliche Stärke, Glykogen, Saccharose und Maltose wurden verdaut. Raffinose und Lactose wurden nicht angegriffen. Temperaturoptimum 37°, bei 57° ist die Invertase schon zerstört, die Amylase stark gehemmt. p_H -Optimum der Invertase bei 6,6, das der Amylase bei 5,6—6,6. Nach 75 Stunden beträgt die Spaltung von Stärke bei 34° in 2proz. Lösung 45%. Glykogen wird langsamer und weniger komplett gespalten.

Esterasen fand der Verf. in der Magenwand, im Wundernetz und in der Verdauungsflüssigkeit.

Eine Resorption von Seewasser findet im lebensfrischen Darm nicht statt. Bei osmotischem Gefälle treten während 6stündiger Versuchsdauer weder nach innen noch nach außen Chloride über. Wasser permeiert unter diesen Umständen. Glucose, Harnstoff, Methylenblau und Trypanblau treten nicht durch die Darmwand, geschädigtes Epithel wird in beiden Richtungen sowohl von Glucose als von Chloriden passiert.

Diese Erscheinungen sind an sich abnorm, sie scheinen auch im Widerspruch zu der Tatsache zu stehen, daß der Darminhalt des Kropfes ärmer an Glucose ist als der des Enddarmes. Sie finden ihre

Erklärung darin, daß nicht das Darmepithel, sondern die Amöbocyten den Stoffaustausch bewirken. Im überlebenden Darm transportieren sie z. B. Methylenblau aus dem Mageninhalt durch die Magenspalten in die Gefäße. Auch aus dem umgebenden Seewasser sollen die Amöbocyten Farbstoffe und Milch in das Innere der Holothurien schaffen. Größere feste Körper (Plankton) konnten nicht im Innern der Amöbocyten festgestellt werden. Ob die Wanderzellen für einen Nahrungserwerb im PÜTTERSchen Sinn sorgen können, läßt der Verf. unentschieden. R. BEUTLER.

Self-Fertility in Ciona in Relation to Cross-Fertility. (T. H. MORGAN, Journ. of exp. Zoology 40. 1924.) Die Seescheide Ciona ist hermaphroditisch, jedes Individuum besitzt Eierstock und Hoden. MORGAN hat früher gezeigt, daß Ciona selbststeril ist, d. h. daß die Eier eines Tieres nicht von den Spermien des gleichen Tieres befruchtet werden. Allerdings gilt das nicht uneingeschränkt, da FUCHS für die Neapler Form Selbstbefruchtung als häufige Erscheinung nachweisen konnte. Man muß also in dieser Beziehung differente Rassen unterscheiden. MORGAN hat schon früher gefunden, daß nach Entfernung der Eimembran die Eier von den Spermien des gleichen Individuums so gut befruchtet werden wie von denen anderer; es herrscht also keine Unverträglichkeit zwischen dem Ei selbst und dem Spermium des gleichen Tieres, sondern die Blockwirkung muß von der Membran oder ihren Sekreten verursacht sein. Ferner hat MORGAN in früheren Experimenten gefunden, daß die Follikelzellenschicht, die das Ei umgibt, kein Hindernis bildet und daß das Sperma auch durch die Membran hindurch in den perivitellinen Raum zwischen Ei und Membran eindringen kann. In der perivitellinen Flüssigkeit, in der als unregelmäßige Schicht die sog. Testazellen liegen, muß die Blockwirkung sich geltend machen, indem das Sperma aufgehalten oder seine Aktivität so herabgesetzt wird, daß es unfähig ist, sich mit dem Ei zu vereinigen.

In der vorliegenden Arbeit sucht MORGAN nach der Möglichkeit einer vererbungswissenschaftlichen Interpretation der Beziehung von Selbststerilität zu Fremdbefruchtung. Da Ciona hermaphroditisch ist, müssen wir voraussetzen, daß alle Keimzellen vor den beiden Reifungsteilungen die gleiche genetische Grundlage haben; das gleiche gilt für die somatischen Zellen einschließlich der Testazellen, für die man somatischen Ursprung annimmt. Sollte die Blockwirkung von den Testazellen ausgehen, so scheint eine genetische Lösung der Frage nach dem eben Gesagten unmöglich.

Wenn überhaupt, dann dringt das Sperma in das Ei ein, bevor die beiden Richtungskörper ausgestoßen werden; ein Zusammenhang der Reifungsteilungen des Eies mit der Selbststerilität kann also nicht angenommen werden.

Vom genetischen Gesichtspunkt aus könnte man annehmen, daß eine solche selbststerile Rasse homozygot für einen oder mehrere Faktoren für Selbststerilität ist, aber das würde nur dann mehr sein als eine andere Formulierung der Beobachtungstatsachen, wenn eine andere nicht selbststerile Rasse gefunden würde und bei Kreuzung der beiden in F_2 beide Arten von Individuen auftreten würden. In physiologischem Sinne bedeutet die Feststellung, daß jedes Individuum von Ciona selbststeril ist, daß keine Selbstbefruchtung stattfindet, wenn Eier und Sperma sich unter dem glei-

chen genetischen Komplex entwickelt haben. Es folgt daraus, daß alle Individuen mit dem gleichen genetischen Komplex nicht nur selbststeril, sondern auch fremdsteril sein müssen. Wie häufig solche Individuen zu finden sind, hängt davon ab, wie viele verschiedene Faktoren in einer gegebenen Rasse anwesend sind; das ist für Ciona bisher nicht bekannt. An Pflanzen ist diese Hypothese geprüft worden und die Ergebnisse stimmen mit ihr überein (CORRENS an der selbststerilen Cardamine pratense, EAST an selbststerilem Tabak). MORGAN hält es für möglich, daß bei Ciona ein Fall multipler Faktoren vorliegt.

WALTER LANDAUER.

Mitteilung über parasitische Zwergmännchen bei Tiefseefischen. (Dana-Expedition.) Zwergmännchen, die, als Ektoparasiten an den Weibchen hängend, ihr Leben verbringen, sind unter den Wirbeltieren eine so auffallende, ja unwahrscheinliche Erscheinung, daß jede neue Mitteilung darüber allgemeines Interesse erregen dürfte. Sie findet sich bei den Ceratiiden, einer Familie von Tiefseefischen, die auch sonst, namentlich durch den als „Angel“ ausgebildeten und an der Spitze ein Leuchtorgan tragenden ersten Stachel der Rückenflosse merkwürdig sind. Der bekannte Ichthyologe C. TATE REGAN vom Britischen Museum, dem wir überhaupt die Aufklärung über diese eigentümlichen Geschlechtsbeziehungen verdanken, bringt neuerdings nähere Angaben über sie (The Danish „Dana“-Expeditions 1920–1922. Oceanographical Reports No. 2). Die Männchen erreichen nur ein Zehntel bis ein Sechstel der Größe der Weibchen und haben infolge der parasitischen Lebensweise „Angel“ und Zähne verloren. Auch ist ihr Darm sehr stark rückgebildet, so daß die Leibeshöhle des Abdomens fast ganz von den stark entwickelten Hoden ausgefüllt wird. Die Festheftung geschieht durch Auswüchse der Ober- und Unterlippe an der Kopfspitze; diese vereinigen sich zu einem dicken Ringwulst dunkelpigmentierten Gewebes, welcher eine Hautpapille des Weibchens umfaßt und mit dieser verwächst. Die Vereinigung ist so innig, daß die beiderseitigen Blutgefäßsysteme in Verbindung treten, und das Männchen durch das Weibchen ernährt wird, wie ein Säugetierembryo von der Mutter. Doch erhält das Männchen nur die Nährstoffe des weiblichen Blutes. Für seinen Sauerstoffbedarf sorgt es selbst, da Herz und Kiemen wohl entwickelt sind. Den Grund der eigentümlichen Einrichtung sieht REGAN in der Schwierigkeit, für die kleinen und wenig aktiven Männchen Beute zu erlangen und in den dunklen Meerestiefen die Weibchen aufzufinden. Indem sie schon als Jungfische sich an diesen festheften, sich von ihnen ernähren lassen und so wohlversorgt die Reifung der Hoden abwarten können, ist diese Schwierigkeit in der Tat überwunden. Da freischwimmende Männchen der drei Arten, bei denen der Parasitismus festgestellt wurde, bisher nie erbeutet wurden, ist es wahrscheinlich, daß alle männlichen Individuen, denen die Festheftung an einem Weibchen nicht gelingt, zugrunde gehen. Doch erwägt REGAN auch die andere Möglichkeit, daß von den Jungfischen überhaupt alle, die Gelegenheit haben, sich an einem erwachsenen Weibchen festzuheften, zu männlichen, alle anderen zu weiblichen Tieren heranwachsen, was eine interessante Parallele zu den von BALTZER aufgeklärten Geschlechtsbeziehungen bei dem marinen Wurm *Bonellia viridis* wäre. J. GROSS.

Weitere Forschungen über die Milzfunktion¹⁾.

VON JOSEPH BARCROFT, C.B.E., F.R.S. Cambridge (England).

Vor 15 Monaten habe ich in Manchester als vorläufige Mitteilung (1) einige Ansichten über die Milzfunktion vorgetragen, die alt und neu zugleich waren: neu, weil sie in der damals umlaufenden Literatur und Lehrmeinung nicht in Erscheinung traten, alt, weil sie schon in den Worten HENRY GRAYS (2) von 1854 aufgefunden werden können. Diese Worte lauten folgendermaßen:

„Die Funktion der Milz ist die Regulierung der Menge und der Beschaffenheit des Blutes . . . Der beste Beweis für uns ist, daß die Milz tatsächlich unter gewissen Umständen einen verschiedenen Blutgehalt aufweisen kann, und daß diese Blutmenge genügt, um unseren Schluß zu rechtfertigen, daß dieses Organ zu ihrer Regulierung dient.“

Ich werde den Faden meines Berichtes, wie Sie es von mir erwarten werden, da wieder aufnehmen, wo ich ihn fallen ließ und kurz berichten, was 15 Monate Arbeit unseren damaligen Kenntnissen hinzugefügt haben.

Größe der Milz unter verschiedenen Umständen vor und nach dem Tode.

Der wichtigste Punkt war damals, ein Urteil darüber zu bekommen, ob die Milzgröße beim unversehrten und normalen Individuum der beim gleichen Individuum nach dem Tode festgestellten vergleichbar sei. Die Gründe für diese Fragestellung waren folgende. Es bestand guter Grund für die Annahme, daß die Milz sich kontrahieren und unter körperlichen Anforderungen rote Blutkörperchen aus ihrer Pulpa in die Zirkulation werfen könnte, aber die Milz erschien wiederum zu klein, um dieses Phänomen nicht als unbedeutend und unwichtig erscheinen zu lassen. Es schien sozusagen mehr eine „Eigenheit“ der Milz, denn eine „Funktion“ dieses Organs. Ein paar Experimente haben jedoch genügt, um zu beweisen, daß die Milzgröße nach dem Tode nur noch ein Drittel bis ein Viertel der lebenden war. Natürlich ergaben sich hieraus eine Anzahl neuer Fragen: 1. Inwieweit handelte es sich hierbei um besondere für die beiden vorliegenden Experimente zutreffende oder um allgemeine Verhältnisse? 2. Vorausgesetzt, daß die Schrumpfung wirklich durch die Austreibung von Blutbestandteilen in die allgemeine Zirkulation hervorgerufen war, welcher Art waren diese Blutbestandteile? War z. B. das herausgetriebene Material wirklich einfach Blut? oder 3. überwogen darin Blutkörperchen oder Plasma? 4. Waren es normale rote Blutkörperchen oder be-

sondere, auf irgendeine Weise von den Blutkörperchen des Kreislaufes unterscheidbare?

An die Beantwortung dieser Fragen möchte ich nun herantreten.

1. Die erste Besonderheit sozusagen dieser Experimente war, daß sie beide an Katzen gemacht waren. Ist das Phänomen auf Katzen beschränkt oder ist es allen höheren Tieren eigentümlich? Die Experimente wurden mit der gleichen Methodik, wie bei der Katze, auch an Hund und Affen durchgeführt. Das Hundexperiment ergab ein fast noch überzeugenderes Ergebnis wie das bei der Katze. Am Hund wurde die durch die Blutentziehung und durch körperliche Bewegung hervorgerufene Schrumpfung studiert, mit folgendem Ergebnis bezüglich der Blutentziehung:

Fortgesetzte Blutentziehungen.

A = Gesamtblutverlust des Hundes;

B = Gesamtblutverlust der Milz.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
A.	20	40	68	133	200	220 ccm
B.	5	25	39	44	50	52 ccm

Die Experimente am Affen verliefen entgegengesetzt, und unsere bisher gebrauchte Methode zeigte nur eine unbedeutende Veränderung der Milzgröße. Die Experimente deckten eine Schwäche in dem Verfahren auf. Die Affenmilzen — oder ich will lieber sagen, die Milzen unserer beiden Affen — sind unebene vierseitige Pyramiden, deren Flächen gleichseitige Dreiecke vorstellen. Wir brachten Metallklammern an 3 von 4 Ecken an — die vierte ist der Hilus — und wir machten dann Röntgenbilder der Milz, sobald sich der Affe von der Operation erholt hatte. Wir beurteilten dann die Milzgröße nach der Stellung der Klammern. Nun aber ist es klar, daß die Milz sich aus einem Tetraeder in eine Kugel verwandeln kann, ohne daß die Stellung der Klammern sich verschiebt. Dennoch kann sich das Volum der Milz dabei auf etwa das Achtfache vermehren.

Diese Überlegung beweist eine Schwäche unserer angewendeten Technik. Teils deswegen und teilweise auch, weil wir die beschriebenen Wirkungen tatsächlich sehen wollten, statt sie nur abzuleiten, schien es wünschenswert, unsere Röntgenmeßtechnik so zu ergänzen, daß die Milz wirklich sichtbar wurde. Mr. J. G. STEPHENS und ich selbst haben daher eine Serie von Experimenten durchgeführt, bei denen die Milz durch ein Celluloidfenster beobachtet werden konnte. Die erste Gelegenheit, bei der wir einige Beobachtungen machen konnten, bot uns eine Katze, in deren Seite von Dr. FLOREY und Mr. STEPHENS ein Fenster für einen anderen Zweck angebracht war. Nach einigen Vorstudien entschlossen wir uns,

¹⁾ Vorlesung vor der Medizinischen Gesellschaft der Leeds-Universität am 9. März 1926. Lancet, den 13. März 1922, S. 544. — Übersetzt von Professor Dr. VICTOR SCHILLING, Berlin.

weiterhin die Operation so zu gestalten, daß die Milz aus dem Abdomen herausverlegt wurde. Wir schnitten daher so viel vom Fell und von *M. obliquus inferior* fort, wie für das Fenster notwendig war, und machten einen Schlitz in den Muskel und die Bauchwandteile darunter. Dann zogen wir die Milz durch den Schlitz, nähten die Stümpfe des *Obliquus* unterhalb der Milz lose zusammen, so daß das Organ nicht in die Leibeshöhle zurückgleiten konnte, und setzten das Fenster ein. Die Wunde heilte und schloß das Abdomen wieder ab. Ein derartiges Versuchstier kann wahrscheinlich beliebig lange am Leben erhalten werden, aber wir ließen keines länger als 14 Tage leben. Die Milz wird bald schlecht sichtbar durch die Entwicklung eines bindegewebigen Überzuges. In den weiteren Versuchen richteten wir das Fenster zum Öffnen und zum Reinigen der Milz ein.

Mit einer derartigen Vorbereitung ist es nicht nur sehr leicht, die Umrisse der Milz abzuzeichnen, sondern auch zu beurteilen, in welchem Grade sie aufgeschwollen ist, und gerade in letzter Beziehung hat das Verfahren zu lehrreichen Ergebnissen geführt. Die Milz der toten Katze ist, schlechthin gesagt, flach, aber uneben und an den Rändern gekerbt. Die Oberfläche der Milz der lebenden Katze bietet einen völlig abweichenden Anblick. Das Organ ähnelt einer prallen Wurst, da es mehr elliptisch als dreieckig von Schnittfläche ist. Die Oberfläche ist ganz glatt.

Diese Experimente führten zu einer vollen Bestätigung der Versuchsserien, die wir bezüglich der Kontraktion der Milz während Bewegung, Blutentziehung und Tod mit Röntgenstrahlen ausgeführt hatten.

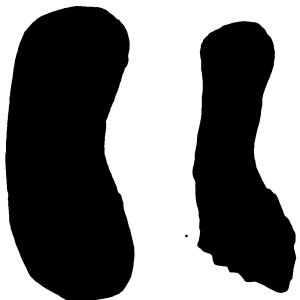


Fig. 1. Ruhe. Bewegung.

Fig. 1 zeigt die relative Größe der Milz einer Katze in der Ruhe und nach einer mäßigen Bewegung in einer Tretmühle. Die Milz schrumpft um $\frac{2}{3}$ ihrer Oberfläche, entsprechend bis zur Hälfte ihres Rauminhaltes. Außerdem ist ihre wurstartige Gestalt durch eine mehr eckige ersetzt.

Fig. 2 zeigt einen Vergleich zwischen der lebenden und der toten Milz. Der weiße Raum bedeutet ein Stück Papier, das dem Abriß der Milz auf dem Celluloidfenster entspricht, solange die Katze in der Ruhe ist; nach dem Tode durch Verbluten wurde die wirkliche Milz herausgenommen und auf dem Papier photographiert. In diesem Falle ist der

Rauminhalt der toten Milz etwa $\frac{1}{3}$ des lebenden Organes beim ruhenden Tiere.

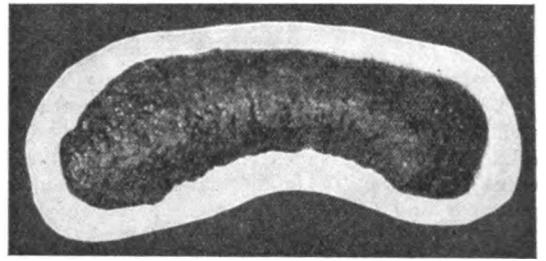


Fig. 2. Zeigt einen Vergleich zwischen der lebenden und der toten Milz der Katze.

Das Studium des Blutes, das die Milz verläßt.

2. Um Kenntnis von der Natur des Materiales zu bekommen, das die Milz verläßt, haben die Untersucher seit Jahren das Milzvenenblut studiert. Sie haben dabei veränderliche und größtenteils negative Resultate erzielt, indem sie entweder einen geringen oder gar keinen Unterschied zwischen dem Milzvenen- und dem kreisenden Blute fanden. Sieht man mit unseren heutigen Kenntnissen auf diese Untersuchungen zurück, so entbehren sie nicht einer leichten Tragik. Ebenso gut kann man über die heutigen Einwohner Ägyptens oder noch besser über den derzeitigen Residenten in Kairo sich ein Urteil bilden, indem man eine sorgfältige Untersuchung der Passagiere der den Kanal verlassenden Dampfer anstellt. Da ja ein Tier 2 Stunden lang Kohlenoxyd atmen kann, ohne daß eine Spur des Gases in dem Hämoglobin der Milzpulpa erscheint, so folgt daraus, daß das Blut, das während all dieser Zeit aus der Milzvene ausströmt, gewissermaßen „kurzgeschlossen“ ist und eine Art Nebenweg benutzt.

Die physiologischen Tatsachen werden verständlich, wenn das Blut einen zwiefachen Weg durch die Milz wählen kann, wie ihn das folgende Schema andeutet. Wie sich allerdings eine solche rein für die Verständlichmachung der funktionellen Möglichkeiten des Durchganges entworfenen Skizze mit den anatomischen Einzelheiten verträgt, möchte ich zunächst dahingestellt sein lassen.

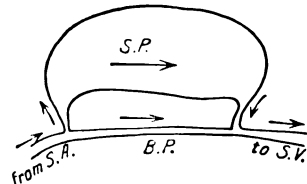


Fig. 3. S.A. = Milzarterie; S.V. = Milzvene; B.P. = Nebenweg; S.P. = Milzpulpa. (Die Skizze ist rein schematisch und berücksichtigt in keiner Weise die wirkliche Form der Pulpagrenzen.)

Um das Blut von der Milzpulpa in einem möglichst reinen Zustande zu erhalten, muß man die

Milzarterie (S.A.) abklemmen, dann den Milznerven reizen, der dann das Blut aus der Pulpa (S.P.) nach der Milzvene zu austreibt (S.V.). Die Reizung des Milznerven löst eine sehr langsame Aktion aus, da 8 Minuten bei der Katze vergehen, ehe die größtmögliche Blutmenge ausgetrieben ist. Sie kommt auch nicht gleichmäßig heraus. Insgesamt wurden aus einer Milz, die schließlich 6 g wog, 13 ccm Material herausgetrieben.

Vermehrter Erythrocyten- und Hämoglobingehalt des ausströmenden Milzblutes.

3. Das Material, das unter solchen Bedingungen aus der Milz hervorgeht, unterscheidet sich bei der Untersuchung deutlich von dem zirkulierenden Blute. Der größte Unterschied wurde in der relativen Zahl der roten Blutkörper gegenüber dem kreisenden Blute gefunden. Wenn man das Milzblut in aufeinanderfolgenden Teilportionen (3) sammelt, immer etwa 1 ccm, und diese Teile getrennt untersucht, so findet man eine Schwankung der Erythrocytenzahl von Kubikzentimeter zu Kubikzentimeter, und es wird ein Maximum etwa für den zweiten oder dritten Kubikzentimeter des Ausgetriebenen erreicht. Gleiches gilt für den genauer studierten Hämoglobingehalt. Das Maximum des Hb-Gehaltes betrug etwa 140% des kreisenden Blutes; 115% im Durchschnitt. Es entsprechen also, wie leicht einzusehen ist, 13,6 ccm des ausgetriebenen Materials etwa 15,6 ccm Blut.

Verminderte Resistenz der Blutkörperchen, die aus der Milz ausströmen.

4. Wir kommen jetzt zu der Frage, ob die Blutkörperchen des ausgetriebenen Materials gleichartig mit den kreisenden sind: Die histologische Untersuchung deckte keine Unterschiede auf. Keine unreifen Formen wurden beobachtet. Die Resistenzbestimmung, die ORAHOVAT (4) vornahm, deckte aber einige höchst interessante Tatsachen auf.

Fig. 4 bzw. die Kurven A und B bezeichnen die Resistenz des Milzpulpaablates und die des

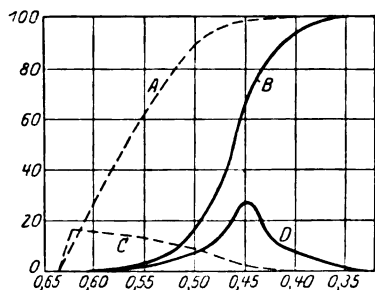


Fig. 4.

- | | |
|---|---|
| A = Prozente der Blutkörperchen aus der Milzpulpa | } hämolytisch durch abgestufte Salzlösung |
| B = Prozente der Blutkörperchen aus der Zirkulation | |
| C = Prozente der Blutkörperchen aus der Milzpulpa | } bei Zunahme der Salzkonzentration um je 0,05% |
| D = Prozente der Blutkörperchen aus der Zirkulation | |

kreisenden Blutes in einem bestimmten Versuch. Ich möchte besonders betonen, daß dieser derjenige mit der stärksten Differenz war. Aber sechs aufeinanderfolgende Versuche ergaben die gleiche Richtung in den Ergebnissen. Im Durchschnitt war die Differenz etwa $\frac{2}{3}$ des hier mitgeteilten Versuches, und sie war immer noch ein Viertel bis ein Drittel des obigen in dem Versuch, der das am wenigsten eindeutige Ergebnis zeitigte. Es war also in allen Fällen die Differenz ganz gut ausgesprochen. Wir wurden durch eine Arbeit von PEARCE, KRUMBHAAR und FRAZIER über die Milz veranlaßt, auf die Resistenz besonders einzugehen. ORAHOVAT bestätigte die Hauptresultate bezüglich der Wirkung von Splenektomie auf die Resistenzveränderung. Wir empfehlen dem Leser die Arbeit KRUMBHAARS in der laufenden Nummer der *Physiol. review*.

Es ist schon nachgewiesen worden, daß nicht alle Erythrocyten des kreisenden Blutes den gleichen Resistenzgrad gegen hypotonische Kochsalzlösung aufweisen. BRINKMAN (5) hat sie in 3 Gruppen geteilt, die ich Klasse I, Klasse II und Klasse III nennen werde. Die Mehrheit bildet die Klasse II, deren Resistenz sich nur wenig von der durchschnittlichen unterscheidet, der Rest die kleineren Klassen I und III, von denen jede nur einen kleinen Teil der Blutkörper umfaßt, die sich aber beträchtlich von in der Resistenz unterscheiden: I. die resistenteren, III. die weniger resistenten wie der Durchschnitt.

Fig. 4, Kurve B, zeigt die Prozentzahlen der gelösten Blutkörperchen entsprechend den Konzentrationen der Salzlösungen und gibt eine Vorstellung von der Zusammensetzung der 3 Klassen BRINKMANS. In dem vorliegenden Blute entspricht die Klasse I etwa den unter 0,42proz. Salzlösung aufgelösten Körperchen, etwa 10% der Gesamtzahl, die Klasse III den Körperchen, die noch in konzentrierter Lösung wie 0,52% gelöst werden, ebenso etwa 10% des Ganzen; der Rest von 80% ist die Klasse II.

Auscheinlich beweist die BRINKMANSche Klassifikation nicht mehr, als daß die Blutkörperchenresistenz eine ähnliche relative Verteilung gegenüber der für die Hämolyse benötigten Reihe von Salzlösungen hat, wie sie die meisten ähnlichen Phänomene besitzen (s. Kurve D); wir wollen indessen die zutreffende Klassifikation beibehalten. Die Ergebnisse der 6 Versuche ORAHOVATS sind in BRINKMANS Ausdrucksweise etwa folgende. Die Körperchen der Klasse I werden im Milzpulpaablat gleichmäßig löslicher wie in dem kreisenden Blute. Ähnlich sind die Körperchen der Klasse II aus der Milzpulpa gleichmäßig löslicher wie die der gleichen Klasse in der Zirkulation, während Körperchen der Klasse III in der Pulpa nicht vorhanden sind. Es ergibt sich der Eindruck, daß eine Grenze der Resistenz besteht, die nicht überschritten werden kann, woher auch immer das Blut stammt, daß aber, während die Milzpulpaerythrocyten dieser Grenze sehr nahe stehen, die Mehrzahl

der Blutkörperchen der Zirkulation sich einer beträchtlichen Sicherheitszone bis zu ihr erfreuen.

Wenn man statt der hypotonischen Kochsalzlösung Saponin als hämolysierendes Mittel gebraucht, finden wir, daß sich die Milzpulpakörperchen weniger leicht lösen wie die der Peripherie. Das Phänomen der Blutkörperchen, die anormal löslich für hypotonische Kochsalzlösung und anormal resistent gegen Saponinlösung sind, ist nicht neu. Es ist von RYWOSCH (6) zum Gegenstand einer Untersuchung gemacht worden; er schreibt es dem Mangel von Phosphor in den Körperchen zu. Es scheint hier also ein ausgesprochenes Phänomen vorzuliegen, insofern die Milzpulpaflüssigkeit reicher an Erythrocyten als die Zirkulation ist, auch diese Blutkörperchen im ganzen verschieden sind und diese Verschiedenheit mit einem ausgesprochenen chemischen Mangel verknüpft zu sein scheint.

Es ist zu früh, irgendwelche Feststellungen über die physiologische Wichtigkeit dieses Unterschiedes zu machen, etwa, ob es vorteilhaft für den Körper ist, daß Blutkörperchen von einer besonderen Eigenart außerhalb der Zirkulation gespeichert und dort in Reserve gehalten werden. Man wird Körperchen mit solchen besonderen Eigenschaften für die ältesten halten, aber der Beweis ist noch nicht überzeugend, und wir forschen weiter, ob es der Fall ist.

Erklärung der verminderten Resistenz.

Einige Überlegungen sollen indessen über den Mechanismus angestellt werden, durch den die Milz diesen Zustrom von Körperchen der Klasse III erhält. Zunächst bieten sich 2 Auslegungen von selbst: 1. Die erste ist die, daß die Resistenz (es wird fortan nur von Kochsalzresistenz gesprochen) der Körperchen während ihres Aufenthaltes in der Pulpa vermindert wird. 2. Die zweite ist die, daß die allgemein löslichsten Körperchen in der Milzpulpa eingefangen werden, die dadurch wie eine Art besonderer Filter wirkt.

Die erste dieser Ansichten läuft in der gegebenen Form den Tatsachen sowohl der Theorie wie des Versuches zuwider. Vom theoretischen Standpunkte aus kann man die Kurve *B* (Fig. 4) umschreiben in die Form der Kurve *D*, die den Prozentsatz der zwischen aufeinanderfolgenden Konzentrationen von 0,05proz. Salzlösung gelösten Blutkörperchen wiedergibt. Wenn nun eine gleichmäßige Verminderung der Resistenz eines jeden Körperchens durch irgendein Reagens der Milzpulpa statthätte, müßte man allein eine Verschiebung der Kurve erhalten; und selbst wenn man eine ungleichmäßige, wenn auch in gleicher Richtung erfolgende Einwirkung des Reagens vermutete, würde man nur eine Verschiebung erhalten, die mit einer Streckung oder Zusammenziehung der Kurve gepaart wäre, aber keine dieser Vorstellungen entspricht dem wirklichen Bilde.

Die tatsächliche Veränderung ergibt sich aus Fig. 4, *D* gegenüber *C*. Diese kommt dem näher, was eintreten müßte, wenn mit der fortschreitenden

Verminderung der Resistenz verbunden wäre, daß alle Blutkörperchen von geringerer Resistenz als 0,64% Kochsalz zu existieren aufhörten. Diese Figur ähnelt derjenigen, die entstehen würde, wenn Kurve *D* seitlich gestreckt und dann die löslichere Hälfte abgeschnitten würde. Solch eine Kurve würde eine sehr starke Zerstörung von Körperchen bedeuten, denn wenn die Milzpulpa 10 ccm Blutkörperchen enthält, würde die Folge sein, daß 10 ccm oder ein Teil von ihnen zerstört würde. Obgleich diese Theorie zunächst anziehend ist, erfordert sie doch einen zu großen Bedarf an Blutkörperchen.

Gehen wir also zur zweiten Möglichkeit über, daß die Milz ein Filter sei. Eine solche Kurve wie *C* könnte nicht aus *D* abgeleitet werden, wenn lediglich ein Prozeß der Filtrierung für alle Körperchen wirkte, die einer gewissen Resistenz entsprechen, aber diese Kurve *C* wurde sich ergeben, wenn die Aussicht, abgefiltert zu werden, sich für jedes Körperchen sehr schnell mit seiner Resistenzverminderung vermehrte. Natürlich wird nicht angenommen, daß nur Resistenzverminderung die Körperchen geeigneter macht, in der Milzpulpa aufgehalten zu werden; es ist möglich, daß diese Hand in Hand geht mit anderen Eigenschaften, wie Starre oder Klebrigkeit, die diese Wirkung auslösen würden.

ORAOVATS hat experimentell versucht, zwischen den strittigen Fragen der „verminderten Resistenz und Zerstörung“ und der „differentiellen Filtration“ nach folgenden Gesichtspunkten zu unterscheiden. Man muß annehmen, daß der Prozeß, wenn die Blutkörperchen in der Pulpa löslicher und daher zerstört würden, einige Zeit in Anspruch nehmen würde, und daß, je länger die Körperchen in der Milz wären, sie um so löslicher werden müßten. Andererseits würden die Körperchen, wenn lediglich eine Filtration vorliegen würde, sich in der Milzpulpa im Augenblick ihrer Ankunft gerade so sehr von den kreisenden Erythrocyten unterscheiden, wie nach einem längeren Zeitraume. ORAOVATS konnte keinen Unterschied der Resistenz mit der Dauer des Aufenthaltes in der Pulpa für die Blutkörperchen auffinden. Die Milz braucht nach der Entleerung durch Reizung der Milznerven einige Minuten, um sich wieder zu erweitern und sich wieder zu füllen, aber am Ende dieser Zeit sind die Blutkörperchen schon ebenso resistent, wie sie es nach einigen Stunden Aufenthalt dort sind, wenn die Milz durch Durchschneidung des Nerven immobilisiert wird. Wenn daher die Körperchen in ihrer Resistenz in der Pulpa durch ein Reagens bis zur Auflösung vermindert werden sollten, müßte diese Wirkung sehr rasch erfolgen.

Der Mechanismus der Milzerweiterung.

Die hier so weitläufig berichtete Arbeit hat sich hinreichend mit der Milzkontraktion beschäftigt. Die Milzerweiterung hat erst gerade angefangen, unsere Aufmerksamkeit in Anspruch zu nehmen.

Der Mechanismus, durch den eine starke Ausdehnung erzielt wird, ist noch recht dunkel. Wichtig zu erinnern ist, daß die Milz mit ihrem Sinus besonders geeignet erscheint für eine Ausdehnung durch den Druck des Blutes in ihr. Dem Druck entgegen arbeiten dort 1. der Zug der elastischen Fasern in der Milz; 2. der Tonus der Muskulatur.

Sicherlich gibt es bei der Erweiterung der Milz einen nervösen Faktor, und man sollte von diesem Standpunkte aus untersuchen, ob die Muskulatur der Milz irgendwelche Unterschiede gegenüber der Milzarterienmuskulatur besitzt, oder ob sie einfach als eine Ausbreitung der Tunica media dieses Gefäßes angesehen werden darf. Man muß untersuchen, ob die Milz an den gleichen Reflexen teilhat wie die Eingeweidearterien. Die älteren Arbeiten über diesen Gegenstand beschreiben die Milz als contractil durch den Reiz vom zentralen Vagusanteil. Macht man sich diese Feststellung zu eigen, so schien es wünschenswert, das Bündel mit den Depressorfasern bei der Katze zu durchschneiden und es zu reizen. Wenn die Milz sich daraufhin zusammenzöge, würde es klar sein, daß die Milzmuskulatur anders als die der Eingeweidearterien reagierte. Dr. T. MASUDA, der diese Arbeit übernahm, fand ganz das Entgegengesetzte, nämlich, daß die Milz sich erweiterte auf den Reiz vom Depressorvagusstumpf aus. Während die Depressorreizung der Milz nichts Spezifisches über ihren neuro-muskulären Mechanismus im Vergleich zu dem der Gefäße erbrachte, entsprangen einige sehr interessante Gesichtspunkte. Der erste von ihnen ist das Auftauchen der Milz in einem Mechanismus, der eher mit den hydrostatischen Eigenschaften des Blutes, denn mit seiner Funktion als Sauerstoffträger verbunden zu sein schien. Wahrscheinlich ist die Funktion des Depressor, das Herz zu entlasten. Es ist ganz verständlich, daß die Milz bei einer solchen Funktion durch Erweiterung helfen könnte, aber die Entdeckung, daß sie es wirklich tut, beweist, daß die nervösen Einflüsse, die ihre Kontraktion beherrschen, nicht zu denen gehören, die durch einen Sauerstoffmangel in den Zentralorganen betätigt werden. Die genaue Wirkung der Depressorreizung auf den Blutstrom durch die Spinalwurzel ist nicht bekannt, aber im allgemeinen erwartet man einen gewissen Grad von Sauerstoffarmut als Ergebnis des arteriellen Blutdrucksturzes. Aber die Milz, weit davon, sich zusammenzuziehen, wie sie es unter anderen Bedingungen von Sauerstoffmangel des Zentralnervensystems tut, erweitert sich.

Es ist möglich, den Körper unter Bedingungen zu setzen, denen man im allgemeinen eine Herabsetzung der Sauerstoffzufuhr zum Zentralnervensystem nachsagt, und die Herzbelastung zu vermehren. So wirkt die Injektion einer größeren Menge von Kochsalzlösung. Wird die Antwort eine durch die Blutarmut des Zentralnervensystems verursachte Kontraktion oder eine durch den Zustrom einer beträchtlichen Menge Flüssigkeit und die folgende Herzbelastung hervorgerufene Erweiterung sein? Die Antwort auf diese Frage wird durch die Fig. 5 gegeben. Die Flächenbilder

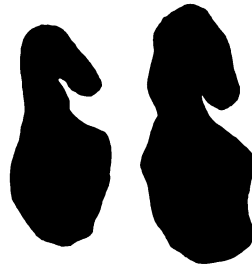


Fig. 5. Vor und nach der Injektion von Kochsalzlösung.

wurden von Dr. STEPHENS und mir mit der Celluloidfenstertechnik gewonnen; häufige kleine Kochsalzinjektionen wurden gemacht, insgesamt 140 ccm in einer Stunde etwa. Die Figur zeigt die Milzfläche in ihrer Projektion auf das Fenster, und man muß nur noch ergänzen, daß entsprechend zu der augenscheinlichen Vergrößerung der Milz im Fensterraum, das Organ eine sehr dichte Beschaffenheit bot. Zweifellos war es zum Schluß verdoppelt.

Das Experiment, das ich beschrieb, ist äußerst interessant, weil es die von mir in den letzten 2 Jahren bezüglich der Erweiterung der Milz durch Anämie gemachte Beobachtung bestätigt, worüber wir heute noch nicht sprechen können. Dies muß für eine spätere Gelegenheit aufgespart bleiben.

Literatur:

1. Lancet 1925, S. 310.
2. Die Milz, H. GRAY, F. R. S. London 1854, S. 341.
3. CRUSHBANK, Mitteilung an die Physiologische Gesellschaft. Dezember 1925, siehe die nächste Nummer des Journ. of physiol.
4. Mitteilung in der Physiol. Gesellschaft, Dezember 1925, siehe die nächste Nummer des Journ. of physiol.
5. BRINKMAN, Arch. néerland. de physiol. 6. 1921.
6. RYWOSCH, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 114, 229. 1907.

Ist das magnetische Moment des Elektrons experimentell nachweisbar?

VON WERNER BRAUNBEK, Stuttgart.

Die neuerdings schon von PAULI¹⁾ nahegelegte und von GOUDSMIT und UHLENBECK²⁾ in die Atommechanik eingeführte Hypothese, jedem einzelnen Elektron im

Atom eine „Eigenrotation“, d. h. ein Impulsmoment und ein magnetisches Moment zuzuschreiben, laßt die Frage nach der physikalischen Realität dieser Eigenrotation auftauchen. Wenn es sich dabei nicht nur um eine bequeme Arbeitshypothese handeln soll, die zwar eine Reihe bisheriger Unstimmigkeiten in der Quantenmechanik des Atoms zwanglos überbrückt,

¹⁾ W. PAULI jr., Zeitschr. f. Physik 31, 705, 1925.

²⁾ S. GOUDSMIT und G. E. UHLENBECK, Diese Zeitschrift 13, 953, 1925.

dabei aber die „Rotation“ nur als ad hoc erfundenes Bild gebraucht, so müßte man erwarten, daß sich die Wirkungen dieser Rotation auch auf anderem als spektroskopischem Gebiet zeigen und sich vielleicht auch auf anderem als spektroskopischem Gebiet experimentell nachweisen lassen würde.

Besondere Aussicht auf eine mögliche Bestätigung hat dabei das magnetische Moment des Elektrons; denn es ergibt sich sofort eine Parallele zum magnetischen Moment des Atoms, das auch zuerst nur aus spektroskopischen Daten erschlossen war, und dann seine direkte Bestimmung fand in der STERN-GERLACHSCHEN Atomstrahlmethode. Es erhebt sich also die Frage: Läßt sich nicht mit Hilfe derselben Methode, angewandt auf einen Elektronenstrahl, ein etwaiges magnetisches Moment des Elektrons direkt bestimmen?

Zunächst: Was wäre dabei theoretisch zu erwarten? Nach der GOUDSMITSCHEN Hypothese müßte das Elektron im Atomverband immer ein *halbquantiges* Impulsmoment, nach der BORNschen Quantenmechanik

$$\frac{h}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{2} \left(1 + \frac{1}{2}\right)},$$

aber — zur richtigen Deutung der Term-aufspaltung im Zeeman-Effekt — ein *doppelt*normales magnetisches Moment tragen. Sein magnetisches Moment wäre also:

$$M = 2 \cdot \frac{e}{2m} \cdot \frac{h}{2\pi} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 1,59 \cdot 10^{-23}.$$

Dies gilt im Atomverband; es fragt sich, ob auch im Kathodenstrahl. Stammen aber die Kathodenstrahlelektronen aus ionisierten Gasmolekülen, so ist kein Grund einzusehen, warum das Elektron beim Ionisationsprozeß seine Eigenrotation verlieren soll. Und stammen die Kathodenstrahlelektronen aus einem glühenden Metall, so macht die sicher anzunehmende Austauschbarkeit — wenn nicht Identität — zwischen Leitungselektronen und Valenzelektronen auch in diesem Falle eine Eigenrotation der Elektronen auch noch im Strahl wahrscheinlich. Jedem ganz beliebigen Elektron wäre also dann auch im Strahl ein magnetisches Moment M zuzuschreiben. Nach den in der Atomtheorie wohlbewährten Prinzipien wäre aber damit eine Richtungsquantelung im Magnetfeld verbunden, und den Elektronen des Kathodenstrahls eine *zweifache* Einstellungsmöglichkeit zum Magnetfeld — „parallel“ oder „antiparallel“ — gegeben.

Die Ausdrücke „parallel“ und „antiparallel“ sind dabei nach der neuen Quantenmechanik nicht wörtlich zu nehmen, sondern sollen nur besagen, daß die Komponenten des Impulsmomentes in Richtung des Feldes

$$+ \frac{1}{2} \cdot \frac{h}{2\pi} \quad \text{und} \quad - \frac{1}{2} \cdot \frac{h}{2\pi}$$

sind. Die zugehörigen Komponenten M_H des magnetischen Momentes sind damit gleich *einem* BOHRschen Magneton $= 0,92 \cdot 10^{-20}$, und der Elektronenstrahl müßte in einem inhomogenen Magnetfeld der von GERLACH¹⁾ benutzten Art — Inhomogenität und Feld parallel — in zwei Strahlen aufgespalten werden mit den magnetischen Aufspaltungen $+1$ und -1 .

Wir wollen nun sehen, welche Aussichten auf Erfolg ein derartiger Versuch vom experimentellen Standpunkt aus haben würde. Wir vergleichen ihn dazu am besten mit den bekannten GERLACHSCHEN Atomstrahlversuchen.

1) W. GERLACH, Ann. d. Phys. 76, 103, 1925.

Dabei fallen zunächst einige wesentliche Vorzüge von Elektronen gegenüber Atomen ins Auge:

1. Die größte Schwierigkeit für quantitative Auswertung der Atomstrahlversuche, die MAXWELLSCHES Geschwindigkeitsverteilung der Atome im Strahl, fällt bei Elektronenstrahlung weg, da Elektronenstrahlen homogener Geschwindigkeit leicht zu erzielen sind.

2. Die kleinere Masse des Elektrons gegenüber dem Atom bedingt unter sonst gleichen Umständen eine größere Ablenkung.

3. Der Auftreffpunkt eines Elektronenstrahls ist durch photographische Schwärzung viel leichter und einfacher festzuhalten, als das beim Atomstrahl durch das Niederschlagsverfahren der Fall ist.

Diesen Vorteilen der Elektronenstrahlen stehen aber nun sehr schwerwiegende Nachteile gegenüber.

1. Die Geschwindigkeit der Elektronen ist selbst bei den kleinsten verwendbaren Spannungen so viel größer, als die von Atomstrahlen, daß dadurch der Vorteil der kleineren Maße weit überzogen wird.

2. Während neutrale Atome nur durch die *Inhomogenität* des Magnetfeldes beeinflusst werden, werden fliegende Elektronen außer durch die Inhomogenität auch durch das Feld selbst abgelenkt, und zwar gerade die langsamsten, die sonst die beste Aussicht bieten, am meisten. Ist Feld und Inhomogenität parallel, so ist zwar die Ablenkung durchs Feld senkrecht zur Ablenkung durch die Inhomogenität, aber von einer sehr viel höheren Größenordnung. Dies ist die größte Schwierigkeit, die dem Erfolg eines derartigen Versuches im Wege steht.

Wir wollen nun die Größe des zu erwartenden Effektes zahlenmäßig ausrechnen, wenn wir durch die von GERLACH¹⁾ beschriebene Anordnung einen möglichst langsamen Elektronenstrahl, sagen wir von 1 Volt Geschwindigkeit, gehen lassen. Die infolge der feldparallelen Komponente M_H des magnetischen Momentes zu erwartende Ablenkung δ ist, wenn der Weg s mit der Geschwindigkeit v im Magnetfeld mit der Inhomogenität $\frac{dH}{dx}$ zurückgelegt wird:

$$\delta = \frac{1}{2} b t^2 = \frac{1}{2} \frac{M_H \cdot \frac{dH}{dx}}{m} \left(\frac{s}{v}\right)^2.$$

Dies gibt bei

$$s = 3 \text{ cm}$$

$$\frac{dH}{dx} = 200\,000 \text{ Gauss/cm}$$

$$v = 6 \cdot 10^7 \text{ cm/sec (1 Volt) :}$$

$$\delta = 2,6 \cdot 10^{-3} \text{ cm} \approx \frac{1}{40} \text{ mm.}$$

Der Elektronenstrahl erhielte also die noch recht wohl meßbare magnetische Aufspaltung von $\frac{1}{20}$ mm.

wenn nicht — ein Elektronenstrahl von 1 Volt Geschwindigkeit in dem von GERLACH angewandten Feld von der Größenordnung 10 000 Gauß zu einer Schraubenlinie von nur 3 μ Radius zusammengekrümmt würde. Damit erweist sich der direkte Weg als ungangbar, und man könnte nur durch einen besonderen Kniff weiterkommen.

Man müßte nämlich ein Magnetfeld konstruieren, das entlang einer Geraden wohl eine Inhomogenität, aber keine Feldstärke hätte. Das ist prinzipiell möglich.

1) l. c.

Man braucht nur zwei scharfe Schneiden einander ganz symmetrisch gegenüberzustellen, und ganz symmetrisch *gleichnamig* zu magnetisieren. Dann ist überall in der Symmetrieebene das Feld Null, nicht aber die Inhomogenität. Man müßte dann, um überhaupt noch eine Einstellung der Elektronen im Feld zu ermöglichen, den Strahl etwas außerhalb dieser Nullebene gehen lassen, also etwa in einer Ebene, wo die Feldstärke 1 Gauss beträgt (Krümmungsradius 3,4 cm). Nehmen wir jetzt eine Inhomogenität des Feldes von 4000 Gauss/cm an (es erweist sich nämlich bei dieser Anordnung eine mäßige Inhomogenität als günstiger), so beträgt die magnetische Aufspaltung $\frac{1}{1000}$ mm. Obwohl diese Auf-

spaltung unmeßbar klein erscheint, könnte sie unter den angenommenen Bedingungen doch beobachtet werden, und zwar durch eine sekundäre Erscheinung.

$\frac{1}{1000}$ mm Verschiebung in Richtung der Feldinhomogenität wäre nämlich mit einer Feldänderung von 0,4 Gauss verbunden, so daß die beiden aufgespaltenen Strahlen zum Schluß in zwei verschiedenen Feldern: 0,8 Gauss und 1,2 Gauss, laufen würden. Dies entspricht aber den Krümmungen 2,7 cm und 4,1 cm, d. h. einer Aufspaltung der Auftreffpunkte in Richtung *senkrecht* zum Feld um mehrere Millimeter. Die Bedingung für eine wirkliche „Aufspaltung“; d. h. nicht nur Verbreiterung des ohne magnetisches Moment zu erwartenden Streifens, ist allerdings, daß die ursprüngliche Dicke des Elektronenstrahls kleiner, als die primär zu erwartende Aufspaltung ist, also höchstens 1μ beträgt. Außerdem müßte die Symmetrie des Feldes und die Justierung des Strahls auf einige μ exakt sein; beides Bedingungen, die sich wohl kaum experimentell erreichen lassen.

Es gibt endlich noch eine ganz andere Möglichkeit, nämlich die, auf die Erzielung eines ganz schwachen Feldes bei starker Inhomogenität zu verzichten, und den Strahl ruhig in einem Feld mäßiger Stärke und mäßiger Inhomogenität (Inhomogenität wieder parallel zum Feld), eine Schraubenlinie beschreiben zu lassen und zwar durch Wahl eines passenden Eintrittswinkels eine Schraubenlinie sehr kleiner Steigung. Dadurch läßt sich die Zeit, die ein Elektron gegebener Geschwindigkeit im Feld verbleibt, gegenüber der früheren Anordnung mindestens verdreißigfachen, und der primäre Aufspaltungseffekt damit tausendfachen, also bei 4000 Gauss/cm auf 1 mm bringen. D. h. der Elektronenstrahl würde in zwei Schraubenlinien aufgespalten, von denen die eine mit ständig verkleinerter, die andere

mit ständig vergrößerter Axialgeschwindigkeit laufen würde, so daß am Schluß die Verschiebung der aufgespaltenen Strahlen gegeneinander 1 mm in axialer Richtung ausmachen würde. Damit wäre dann wieder ein sekundärer Effekt gegeben, indem der eine aufgespaltene Strahl dauernd in einem stärkeren Feld liefe, als der andere, und dadurch dauernd mehr gekrümmt würde als dieser. Die beiden Schraubenlinien müßten sich also zum Schluß in der Größe ihrer Fahrstrahlen unterscheiden, (sie müßten natürlich in einem so schwachen Feld enden, daß sie überhaupt schon meßbare Radien aufweisen) und auf einer senkrecht zur Achse aufgestellten photographischen Platte müßten sie zwei konzentrische Kreise liefern, die den zwei Komponenten des aufgespaltenen Strahles entsprechen. Eine genaue Durchrechnung zeigt allerdings daß auch dieser Effekt sehr klein werden würde. Bei unendlich kleiner Steigung der Schraube würde sogar überhaupt kein Effekt auftreten, da sich dann an irgend einer Stelle des Raumes der Fahrstuhl nur beliebig wenig von Krümmungsradius unterscheiden würde, der seinerseits für jeden Feldpunkt natürlich für *beide* aufgespaltenen Strahlen *gleich* ist. Erst wenn die Radiusänderung schon bei *einem* Schraubenumlauf eine Rolle spielt, tritt ein Effekt auf, indem dann die „Aufwicklung“ der Spirale für die beiden aufgespaltenen Strahlen *verschieden* rasch erfolgt.

Bedingung für deutlich getrennte Kreise auf der photographischen Platte wäre auch dann wieder eine genügend kleine Strahldicke, wozu aber in diesem Fall eine Dicke < 1 mm genügen würde, und eine so große Homogenität der Strahlengeschwindigkeit, daß keine nennenswerte Geschwindigkeitszerlegung durch das Magnetfeld mehr eintreten könnte.

Obwohl diese Anordnung eher mehr Aussicht auf Erfolg hat als die erst skizzierte, ist die Möglichkeit ihrer experimentellen Durchführung im Hinblick auf die komplizierten Elektronenbahnen, die sie verwendet — eine weitere Schwierigkeit liegt z. B. in der Divergenz der Kraftlinien —, doch fraglich, und insbesondere würde gerade diese Kompliziertheit eine quantitative Ausgestaltung des Versuches ausschließen.

Zusammenfassend läßt sich also sagen, daß ein qualitativer Nachweis des magnetischen Momentes des Elektrons zwar nicht vollkommen ausgeschlossen erscheint, daß aber andererseits aus einem negativen Ausfall eines derartigen Versuches im Hinblick auf die großen experimentellen Schwierigkeiten heute noch kein Beweis *gegen* die Eigenrotation geführt werden könnte.

Besprechungen.

LOEB †, JACQUES, *Die Eiweißkörper und die Theorie der kolloidalen Erscheinungen*. Deutsch herausgegeben von CARL VAN EWEYK, Berlin. VIII, 298 S. und 115 Abbildungen. 15×24 cm. Berlin: Julius Springer 1924. Preis geh. 15, geb. 16,50 Goldmark.

Das vorliegende Werk ist nicht nur eine Übersetzung, sondern zugleich eine erheblich erweiterte und umgearbeitete Auflage des 1922 in New York erschienenen Buches von J. LOEB, „Proteins and the theory of colloidal behaviour“. Es behandelt das physikalisch-chemische Verhalten der Proteine. Aber nicht nach Art eines Lehrbuches, sondern mehr in Form einer zusammenfassenden Darstellung eigener Untersuchungen, die der allzu früh verstorbene Meister der Biologie während des Weltkrieges auf breiter Basis in Angriff genommen und größtenteils in dem von ihm begründeten

Journal of General Physiology veröffentlicht hat. Vielfach werden auch an anderer Stelle nicht beschriebene Versuchsergebnisse mitgeteilt.

Der Inhalt des Buches gliedert sich in 2 Teile. Der erste, „Krystalloide und kolloidale Eigenschaften der Eiweißkörper“, versucht den Beweis dafür zu erbringen, daß sich die Reaktionen der Eiweißkörper nach stöchiometrischen Gesetzen abspielen. Der zweite Teil, „Theorie der kolloidalen Eigenschaften der Eiweißkörper“, bringt eine mathematische Theorie des kolloidalen Zustandes, die sich auf die von F. G. DONNAN 1910 entwickelte Theorie der Membrangleichgewichte aufbaut. Der erste Teil (S. 1—130) gliedert sich in folgende Kapitel: I. Historische Einleitung, II. Die qualitative Prüfung für die Richtigkeit der chemischen Betrachtungsweise, III. Die Methoden zur Bestimmung des

isoelektrischen Punktes von Eiweißlösungen, IV. Quantitative Prüfung der Richtigkeit der chemischen Betrachtungsweise, V. Elektrische Ladung und Stabilität der Suspensionen und Emulsionen, VI. Der kristalloide Charakter wäßriger Lösungen bestimmter Proteine, VII. Die Valenzregel und die angeblichen HOFMEISTERschen Reihen, VIII. Die Beeinflussung der physikalischen Eigenschaften durch Neutralsalze, IX. Die Unzulänglichkeit der gegenwärtigen Theorien des kolloidalen Zustandes. Die Kapitel des zweiten Teiles (S. 137 bis 294) tragen folgende Überschriften: X. Einleitende Bemerkungen über die Theorie, XI. Die Membranpotentiale, XII. Der osmotische Druck, XIII. Die Quellung, XIV. und XV. Die Viscosität, XVI. Der osmotische Druck, die Viscosität und die Membranpotentiale bei Anwesenheit von Gelatineaggregaten, XVII. Membranpotentiale und kataphoretische Potentiale bei Proteinen, XVIII. Die Stabilität von Suspensionen fester Proteinteilchen und die Wirkungsweise von Schutzkolloiden, XIX. Membrangleichgewicht und Peptisation, XX. Einige Versuche mit Proteinlösungen in Alkohol-Wassermischungen, XXI. Schlußbemerkungen. Endlich folgt ein kurzes Autoren- und Sachverzeichnis.

Das Ergebnis des ersten Teiles läßt sich etwa folgendermaßen wiedergeben: Wenn man die Wasserstoffionenkonzentrationen gehörig bestimmt und in Rechnung setzt, so findet man, daß Eiweißkörper sich mit Säuren und Basen nicht nach rein empirischen Formeln, etwa nach der Adsorptionsisotherme von H. FREUNDLICH, verbinden, sondern nach den stöchiometrischen Gesetzen der klassischen Chemie, und daß die Eiweißchemie sich prinzipiell nicht von der der Kristalloide unterscheidet. Die entscheidende Bedeutung, die der p_H -Messung eingeräumt wird, geht aus folgendem Satze (S. 21) hervor: „Es ist demnach klar, daß die sog. Kolloidchemie der Eiweißkörper eine Sammlung von Irrtümern darstellt, die sich auf unzulängliche und veraltete experimentelle Methoden stützen.“ Die Unzulänglichkeit früherer Methoden sei am Beispiel der Quellung von Gelatine etwas näher erläutert. Man war noch vor kurzem der Ansicht, daß die Wirkung verschiedener Säuren auf die Quellung durch die HOFMEISTERschen Ionenreihen wiedergegeben werde. Doch wurde dabei übersehen, daß einerseits durch die Gelatine das p_H der eiweißfreien Lösung erheblich geändert wird und daß andererseits infolge der Ausbildung eines Membrangleichgewichtes das p_H innerhalb des Gelatinegels ganz anders ist als in der Außenflüssigkeit. Wenn man daher die quellende Wirkung verschiedener Säuren vergleichen will, muß man die Versuche so anstellen, daß im Innern des Gels gleiches p_H herrscht. Man findet dann, daß nicht die chemische Natur, also nicht die Ionenreihen von HOFMEISTER, sondern nur die Wertigkeit des zugesetzten Ions bestimmend ist für den Quellungsgrad, und zwar die Wertigkeit des Anions bei der Quellung durch Säuren, die des Kations bei der Quellung durch Basen. Ähnlich sind die Ergebnisse in bezug auf den osmotischen Druck und die Viscosität von Proteinlösungen.

In einer Besprechung der englischen Auflage hat WO. OSTWALD (Kolloid-Zeitschr. 32, 220. 1923), die „ p_H -Kolloidchemie“ von J. LOEB scharf kritisiert und u. a. eine Zierliste von Kurven veröffentlicht, welche die Flockungsgeschwindigkeit von Kongorubinsol durch verschiedene Säuren, durch Neutralsalze und Alkali als Funktion des p_H darstellt und aus der hervorgeht, daß die angeführte Erscheinung je nach der Wahl des Flockungsmittels in einem Bereich von etwa 10 Zehnerpotenzen unabhängig von der (H^+) eintreten kann.

Es ist wohl sicher, daß hier wie in vielen anderen Beispielen der Kolloidchemie die spezifische Natur der Ionen stark in Erscheinung tritt, und daß die verallgemeinernden Schlußfolgerungen von J. LOEB, der die Ionenreihen überhaupt für eine Täuschung hält, viel zu weit gehen. Die von LOEB bei den Proteinen herausgearbeiteten einfachen Gesetzmäßigkeiten, die allein von der Ladung und Wertigkeit der Ionen abhängen, können aber in Anbetracht dessen nur noch eindrucksvoller erscheinen. Andererseits sollte man berücksichtigen, daß Ionenwirkungen von so ausgesprochener Spezifität, wie sie vielfach für Kolloidreaktionen als kennzeichnend erachtet werden und die den Einfluß der (H^+) bedeutend überwiegen können, sich auch bei gewissen Reaktionen typischer Kristalloide geltend machen, wie z. B. bei der Umlagerung von α - in β -Glucose (Zeitschr. f. physikal. Chem. 113, 389. 1924, und zwar Fig. 3, S. 424).

Der zweite Teil des Buches befaßt sich zunächst mit den Membranpotentialen der Eiweißlösungen, d. h. mit der Potentialdifferenz bei osmotischem Gleichgewicht zwischen Proteinsalzlösungen, die sich in einem Kolloidumsäckchen befinden, und der eiweißfreien wäßrigen Außenflüssigkeit. Diese Messungen führen zu dem Ergebnis, daß die Membranpotentiale durch Elektrolyte in ähnlicher Weise beeinflußt werden wie der osmotische Druck, die Viscosität und die Quellung. Da nun die Membranpotentiale aus der DONNANSchen Theorie hergeleitet werden können, versucht LOEB auch die ähnliche Wirkung der Elektrolyte auf die anderen 3 genannten Eigenschaften aus dieser Theorie abzuleiten. Auf die Quellungserscheinungen war die Theorie von F. G. DONNAN schon früher von H. R. PROCTER und J. A. WILSON angewendet worden, was durchaus einleuchtend ist. Das gilt aber nicht mehr für die Behandlung von Proteinlösungen, auch wenn man wie LOEB eine Brücke über die Membranpotentiale zu schlagen versucht. Es ist unbefriedigend, sich die Teilchen in einer Eiweißlösung als eine Art osmotischer Zellen vorstellen zu müssen, besonders wenn man im ersten Teil des Buches gelesen hat, daß eben diese Teilchen in ihren Reaktionen den für homogene Lösungen geltenden Gesetzen der klassischen Chemie gehorchen. Es hat den Anschein, als ob die formelle Anwendbarkeit der DONNANSchen Theorie, z. B. auf die Viscosität, sofern sie eine umfassende experimentelle Bestätigung erfahren sollte, in anderer Weise begründet werden müßte.

Es würde zu weit führen, die teilweise sehr schroffe Stellungnahme von LOEB zu den Ansichten anderer Forscher im einzelnen zu erörtern. Nur ein zusammenfassender Satz sei hier noch angeführt: „Es wird unmöglich bleiben, das physikalische Verhalten der Kolloide überhaupt und der Eiweißkörper im besonderen zu erklären, solange die Chemiker weiter von der Existenz einer besonderen Kolloidchemie überzeugt sind, die anderen Gesetzen folgt als die Chemie der Kristalloide.“ Diesem Satz in seiner allgemeinen Fassung durften heute wohl nur sehr wenige zustimmen. Mit dem derzeitigen Stand der Erkenntnis steht er in schwer begreiflichem Widerspruch. Es sei nur an die wichtigen Untersuchungen von WO. PAULI erinnert, die uns ein ganz anderes Bild vom Bauplan z. B. anorganischer Kolloide enthüllt haben: Die Oberfläche der Teilchen ist mit Ionen besetzt, die dem Kolloid die elektrische Ladung erteilen und die sich analytisch, d. h. in ihrer Zusammensetzung, von der Hauptmasse des Teilchens unterscheiden lassen. Es ist klar, daß die Reaktionsfähigkeit solcher Gebilde, so wie es die Erfahrung lehrt, in hohem Maße von der Natur der aufladenden Ionen abhängen muß, und daß sie, wenigstens vorerst, nicht

so abgeleitet werden kann, als wenn wir die Lösung eines Krystalloids vor uns hätten, das in der Bruttozusammensetzung mit den Kolloidteilchen übereinstimmt.

Aus den dargelegten Gründen mag es bedenklich erscheinen, dem Studierenden, der sich über die physikalische Chemie der Eiweißkörper einen Überblick verschaffen will, das Buch von J. LOEB in die Hand zu drücken. Wer aber einen gewissen Überblick schon besitzt oder selbst forschend tätig ist, der wird die spannend geschriebene Darstellung mit besonderem Genuß lesen und das von JULIUS SPRINGER in gewohnt vornehmer Weise ausgestattete Buch nicht aus der Hand legen, ohne überaus reiche Anregung empfangen zu haben.

RICHARD KUHN, München.

EULER, H. v., **Chemie der Enzyme, 1. Teil: Allgemeine Chemie der Enzyme.** 3. vollst. umgearb. Aufl. München: J. F. Bergmann 1925. IX, 421 S., 50 Textfiguren und 1 Tafel. Preis geh. 25,80, geb. 28 Goldmark.

Der erste allgemeine Band des Werkes liegt in neuer 3. Auflage vor. Einteilung und Charakter des Buches sind dieselben geblieben. Aber der gesamte Stoff ist kritisch gesichtet und stark vermehrt (um über 100 Seiten), entsprechend der enormen Arbeitsleistung der letzten 5 Jahre auf diesem heißumstrittenen, in der Hauptsache immer noch problematischen Gebiet.

Nach einer kurzen Einleitung, die das Gebiet der Enzyme abgrenzt, und als ideales Ziel „die exakte Beschreibung der einzelnen Enzyme durch chemische Formeln und durch die an den reinen Substanzen gewonnenen charakteristischen Konstanten“ aufstellt, folgt im ersten Kapitel eine Übersicht über Darstellung, Reinigung und quantitative Charakterisierung von Enzympräparaten. Im folgenden Kapitel werden die Begriffe der elektrolytischen Dissoziationsgleichgewichte für Salze, schwache Basen und Säuren, für Wasser und für Amphotere entwickelt, ebenso Dissoziationsrestkurve und Isoelektrischer Punkt erörtert. Daran schließt sich eine Übersicht über die Eigenschaften von Ionen in wässriger Lösung und eine Erörterung des Gleichgewichtes zwischen mehreren Elektrolyten, mit seiner Anwendung in der Hydrolyse, in der Theorie der Indikatoren und zur „Pufferung“ von Lösungen an. Damit ist die Grundlage gegeben, auf der als Hauptinhalt des Kapitels die Enzyme als Elektrolyte entwickelt werden.

Im folgenden Abschnitt „Die Enzyme als Kolloide“ werden ebenso zunächst die nötigen Grundbegriffe der Kolloidchemie erörtert und abgeleitet, um daran das für die Enzyme und ihre Begleitstoffe Wichtige der Kolloidchemie zu erörtern (Molekulargewichtsbestimmungen, Schüttelinaktivierung, besonders Adsorption).

Die dann folgende „Kinetik der Enzymreaktionen“ wird an einigen Beispielen für einfache und für zusammengesetzte Reaktionen klargelegt. Besonders ist auf die Zwischenverbindungen Enzym-Substrat und auf die daraus abgeleiteten Folgerungen eingegangen.

Das 5. Kapitel gibt in sehr übersichtlicher Weise eine reichhaltige Erörterung und Aufzählung der Aktivierungen und Hemmungen von Enzymreaktionen (reversiblen und irreversiblen) in Vitro und in Zellverband durch Zusätze, das sechste behandelt in ähnlicher Weise den Einfluß von Temperatur und von Strahlung.

Es folgt die Erörterung der Gleichgewichte und Endzustände bei enzymatischen Reaktionen. Im engen Anschluß daran wird die Enzymatische Synthese besprochen und eine reichhaltige Übersicht über bisher durchgeführte enzymatische Synthesen gegeben.

Nach einer kurzen Besprechung der Wärmetönung und Energieumwandlung bei Enzymreaktionen folgt ein ausführliches Kapitel über die spezifische Wirkung der Enzyme. Zum Schluß wird die Enzymbildung in der Zelle erörtert.

Das Buch hat als Grundlage Vorlesungen, die der Verf. seit Jahren auf diesem seinem eigensten Arbeitsgebiet hält. Voraussetzungen in Chemie und physikalischer Chemie sind nicht allzu groß. Fast stets ist die Grundlage einer Erscheinung oder eines Gesetzes abgeleitet; wo nötig, wird auf Spezialwerke und Lehrbücher zur genaueren Orientierung hingewiesen.

Überall tritt die quantitative Behandlung der Enzymreaktionen in den Vordergrund. Versuche und Gesetze sind durch zahlreiche Tabellen und Kurven erläutert. Höhere Mathematik ist nur an den nötigsten Stellen herangezogen.

Die Physikalisch-chemischen Gesetze sind nicht Selbstzweck in dem Buch, sondern eins der Mittel, um das Wesen der Enzyme und ihre stoffliche Natur zu suchen. Überall macht sich das Streben, in dieser Richtung die Chemie der Enzyme zu fördern, fühlbar.

Das Buch wendet sich nicht nur an den Chemiker, sondern überhaupt an den gebildeten Naturwissenschaftler der verschiedensten Richtungen. Es bietet für jeden, der sich über Enzymchemie und ihren heutigen Stand orientieren will, eine willkommene, durch seine Klarheit angenehme und fast leichte Lektüre.

Man kann nur hoffen, daß die beiden folgenden Teile auch recht bald erscheinen, um das Gesamtbild der heutigen Enzymchemie in der übersichtlichen Form, die der vorliegende 1. Teil hat, zu vervollständigen.

B. HELFERICH, Greifswald.

KUHN, ALFRED, **Kolloidchemie.** BREITENSTEINS Repetitorien. Nr. 74. Leipzig: Johann Ambrosius Barth 1925. VI, 122 S. und 11 Fig. Preis geh. 4,20; geb. 4,70 Goldmark.

Wie der Verf. selbst ausführt, muß der, welcher ein Repetitorium benutzen will, sich bereits mit dem Gegenstand in irgendeiner Form beschäftigt haben. Eine Wissenschaft, wie die Kolloidchemie, setzt im besonderen experimentelle Beschäftigung oder wenigstens den Besuch eines Experimentalkollegs voraus. Unter dieser Voraussetzung hat der Verf. auch das Heft geschrieben, in dem er in gedrängter Form unter Vermeidung größeren Aufwandes von Mathematik die *allgemeine Dispersoidchemie* und *spezielle Kolloidchemie* behandelt, wobei er die modernsten Anschauungen mitverarbeitet und in sehr anerkennenswerter Weise überholte, veraltete Ansichten beiseite läßt. Speziell dadurch zeichnet sich das vorliegende Heft vor anderen ähnlichen Zusammenfassungen vorteilhaft aus. Es ist überhaupt erstaunlich, wie es dem Verf. gelungen ist, auf weniger als 8 Bogen das ganze Gebäude der Kolloidlehre aufzurichten, ohne dabei irgendwie wesentliche Bausteine zu vernachlässigen oder aber im Plauderton mancher „Einführungen“ unbewiesene Behauptungen vorzubringen.

Berichterstatter legte sich nur die Frage vor, für wen eigentlich das Repetitorium bestimmt ist? Für den Anfänger ist und will es nicht geschrieben sein, für den Vorgeschnittenen bringt es aber bei vollster Anerkennung der prägnanten, meist sehr treffenden Sprache zu wenig, ganz abgesehen davon, daß sich Verf. bewußt jeder Kritik fernhält, wenn er sich auch verschiedentlich als Schüler Wo. OSTWALDS bekennt. Und für Laboratoriumsübungen besitzen wir in Wo. OSTWALDS „Kleinem Praktikum der Kolloidchemie“ schon einen ganz vortrefflichen Führer!

J. REITSTÖTTER, Berlin-Friedenau.

VANINO, LUDWIG, **Handbuch der präparativen Chemie**. 1. Band: Anorganischer Teil. 3., vielfach vermehrte Auflage. Stuttgart: Ferdinand Enke 1925. XXIV, 852 S. und 96 Abbild., 16,5 × 25 cm. Preis geh. 36,60, geb. 39,60 Goldmark.

Die 1. und 2. Auflage dieses Werkes sind bereits in dieser Zeitschrift 2, 39. 1914 und 11, 252. 1923, ausführlich besprochen worden. Das Erscheinen einer 3. Auflage nach knapp 4 Jahren beweist, daß das Buch sich Freunde erworben hat und zu einem bewährten Hilfsmittel der Laboratoriumsarbeit geworden ist. Das verpflichtet den Herrn Verf. zu weiteren Anstrengungen und da er in der Vorrede zum Ausdruck bringt, daß er für Verbesserungsvorschläge empfänglich ist, so mögen einige kritische Bemerkungen erlaubt sein. Es scheint mir, als ob im Ganzen die neueste Literatur nicht ausreichend zu ihrem Rechte gekommen sei. Wenn auch das Neuere nicht immer das Bessere ist, so muß doch mindestens der Benutzer des Buches aufmerksam gemacht werden; beim Lithiumhydrid z. B. fehlt jeder Hinweis auf wichtige Arbeiten aus den letzten Jahren und demnach sind seine Eigenschaften unzutreffend angegeben. Bei der Sulfomonopersäure ist es dem Verf. entgangen, daß dies Präparat inzwischen von D'ANS und FRIEDERICH in reiner Form dargestellt worden ist. Die Cäsiumverbindungen, deren Behandlung bereits 1913 in dieser Zeitschrift als wünschenswert bezeichnet wurde, fehlen noch immer. An 2 Stellen (bei $\text{VOSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$, S. 677 und beim Thoriumnitrat, S. 760) konnte ich feststellen, daß die Originalangaben der Verf. mißverstanden und falsch wiedergegeben sind. Es würde mir keine Schwierigkeiten machen, diese Beispiele zu vermehren; aber diese Hinweise werden genügen, den Verf. zu überzeugen, daß eine recht gründliche Überarbeitung erforderlich ist. Vielleicht würde es sich empfehlen, für die kommende Auflage eine Reihe von Spezialisten zur Mitwirkung heranzuziehen.

I. KOPPEL, Berlin-Pankow.

VORLÄNDER, D., **Chemische Krystallographie der Flüssigkeiten**. Kurze Anleitung zur Synthese und Untersuchung polymorpher und krystallin-flüssiger Substanzen. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft G. m. b. H. 1924. 90 S. und 61 mikrophotographische Abbild. 15 × 23 cm. Preis brosch. 12 Reichsmark.

Das vorliegende Buch, das die Ergebnisse langjähriger Forschungsarbeit des Verf. enthält, nimmt als Ausgangspunkt die bei diesen Arbeiten festgestellten Beziehungen zwischen Konstitution und krystallin-flüssigen Eigenschaften. Diese lassen sich dahin zusammenfassen, daß ein Molekül möglichst geradlinig und langgestreckt sein muß, um in krystallin-flüssiger Form auftreten zu können. Daraufhin zieht der Verf. Schlüsse auf die Konstitution solcher krystallin-flüssiger Verbindungen, deren Bau als nicht streng linear angenommen werden kann, und die daher die krystallin-flüssigen Eigenschaften in weniger ausgesprochenem Maße zeigen. Danach sind Kohlenstoffketten nicht linear, auch nicht spiralförmig, sondern zickzackförmig gebaut; bei den Salzen höherer Fettsäuren wirken die Kationen auf die Kette orientierend. Sauerstoff-, Stickstoff- und Schwefelatome sind dem Kohlenstoffatom gleichwertig, also schließen deren Valenzrichtungen einen Winkel ein und sind nicht, wie beim Quecksilber, linear gerichtet. Den für diese Forschungen erforderlichen Untersuchungsmethoden ist ein zweiter Abschnitt gewidmet. Die Erscheinungsformen der flüssigen Krystalle werden in einer großen Anzahl von Mikrophotographien dem Leser vor Augen geführt.

W. HÜCKEL, Göttingen.

OBERHOFFER, PAUL, **Das technische Eisen. Konstitution und Eigenschaften**. Zweite verbesserte und vermehrte Auflage. Berlin: Julius Springer 1925. X, 598 S., 610 Abb. im Text und 20 Tabellen. 17 × 25 cm. Preis 31,50 Goldmark.

Die erste, schnell vergriffene Auflage dieses Buches umfaßte nur das schmiedbare Eisen, also nicht das Gußeisen. Nachdem auch dieses jetzt in das Buch aufgenommen worden ist, ist das Werk erst zu einem wirklich führenden auf dem Gebiete der Eisenkunde geworden. Die Probleme werden mit der gleichen Meisterschaft sowohl von der wissenschaftlichen, als auch von der praktisch-technischen Seite aus behandelt. Deshalb ist die Darstellung besonders lehrreich. Sie führt die zahlreichen, ihrem Wesen nach oft noch reichlich ungeklärten technischen Probleme auf ihren naturwissenschaftlichen Kern zurück und ist in diesem Sinne gleich bedeutungsvoll für den Wissenschaftler, der auch im Technischen das Prinzipielle sucht, und für den Praktiker, der nur mit Hilfe des Prinzipiellen das praktische Problem meistern kann. In reichlichem Maße wird auf die Erfahrungen der allgemeinen Metallkunde und der physikalischen Chemie zurückgegriffen.

Das Buch umfaßt das Gesamtgebiet des technischen Eisens. Es behandelt die Konstitution der Legierungen des Eisens mit dem Kohlenstoff und mit allen anderen Elementen, die in Frage kommen und auf ihrer Grundlage die Eigenschaften dieser Legierungen, ferner den Einfluß der Wärmebehandlung und der Verarbeitung auf dieselben und zuletzt das Gußeisen. Es umfaßt also auch das besonders wichtige — und wenig geklärte Gebiet der Spezialstähle und gibt zum ersten Male eine eingehendere, kritisch-korrekte Darstellung dieses Gebiets, in der das wirklich wissenschaftlich Erwiesene vom Vermuteten nüchtern getrennt wird. Das bekannte Buch von MARS über die Spezialstähle bringt dagegen neben großem, sehr wertvollem Material eine Fülle von theoretischen Spekulationen, die man nur als Spielereien bezeichnen kann.

Die Ausführung des Buches zeigt eine gewisse Schwerfälligkeit der Disposition und einige kleine technische Mängel, z. B. in der Art der Zitate. Bei der großen Verbreitung, die es bereits gefunden hat und die ihm zu wünschen ist, ist es besonders wünschenswert, daß das Verständnis auch für weitere Kreise durch solche Äußerlichkeiten nicht erschwert wird. Die nächste Auflage wird wohl dazu Gelegenheit bieten. Die Darstellung an und für sich ist ausgezeichnet klar und fließend, von einer gleichmäßigen sachlichen Ausführlichkeit, die genügend elementar ist, ohne populär zu werden, und die dem Buche mit das Gepräge eines klassischen Werkes gibt. Die Ausstattung ist vorzüglich.

Daß jeder Metallograph das Buch von OBERHOFFER lesen wird, ist selbstverständlich. Aber auch aller Kreisen, die sich so oder anders für das außerordentlich wichtige Gebiet des technischen Eisens interessieren, ist es als das Standardwerk über das Eisen zu empfehlen.

G. MASING, Berlin.

RUGGLI, P., **Praktikum der Färberei und Farbstoffanalyse**. München: J. F. Bergmann 1925. IX, 197 S. und 16 Abbild. 15 × 23 cm. Preis geb. 12 Goldmark.

Während an Lehrbüchern der Farbstoffchemie kein Mangel herrscht, ist die rein wissenschaftliche Literatur über Färberei und Farbstoffanalyse nicht sehr umfangreich. Ein reicher Stoff ist zwar in den seitens der Industrie herausgegebenen Hand- und Musterbüchern niedergelegt, aber sie sind naturgemäß für die technische Belehrung des Färbers bestimmt und zudem im Buchhandel nicht erhältlich. Bis vor kurzem war es da-

her schwierig, auf die Fragen der Studenten nach einem kleinen Buche eine befriedigende Antwort zu geben.

Das Bedürfnis, dem Anfänger ein solches in die Hand zu geben, das er bei Übungen aus dem Gebiete der Färberei der Textilfasern benutzen kann, ist aber groß. Mit solchen Übungen lernt der Student nämlich erst die färberische Bedeutung der einzelnen Farbstoffe kennen, er sieht, daß die auf Grund chemischer Konstitution gewählte Einteilung sich durchaus nicht mit den Farbstoffklassen nach färberischen Gesichtspunkten deckt und endlich erwirbt er für spätere eigene Arbeiten die Fähigkeit, eine vorläufige Prüfung neuer Farbstoffe selbst vorzunehmen.

Das RUGGLISCHE Buch erfüllt voll diese Anforderungen. Im ersten Teil ist ausführlich die Färberei der tierischen und pflanzlichen Fasern behandelt, überall ist die Farbstoffchemie zu ihrem Rechte ge-

kommen, so daß die Darstellung weit mehr als eine bloße Aneinanderreihung der Färbvorschriften bietet. Dies ist erklärlich, weil der Verf. von Hause aus Chemiker ist und sein Buch auf Grund eigener Lehrerfahrung geschrieben hat.

Der zweite Teil, die Farbstoffanalyse gibt die Möglichkeit, sowohl Farbstoffproben in Substanz wie auch fertige Auffärbungen der in Rede stehenden Farbstoffe zu bestimmen. Hier kann es sich entweder um eine rohere Zuteilung zu einer Klasse handeln oder auch um die Identifizierung des Farbstoffes mit einem schon bekannten. Beide Fälle kommen bei RUGGLI zur Besprechung.

So darf dem Buche ein uneingeschränktes Lob gesendet werden, da es nach Anlage und Darstellung den weitestgehenden Ansprüchen gerecht wird.

F. MAYER, Frankfurt a. M.

Zuschriften.

Der Herausgeber hält sich für die Zuschriften nicht für verantwortlich.

Kapillare Hohlräume.

(Bemerkung zu H. FISCHER: „Eigenschaften organischer Kolloide“.)

Herr H. FISCHER gibt in dieser Zeitschr. (14, 4, 18, S. 391. 1926) seine Auffassung über die Konstitution der Gele wieder, die er als einphasige und nicht als zweiphasige Systeme ansieht. Hierzu bringt er kurz seine physikalischen und physiologischen Beweise.

Unter der Annahme, daß seine Auffassung richtig ist, scheint mir damit zunächst nicht viel gewonnen, wenn nicht gleichzeitig die Ansichten über die Querschnittsformen der Capillaren revidiert werden. Ich zeigte in meinen Arbeiten (Kolloid-Zeitschr. 35, 76. 1924; 36, 65. 1925; 37, 10. 1925; 38, 232. 1926), daß man zu grundverschiedenen Resultaten über Capillarität gelangt, wenn man die Eigenschaften von Hohlräumen mit *unrunden* statt wie bisher mit *kreisrunden*

Querschnitten untersucht. Dann tritt der Querschnittsdurchmesser in den Hintergrund und eine solche Fülle von Möglichkeiten erstet plötzlich, daß man um die schließliche Beantwortung von Fragen, wie sie H. FISCHER zusammenstellt, zunächst weniger besorgt ist als um die Möglichkeit, alle neuen Ergebnisse richtig zur Anwendung zu bringen und exakt auszu-drücken. Diese Capillaritätsfragen liegen also sehr viel komplizierter als es zunächst den Anschein hat und es ist mit Erklärungen wie „zu engen Interstitien“ und „viele Male größer“ durchaus nicht getan. Nur völlige Beherrschung dieses Gebietes wird exakte Antworten geben. Es kann daher jetzt noch gar nicht an eine Beantwortung dieser Fragen gegangen werden, da unsere Anschauungen dafür noch nicht reif sind.

Hamburg, Hygienisches Institut, den 21. Juli 1926.

KARL SCHULTZE.

Botanische Mitteilungen.

Ozeanische Züge im Pflanzenkleid Mitteleuropas ist der Titel einer Studie von K. TROLL (in Drygalski-Festschr. 1925, 307—335), in der Verf. den gesamten Laub- und Mischwaldbereich Europas, der schließlich mit der russischen Eichenregion gegen den südlichen Ural hin auskeilt, als im weitesten Sinne ozeanisch beeinflußt anspricht. Innerhalb dieses großen Bezirkes sind naturgemäß mannigfache Abstufungen zu unterscheiden, wie auch umgekehrt die kontinentalen Einflüsse gegen den Ozean nur ganz allmählich verschwinden. — Dann ist zu zeigen, wie sich solche ozeanischen und kontinentalen Züge im Pflanzenkleid Mitteleuropas gegenseitig durchdringen, und wie sie dabei von den klimatischen und Bodeneinflüssen beherrscht sind. Den Ausgangspunkt bildet dabei der Versuch einer Gliederung der ozeanischen (Verf. gebraucht diese und nicht die gewöhntere Bezeichnung „atlantisch“) Florenbestandteile. Es ergeben sich dabei 3 große Gruppen, 1. die atlantische von rein westlichem Areal, 2. die atlantisch-mediterran-montane von westlicher und südlich-montaner Verbreitung und 3. die atlantisch-subarktische; innerhalb jeder derselben lassen sich eine euozeanische und eine subozeanische Untergruppe unterscheiden. Atlantisch-euozeanisch sind z. B. von bekannteren Arten die Glockenheide (*Erica tetralix*) und der Heckensame (*Ulex europaeus*), atlantisch-

subozeanisch u. a. der Besenginster (*Sarothamnus scoparius*) und der rote Fingerhut (*Digitalis purpurea*). Die Vertreter der zweiten Gruppe dringen im Mediterrangebiet weit nach Osten vor, halten sich hier aber vorwiegend oder ausschließlich an den Bergwald der submontanen, montanen und subalpinen Lagen; euozeanisch ist hier z. B. die Stechpalme (*Ilex aquifolium*), während als subozeanisch u. a. die Rotbuche (*Fagus sylvatica*), die Stieleiche (*Quercus sessiliflora*) und der Efeu (*Hedera helix*) gelten können. Während hier durch Formen mit größerem Wärmebedürfnis ein ganz allmählicher Übergang zu dem rein mediterranen Florenelement hergestellt wird, verbreiten sich die viel weniger zahlreichen Arten der atlantisch-subarktischen Gruppe (euozeanisch z. B. der Gagelstrauch, *Myrica gale*, subozeanisch das Brachsenkraut, *Isoetes lacustris*) von ihrem nordatlantischen Areal aus zugleich im subarktischen Europa und besitzen vielfach eine zirkumpolare Verbreitung. Der Typus der sommergrünen Wälder stellt, abgesehen von den höheren Gebirgen, von lokal bedingten Föhrenwaldgebieten und von künstlichen Eingriffen, bis an die Ozeanküste die herrschende Formation dar; er erhält mit zunehmender Ozeanität durch das Hinzukommen einiger lorbeerblättriger Holzarten, als deren Vertreter Verf. neben der Stechpalme auch Tanne und Eibe bezeichnet,

einen besonderen Zug. — Für die feuchtesten Küstenstriche der kühlgemäßigten Zone, aber nur auf nährstoffarmen Böden, stellen die Strauchheiden eine leitende Formationsgruppe dar. Dagegen ist es nicht angängig, die Pflanzen der Salzwiesen und der Dünen wegen ihrer Küstentreue ohne weiteres als ozeanisch zu bezeichnen; ihr Vorkommen ist zunächst nur durch die Beschaffenheit des Bodensubstrates, aber nicht durch den ozeanischen Klimacharakter bedingt. — Im zweiten Hauptteil werden nun vom Verf. die Verbreitungsverhältnisse dieser ozeanischen Flora und Vegetation in Mitteleuropa in großen Zügen geschildert, zunächst für die norddeutsche Tiefebene und die Heidelandschaft nebst den Ausläufern der letzteren, von denen die Heideinsel in der Lausitz (bei Hoyerswerda usw.), östlich bis über die Neisse reichend, ein besonders interessantes Phänomen darstellt; dasselbe muß seine Ursache in lokalklimatischen Verhältnissen haben, neben denen auch die Bodenverhältnisse (tiefgründige Diluvialsande) eine begünstigende Rolle spielen; ob aber Verf. diese richtig deutet, wenn er nicht mit GRAEBNER eine Erhöhung der Niederschläge, sondern nur eine Beeinflussung des Lokalklimas durch die Teiche und Moore als maßgebend ansieht, erscheint dem Ref. zweifelhaft, da man dann doch im Gebiete der Preußischen Seenplatte östlich der Weichsel eine solche Beeinflussung des örtlichen Klimas im ozeanischen Sinne erst recht erwarten sollte, wofür aber die Vegetation keine Anzeichen enthält. — Andere Sammelpunkte für Heidepflanzen sind ferner die bayerische Oberpfalz, das Gebiet von Budweis-Wittingau in Böhmen und die fränkische Keuperplatte. Innerhalb der mitteldeutschen Waldgebirge, deren Klimacharakter nach Feuchtigkeitsverhältnissen und Temperaturverteilung vom Verf. als dem ozeanischen nahe verwandt angesehen wird, findet sich, abgesehen von der Buche und ihrem Anhang, das vornehmliche Entwicklungsgebiet einer Gruppe von ozeanischen Bergwaldpflanzen, als deren Typ der rote Fingerhut gelten kann; ferner birgt das Buntsandsteingebirge des Spessart eine ganze Reihe euozeanischer Arten an isolierten Vorpostenstandorten. In den Alpen fehlt das eigentliche atlantische Element, auch in seiner subatlantischen Erweiterung mitsamt der montanen Gruppe so gut wie vollständig; dagegen erfahren ozeanische Typen aus der atlantisch-mediterran-montanen Gruppe am nördlichen und südlichen Alpenrand eine besondere Begünstigung, und auch der Alpenföhn als lokaler Klimabeherrscher ist für ozeanische Pflanzen von südlicher Verbreitung durch seinen mildernden Einfluß höchst förderlich. In Mitteleuropa sind die meisten südlich-ozeanischen Pflanzen nur bis in das südwestliche Deutschland vorgedrungen, im westlichen Europa aber dehnen sie ihr Gebiet weiter nach Norden aus; in gleicher Weise dringen viele mediterrane Pflanzen, die für das Gebiet des Rheins und seiner Nebentaler südwestliche Talwanderer darstellen, unter dem Einfluß des milden Küstenklimas bis England und Irland nach Norden vor. — Wie aus dieser kurzen Inhaltsangabe hervorgeht, hält sich die Darstellung des Verf.s vorwiegend an die großen Züge der Vegetationsdecke und Pflanzenverbreitung und deren Bedingtheit durch die klimatischen Faktoren; die vielfachen Komplikationen des Verbreitungsbildes kommen deshalb nicht immer voll zu ihrem Recht. Auch bedeutet es wohl eine etwas zu einseitige Betonung eines einzelnen Gesichtspunktes, wenn Verf., abgesehen von dem Mittelmeergebiet, den kontinentalen Steppengebieten und dem nordeuropäischen Nadelwaldgebiet, für die Vegetationsgliederung Europas nur den eu-

ozeanischen (Stechpalmenregion), den subozeanischen (Rotbuchenregion) und euryozeanischen (Eichenregion) Bereich zugrunde legt; man darf doch wohl die nach Osten zu sich immer stärker geltend machenden östlich-kontinentalen Einflüsse nicht gegenüber den ozeanischen und subozeanischen ganz in den Hintergrund drängen. Manche Ansichten des Verf.s stehen und fallen mit seiner Grundvoraussetzung, daß die Ausbreitung der betreffenden Arten im großen heute als abgeschlossen zu betrachten sei.

Neuere Arbeiten zur Pflanzengeographie von Schleswig-Holstein. Aus einem Kreise junger Forscher, die sich in Kiel zu einer pflanzengeographischen Arbeitsgemeinschaft zusammengeschlossen haben, liegen verschiedene Arbeiten vor¹⁾, denen manches Interessante zu entnehmen ist. Mehrere beschäftigen sich mit den oft genannten Eichenkratts, jenen für die Geestlandschaft so überaus bezeichnenden krüppeligen Buschwäldern, deren Physiognomie sich dadurch so auffällig von der anderer Wälder unterscheidet, daß selbst in der Mitte die ältesten Bäume mit ihren knorrigen und von Grund auf bestäubten Stämmen sich kaum über 5 m erheben und die gesamten Holzgewächse besonders am Rande ein fast undurchdringliches Dickicht bilden, so daß sich die Kratts aus der Ferne gesehen wie uhrglasförmige, nach Osten zu steiler abfallende Wölbungen erheben. Trotz ihres urwaldähnlichen Eindrucks verdanken die Kratts ihren Habitus in erster Linie menschlichen Einflüssen, nämlich dem immer sich wiederholenden Abholzen mit nachfolgender Erneuerung aus Stockausschlag; daneben sind aber auch klimatische Einflüsse im Spiele. Die offenen Flächen sind dem Westwinde schutzlos preisgegeben und daher steigen die Triebe nicht in die Höhe, sondern kriechen auf dem Boden entlang und lassen flache ausgebreitete Büsche entstehen, die sich in langsamem Wachstum erhöhen. Das am weitesten nach Westen vorgeschobene Kratt ist nach CHRISTIANSEN noch 3 km von der Nordsee entfernt, im Zeichen dafür, daß auch hier eine klimatische Grenze des Waldes gegeben ist. Im Gehölzbestand ist die Stieleiche durchweg vorherrschend; daneben finden sich Espe, Birke, Faulbaum und als recht bezeichnende Erscheinung der Wacholder, der dem Waldlande des Ostens fehlt und den EMEIS nicht als eine ursprünglich auf der offenen Heide oder im Laubwald heimische, sondern als ausgesprochene Kiefernwaldpflanze ansieht. Sehr charakteristisch ist ferner das Fehlen der Buche, deren Westgrenze östlich von dem Krattgebiet verläuft. Diese Erscheinung kann nicht auf menschlichen Eingriffen beruhen; denn es fehlen den Kratts auch die Charakterarten der Buchenwälder; sie sind auch den vereinzelt Hochwaldungen, die in der Eichenzone noch vorhanden sind, fremd. Die Bodenflora der Kratts ist meist durch Einförmigkeit und Artenarmut gekennzeichnet; es kommt auch nur selten zur Ausbildung von

¹⁾ CHRISTIANSEN, WERNER, Beiträge zur Pflanzengeographie Schleswig-Holsteins, Allg. botan. Zeitschr. 26 27, 3–10. 1925. — CHRISTIANSEN, WILLI, 1. Von Bäumen und Wäldern im Kreise Husum. „Nordelbingen“ 3, 39–62. 1924; 2. Die Eichenkratts Schleswig-Holsteins, Ber. d. dtsh. botan. Ges. 43, 229–235. 1925. — EMEIS, W., Die schleswigschen Eichenkratts. „Nordelbingen“ 4, 259–293. 1925. — KOLUMBE, E., Vegetationsverhältnisse der Inlanddünen Schleswig-Holsteins, Ber. d. dtsh. botan. Ges. 43, 278–292. 1925. — KOPPE, F., Vegetationsverhältnisse und Flora der Oldesloer Salzstellen, Mitt. d. geogr. Ges. u. Naturhist. Mus. Lübeck 2. Reihe, 30, 61–78. 1925.

deutlichen Elementarassoziationen, weil infolge der immer sich wiederholenden menschlichen Eingriffe die Vegetation nicht zu einem gewissen Gleichgewichtszustande gelangt. Auf diese Eingriffe ist es auch zurückzuführen, daß neben der Eichenwaldflora auch die Heideflora erfolgreich einzudringen vermag. Immerhin finden sich aber einige seltene Arten, die der Waldlandschaft Ostholsteins und der offenen Heide fremd sind, wie das Leinblatt (*Thesium ebracteatum*), die beiden Graslilienarten (*Anthericum Liliago* und *ramosum*), der blutrote Storchschnabel (*Geranium sanguineum*) u. a. m. Es sind das Pflanzenarten von vorwiegend mehr südlicher und südöstlicher Verbreitung, die sonst ihre Nordwestgrenze schon in der Südostecke Schleswig-Holsteins finden, so daß ihr Vorkommen in den Kratts mit ihrem eigentlichen Verbreitungsgebiet in keinem Zusammenhang mehr steht. Aller Wahrscheinlichkeit nach handelt es sich um Reste einer früheren ausgedehnteren Verbreitung; die günstigeren Belichtungsverhältnisse in den Kratts haben eine Erhaltung jener Arten ermöglicht, während sie im Osten durch die Buche verdrängt wurden. Nun ist die Buche in der subatlantischen Zeit zum herrschenden Waldbaum geworden; die Kratts stellen somit Reste einer Waldform dar, in der die Weiterentwicklung zum Buchenwald nicht stattgefunden hat, die aber bis zu der borealen Kiefernzeit zurückreicht. Die Klimaverschlechterung der atlantischen Zeit, die sich in der schleswig-holsteinischen Landschaft besonders bemerkbar machen mußte, weil diese durch das Vorrücken der Nordsee in den Bereich der stürmischen, feuchten Westwinde geriet, führte auf der Geest im Zusammenhang auch noch mit der dadurch bedingten Bodenverschlechterung einen Rückgang des Waldes herbei, so daß später die Krattgebiete wegen ihrer isolierten Lage in der Heide und wegen der Ungunst ihrer Klima- und Bodenverhältnisse vor dem Eindringen der Rotbuche bewahrt blieben. Daß die Rotbuche noch im Vordringen begriffen ist, ergeben übrigens auch die Beobachtungen von CHRISTIANSEN in den Bauernwäldern im Süden des Kreises Husum, die infolge der weniger intensiven Forstwirtschaft noch einen ziemlich urwüchsigen Charakter tragen, und in denen Eiche und Weißbuche unter den älteren Bäumen eine höhere Frequenz als unter den jüngeren besitzen, während im Nachwuchs die Rotbuche bei weitem überlegen ist. Auf ein hohes Alter dieser Wälder läßt auch die Regelmäßigkeit in der Ausbildung der Bodendecke schließen, aus der Verf. im ganzen 27 Elementarassoziationen beschreibt, d. h. Bestände, in denen eine Art vorherrscht und die mit ihren wesentlichen Bestandteilen immer wiederkehren. Diese Gesellschaften kommen zwar zumeist auch in den Wäldern Ostholsteins vor, aber in wesentlich anderen Häufigkeitsverhältnissen. Insbesondere ist die Gesellschaft der geschlängelten Schmieie (*Aira flexuosa*), die im Kreise Husum große Flächen bedeckt, im Osten recht selten. — Auf Fragen, die mit dem *nacheiszeitlichen Klimawechsel* zusammenhängen, sieht sich auch KOLUMBE bei seinen Studien über die Binnendünen Schleswig-Holsteins geführt. Die Bildung derselben dürfte in die boreale, im wesentlichen mit der Ancycluszeit sich deckende wärmere und trockenere Periode fallen. Die mit der Litorinasenkung einsetzende Änderung der Windrichtung von Osten nach Westen wurde nicht nur für die Gestalt oder richtiger Formlosigkeit der Inlanddünen bestimmend, sondern auch die mit der Ansiedlung des Heidekrautes zusammenhängende Ortsteinbildung gehört dem Verf. zufolge jener Zeit eines atlantischen Klimas an, während mit der subborealen Zeit des Grenzhorizontes die Ortsteinbildung

aufhörte. Durch Windbrüche wird die Vegetationsdecke in den Inlanddünen häufig zerstört, und es entstehen bloßgelegte Sandflächen, die sich zum Studium der fortschreitenden Vegetationsentwicklung gut eignen. Verf. berichtet eingehend über seine auf diese Sukzessionsverhältnisse bezüglichen Beobachtungen. Über die von *Calamagrostis arenaria* und *Aira flexuosa* beherrschte Grasheide wird im allgemeinen das Klimaxstadium der Callunaheide wieder gewonnen, sofern nicht durch Flechten die normale Entwicklung gestört wird. — Die Mitteilungen KOPPEs über die in der Umgebung von Bad Oldesloe im Kreise Stormarn gelegenen *Salzstellen* sind besonders dadurch wertvoll, daß auch die bei binnenländischen Salzstellen bisher wenig beachtete Mikroflora eingehend berücksichtigt wird. Unter den Blütenpflanzen finden sich 9 halobionte, d. h. nur auf salzhaltigen Böden vorkommende, und 13 halophile, d. h. Salzstellen bevorzugende Arten, die pflanzengeographisch insofern keine Überraschung bedeuten, als sie sämtlich auch an den Küsten der Ost- und Nordsee vorkommen; schwerer verständlich, nach Ansicht des Verf. freilich nur Zufälligkeiten bei der Samenausbreitung zuzuschreiben, ist die Tatsache, daß zahlreiche an den Küsten auftretende und auch weiter im Binnenland sich wieder findende Halophyten an den Oldesloer Salzstellen fehlen. Unter den Algen sind Arten von *Vaucheria*, welche oft dicht verfilzte Massen in den Salzgräben bilden, und von *Enteromorpha* besonders charakteristisch; sehr reich ist die sapropelische Lebewelt entwickelt, welche gerade in den unter Eiweißfäulnis absterbenden Vaucherienmassen zusagende Lebensbedingungen findet, und in welcher farblose Schwefelbakterien sowie Purpurbakterien und daneben auch Cyanophyceen und Flagellaten eine Rolle spielen. — Die Studie von WERNER CHRISTIANSEN endlich bezieht sich auf jene Arten, deren Verbreitung in Schleswig-Holstein ganz oder vorzugsweise auf den südöstlichen Teil beschränkt ist; mit insgesamt 179 von 1060 überhaupt indigenen Arten machen dieselben zahlenmäßig einen nicht unerheblichen Teil der Flora aus, und ihr Verbreitungsbild bedingt es, daß auf einem verhältnismäßig engen Gebiet sich zahlreiche in SW-NO-Richtung verlaufende Verbreitungsgrenzen sammendrängen. Aus der Übereinstimmung dieser Grenzen mit gewissen klimatischen Linien kann nach Ansicht des Verf. ein rein klimatisch bedingter Grenzverlauf nicht abgelesen werden, da die Klimafaktoren, wie ja durch vielfache Erfahrungen bekannt und auch durch seine eigenen Messungen bestätigt, auf engstem Gebiete erheblich schwanken können; die Frage nach einer etwaigen Bedeutung des Klimacharakters wird hierbei allerdings nicht berührt. Auch Beziehungen zur Kiefer im Sinne der Höckschen Theorie der Kiefernbegleiter sind kaum anzunehmen, und ebenso wenig vermochte Verf. einen Zusammenhang mit den Bodenverhältnissen aufzufinden. Verf. hält es daher für das wahrscheinlichste, daß jene Arten zum großen Teil noch nicht die Maximalausdehnung ihres Areals erreicht haben, es sich also um eine „unvollendete Wanderung“ handelt. Die besondere Begünstigung Südostholsteins leitet Verf. teils aus den günstigen Besiedelungsmöglichkeiten, die das einen breiten Raum einnehmende Sandurgebiet darbietet, und teils aus dem Fehlen der Buche her, die einen Charakterbaum der kuppigen Grundmoränenlandschaft darstellt, teils aus der Bedeutung der in Südostholstein entspringenden Elbnebenflüsse für die Pflanzenausbreitung und aus der Lage des Gebietes, die es überhaupt zum Einfallstor in die cimbrische Halbinsel macht.

Zur Kenntnis der Flora in der Provinz Grenzmark Posen-Westpreußen haben F. KOPPE und besonders R. FRASE eine Anzahl dankenswerter Beiträge¹⁾ geliefert. Besonders zu begrüßen ist eine Zusammenstellung aller bisher aus dem Gebiet bekannt gewordenen Standorte seltenerer oder pflanzengeographisch bemerkenswerter Pflanzenarten und eine durch ein Literaturverzeichnis ergänzte Übersicht über die Geschichte der floristischen und pflanzengeographischen Erforschung des Gebietes. Die anderen Beiträge enthalten Vegetationsschilderungen von ausgewählten, durch den Reichtum ihrer Flora oder durch das Vorkommen einzelner Arten besonders bemerkenswerten Örtlichkeiten. Es ist den Verff. gelungen, nicht nur die Kenntnis der Verbreitung der Arten zu erweitern, sondern auch manche neue aufzufinden, die aus jener Gegend noch nicht bekannt waren. Besonders bemerkenswert sind einige Glazialrelikte darstellende Arten, insbesondere *Salix myrtilloides* und *Carex heleonastes*, von denen die letztere Segge bisher im nordostdeutschen Flachland nur östlich der Weichsel und auch die Heidelbeerweide erst aus Moosmooren der Tucheler Heide bekannt war, ferner der „Moorkönig“, *Pedicularis Sceptum Carolinum*, und das zierliche Alpenwollgras, *Eriophorum alpinum*, letzteres zum ersten Male im Gebiet der einstigen Provinz Westpreußen gefunden. Zu den bemerkenswerten Funden gehört ferner die in der norddeutschen Tiefebene äußerst seltene Vogelfuß-Segge (*Carex ornithopoda*) und auch das Vorkommen der seltenen Rotalge *Hildenbrandia rivularis* in einigermaßen schnellfließenden Bächen stellt ein Novum für das östliche Deutschland dar; auch aus der Moosflora der Moore sowohl wie der Waldschluchten und der erratischen Blöcke werden eine große Anzahl interessanter Funde mitgeteilt.

Pflanzengeographische Betrachtungen über den Äländischen Schärenarchipel bringt eine Arbeit von A. PALMGREN (Die Artenzahl als pflanzengeographischer Charakter, sowie der Zufall und die säkulare Landhebung als pflanzengeographische Faktoren, Fennia 46, Nr. 2. 1925). Im Mittelpunkt des ersten Teiles der Arbeit stehen Betrachtungen über die Bedeutung der Artenzahl als pflanzengeographischer Charakter. In der Tat ist ja die Zahl der Arten ein Charakter, der leicht hinter ihrer qualitativen Natur zurücktritt und dessen Ermittlung schon im Hinblick auf die Begrenzung der systematischen Formen, ferner wegen der Ansprüche an die Exaktheit der Florenkenntnis u. a. m. nicht unerhebliche Schwierigkeiten bereitet, der andererseits aber auch als Exponent für mancherlei bedeutungsvolle pflanzengeographische Verhältnisse (Einwirkung von Faktoren klimatischer und topographischer Natur, Ausbreitungsbedingungen, geologische und geographische Verhältnisse) gelten kann. Für Åland berechnet Verf. die Zahl der ursprünglichen Arten auf 650, wobei in den kritischen Gattungen *Hieracium* und *Taraxacum* eine Reduktion auf wenige kollektive Typen vorgenommen wurde. Diese Zahl ist bei einem Landareal von nur 1426 qkm für nördliche Verhältnisse bemerkenswert hoch; denn andere, mehr-

fach größere Gebiete Finnlands, die hinsichtlich der allgemeinen Bedingungen des Pflanzenlebens an Åland erinnern, haben nur eine annähernd gleich hohe oder sogar eine geringere Artenzahl aufzuweisen und die 3158 qkm große Insel Gotland zählt auch nur gegen 700 Arten. Es erhebt sich naturgemäß die Frage, auf welche Ursachen diese relative Begünstigung Ålands zurückzuführen ist. Eine gewisse Rolle spielt dabei wohl das milde insulare Klima und die wechselvollen Standortverhältnisse. Von Wichtigkeit ist daneben vor allem der Umstand, daß Åland sehr offen für eine südwestliche, von Süd- und Mittelschweden ausgehende Einwanderung liegt, und in der Tat hat es die Hauptmenge seiner so reichen Laubwiesenvegetation von dorthier erhalten; und wenn eine Reihe von Arten, die auf Åland vorkommen, im übrigen Finnland fehlen oder äußerst spärlich sind, so liegt das teils an der bedeutenderen Entfernung des letzteren von den Verbreitungszentren, teils aber auch daran, daß andere Arten die geeigneten Böden vorher in Besitz genommen hatten, ohne daß also klimatische oder sonstige Standortverhältnisse als Ausscheidungsgrund in Frage zu kommen brauchen. Das nyländische Küstengebiet z. B. hatte am meisten Aussicht, in erster Linie Arten aus dem benachbarten Binnenlande zu erhalten, während Åland für eine Besäung mit gegenüber den westlichen Einwanderern konkurrierenden Arten von dieser Seite her weit weniger vorteilhaft liegt. Im gleicher Sinne begünstigend wirkt die säkulare Landhebung, die auf Åland seit etwa 4000–6000 Jahren mit ziemlich gleichbleibender Geschwindigkeit (0,5–0,6 m in 100 Jahren) vor sich geht und durch die der Vegetation sukzessive neues Land in nicht unbeträchtlichem Ausmaße zur Verfügung gestellt wird; gerade diese niedriger liegenden Bodenstrecken sind es, auf denen dank dem fruchtbaren, noch wenig ausgelaugten Boden die artenreiche Laubwiesenvegetation vorzugsweise sich entwickelt findet. Endlich ist auch die Schärenlandschaftsnatur in Verbindung mit der Hebung des Landes für den Artenreichtum gerade der Küstenareale von Bedeutung und auch der mosaikartig zersplitterte Landschaftscharakter mit seinen vielfachem Wechsel unterworfenen Standortverhältnissen stellt einen wirksamen Faktor dar. — Das letzte Kapitel der Arbeit endlich enthält Betrachtungen über den Zufall als pflanzengeographischen Faktor. Verf. geht davon aus, daß jede Verbreitungserscheinung das Resultat eines Zusammenspiels von zahlreichen wirksamen Kräften darstellt und daß in diesem Komplex zwar jeder Faktor für sich seinen Einfluß ausübt, daß aber nur bei einem bestimmten Zusammenwirken von allen die nötige Voraussetzung zu einem gewissen bestehenden Verhalten gegeben ist. Wie aber dieses Ineinandergreifen im einzelnen Falle geschieht, läßt sich sehr oft nicht voraussehen; es stellt also wenigstens nach dem derzeitigen Stande der Kenntnis nicht etwas in jedem seiner Details gesetzlich Bestimmbares dar. Das Zufällige liegt also nicht in dem Wirken der Faktoren an sich, sondern nur in der Art bzw. dem Zeitpunkt des Zusammenspiels der wirksamen Faktoren. Daß derartige in der Tat, wie Verf. durch Beispiele aus der Laubwiesenvegetation erläutert, bei der Entwicklung der verschiedenen Pflanzengesellschaften, bei der Bewachsung der einzelnen Standorte und ebenso auch bei der Ausbildung der Flora und Vegetation größerer Gebiete eine im einzelnen freilich schwer abschätzbare Rolle spielt, kann keinem Zweifel unterliegen; wenn z. B. eine seltene Art an einem gewissen Standort vorkommt, in benachbarten ganz ähnlichen fehlt, so hat sicher ein

¹⁾ R. FRASE: Verhandl. d. botan. Ver. d. Prov. Brandenburg 66, 1–4. 1924; Mitt. über Naturdenkmalpflege i. d. Prov. Grenzmark Posen-Westpreußen 1, 10–15. 1924; Ber. d. westpreuß. botan.-zool. Ver. 45 46, 10–20. 1924; Grenzmark. Heimatbl. 1, H. 4. 1925. — F. KOPPE: Grenzmark. Heimatbl. 1925, H. 2; Mitt. über Naturdenkmalpflege i. d. Prov. Grenzmark Posen-Westpreußen 2, 45–55. 1926.

glücklicher Zufall dabei mitgewirkt, daß es ihr überhaupt gelungen ist, sich in der betreffenden Gegend einen Platz zu erobern, und ein Zufall ist es auch, daß dieser Siedelplatz gerade der betreffende und nicht irgendein anderer geworden ist. Etwas ähnlich Zufälliges haftet ja oft auch dem Auftreten von Relikten an, und ebenso ist in der neueren pflanzensoziologischen Literatur mehrfach betont worden, daß es bei der Besiedelung neuer Standorte oft vom Zufall abhängig ist, welche von mehreren an sich ökologisch in gleicher Weise dazu befähigten Arten zuerst anlangt und dadurch vor ihren Konkurrenten einen Vorsprung erreicht, der es ihr ermöglicht, in der sich ausbildenden Pflanzengesellschaft eine herrschende Stellung zu gewinnen. Auch das nicht ganz selten zu beobachtende Fehlen von Arten an einzelnen ihrer Natur sonst zusagenden Örtlichkeiten gehört in die Kategorie dieser Erscheinungen. Infolge des Umstandes, daß es der Pflanzengeographie in vielen Fällen gelungen ist, gesetzmäßige Beziehungen nachzuweisen, wo früher Verwirrung zu herrschen schien, hat man sich manchmal verlocken lassen, für beinahe jede Verbreitungserscheinung einen positiven Erklärungsgrund geben zu wollen; dem gegenüber kann es nur als verdienstlich bezeichnet werden, wenn Verf. die Bedeutung des Zufalles als eines in weitem Umfang wirksamen Faktors hervorhebt.

Die flechtenreichen Zwergstrauchheiden im kontinentalen Südnorwegen, und zwar im Gebirgsstocke des Tron, behandelt eine Arbeit von DU RIETZ (Svenska växtsociol. sällskapets handl. 4. 1925). Die Schilderung der in Frage kommenden Assoziationen bietet manches Interessante, zumal die Zwergstrauchheiden zu den wichtigsten Formationen der skandinavischen Gebirgskette gehören. Der eine Gipfelhöhe von 1667 m erreichende Tron liegt im kontinentalsten Gebiete von Südnorwegen, wo die jährliche Niederschlagsmenge in der Talsohle weniger als 400 mm und in einer Höhe von 1000 m etwa 600 mm beträgt; die unteren Teile des Berges bestehen aus Tonglimmerschiefern, während die oberen aus einer bedeutend kalkreicheren Olivvingabbro bestehen, so daß eine Anzahl von Kalkpflanzen, darunter *Dryas octopetala*, erst in den höheren Regionen auftreten. In der Nadelwaldregion, die bis zu einer Höhe von etwa 800 m reicht, überwiegen die Föhrenwälder; die Birkenwaldregion, die im allgemeinen schon bei 900 m aufhört und nur an wenigen Stellen mit ihren letzten Zipfeln höher emporsteigt, ist wegen des kontinentalen Klimas schlecht entwickelt. Die unteren Teile der alpinen Region, etwa bis 1200 m, sind nun als eine ausgesprochene Zwergstrauchheidenzone entwickelt, die wiederum sich deutlich in eine untere gemischte (bis 1100 m) und eine obere Unterzone gliedert, in welcher letzterer Zwergbirken (*Betula nana*-) Heiden fast allein herrschend sind. Die in der ersteren vorkommenden Zwergsträucher sind vor allem die Bärentraube (*Arctostaphylos uva ursi*), die Alpenazalee (*Loiseleuria procumbens*), die Krähenbeere (*Empetrum nigrum*), Preiselbeere (*Vaccinium vitis idaea*), Heidelbeere (*V. myrtillus*) und Heidekraut (*Calluna vulgaris*), von denen die meisten sich mit verschiedenen Flechten assoziieren können (die wichtigsten von diesen sind *Alectoria ochroleuca*, *Cetraria nivalis*, *Cladonia alpestris*, *C. rangiferina* und *Stereocaulon paschale*) und nur die Bärentraube allein mit *Alectoria ochroleuca* sich mischt, weil nur diese dank ihrer lockeren Wuchsweise den *Arctostaphylosteppich* nicht schädigt. Im allgemeinen ist bei den Flechtenheiden des Tron die Bodenschichte viel dichter entwickelt als die Feldschichte; sie ist infolgedessen nicht nur für die Verwandtschaftsverhältnisse

der Assoziationen vorzugsweise bestimmend, sondern auch in erster Linie durch die Standortsökologie maßgebend beeinflusst; in dieser letzteren spielt vor allem der frühere oder spätere Zeitpunkt des Ausaperns eine wichtige Rolle, so daß sich danach die Flechtenheiden in eine deutlich ausgesprochene Reihe gliedern lassen. Bei 1200 m werden Grasheiden und Dryasheiden dominierend, und in einer Höhe von ungefähr 1400 m vollzieht sich der Übergang zur oberen alpinen Region, in der an die Stelle der bisherigen nur noch wenige extrem hochalpine Assoziationen treten.

Det Danske Markkruddts Historie. (K. JESSEN und J. LIND, Mém. acad. royale des sciences et des lettres de Danemark, sect. d. sci., 8me sér. VIII, Kopenhagen 1922/23, 4°, 496 S.) Die umfangreiche Arbeit behandelt die Geschichte der Ackerunkräuter Dänemarks. Bodenbefunde, literarische Quellen, alte Herbarien, gaben Aufschlüsse über die Einwanderung der Unkräuter. Bei der Besprechung der Verbreitungsbiologie ist auch die Frage erörtert, aus welchen natürlichen Formationen die Apophyten ursprünglich herrühren. Eine kurze Übersicht über die nacheiszeitliche Florentwicklungsgeschichte des Landes führt zur Unterscheidung von drei Haupteinwanderungsgruppen, welche resp. der Spätglazialzeit, der Ancylos- und der Litorinaperiode angehören. Weitere Kapitel geben eine Übersicht über die Geschichte des Landbaues in Dänemark mit besonderer Rücksicht auf die für die Geschichte der Unkräuter wichtigen Verhältnisse und beschäftigen sich mit der Einwanderung der anthropochoren, d. h. vom Menschen eingeschleppten Unkräuter. In einem speziellen Teil werden die einzelnen Arten, insgesamt etwa 240, je für sich in alphabetischer Reihenfolge behandelt; mit großem Fleiß und Sorgfalt ist hierin ein außerordentlich reiches Material über die Gesamtverbreitung, die Art des Vorkommens, ausländische und dänische Funde aus älterer Zeit, Biologie, Einwanderung usw. zusammengetragen und klar und übersichtlich dargestellt.

Beiträge zur Biologie von *Sempervivum soboliferum* enthalten zwei Arbeiten von CHOLODNY (Die vegetative Vermehrung von S.s. Beih. z. Bot. Zentralbl. 1. Abt. 40, 161–173. 1924; Zur Biologie und Physiologie der Ableger von S.s. ebenda S. 174–182). Die in den Achsel der äußeren älteren Blätter der Rosette dieser nur selten blühenden und fruchtenden Pflanze sich bildenden Ableger (erbsen- bis haselnußgroße Tochterrosetten mit dicht zusammengedrängten Blättern) liegen nach Verwelken des sie mit der Mutterpflanze verbindenden Stielchens lose auf der Stammpflanze und werden durch den Wind unter Mitwirkung der Schwerkraft (Herunterrollen auf abschüssigem Gelände) und auch durch die Energie herunterfallender Kiefernzapfen weiterverbreitet. Am besten gedeiht die Pflanze auf Hügeln und im Schatten von alten Kiefern, während sie auf offenem, flachen Gelände, wo sie infolge der mangelnden Zerstreuung der Ableger teppichartig wächst, unter allzu großer Insolation und Trockenheit leidet. Interessant ist auch das weitere Verhalten der von der Mutterpflanze abgetrennten kugelförmigen Ableger, die vielfach auf der Seite oder invers liegend angetroffen werden. Sie besitzen die Fähigkeit, sich mit der morphologisch-unteren Fläche gegen den Boden zu drehen, und zwar geschieht dies durch Wachstumsbewegungen der dem Erdboden zugewendeten Blätter (allgemeine Beschleunigung des Wachstums und verstärktes Wachstum der Oberseite, wodurch sie sich vom Zentrum der Rosette gegen die Peripherie abbiegen) und in schwierigeren Fällen

auch durch Mitwirkung von Wurzeln. Auf die Anlage und das Wachstum der Wurzeln übt das Licht bei alten, vorjährigen Ablegern eine deutliche Hemmung aus, und zwar spielen dabei nur die stärker brechbaren Strahlen eine aktive Rolle; junge, unlängst erst reif gewordene Ableger werden vom Licht, soweit aus der Wurzelbildung zu schließen ist, weniger als alte beeinflusst, zeigen aber dafür eine viel deutlichere Reaktion auf Feuchtigkeitsschwankungen. Das Licht hemmt ferner auch die Öffnung der Rosetten; aktiv sind in diesem Falle nur die roten Strahlen.

Die Wasseraufnahme durch oberirdische Organe bei höheren Pflanzen gemäßigter Klimate haben Untersuchungen von K. WETZEL (Flora, N. F. 17, 221—269, 1924) zum Gegenstand. Abgesehen von den mit besonderen Saughaaren ausgestatteten Bromeliaceen, unter denen gerade die epiphytischen Formen dieselben besonders ausgeprägt aufweisen, ist auch für andere Pflanzen extremer Klimate (z. B. solche der ägyptisch-arabischen Wüste, der hochandinen Gegenden Perus usw.) in einer Anzahl von Fällen eine oberirdische Wasserabsorptionsfähigkeit festgestellt worden, die eine biologische Ausnützung dieser Fähigkeit durch die Pflanzen als mindestens wahrscheinlich vermuten läßt. Daneben ist aber auch für Pflanzen gemäßigter Klimate vielfach die gleiche Fähigkeit angegeben und daraus der Schluß gezogen worden, daß auf diese Weise die Wasserzufuhr durch die Wurzeln in bedeutungsvoller Weise unterstützt würde, ohne daß in den meisten bisherigen Beiträgen eine auf quantitativen Versuchen beruhende eingehende Analyse der Frage versucht worden wäre. Diese Lücke wird durch die vorliegende Arbeit ausgefüllt. — Verfasser fand zunächst, daß die angewinkelten Blätter zahlreicher Pflanzen in der Tat mit der Oberfläche Wasser aufnehmen, wenn sie 12 Stunden oder länger benetzt wurden, und daß selbst eine kräftig entwickelte Kutikula, wenn sie nur benetzbar ist, kein unübersteigliches Hindernis bildet; die Geschwindigkeit, mit der das Wasser durch die Blattoberfläche aufgenommen wird, ist aber erheblich geringer als bei der Aufnahme durch die Wurzeln; auch ist die Absorptionsfähigkeit bei den einzelnen Pflanzen sehr verschieden groß und differiert sowohl bei Vertretern derselben biologischen Gruppe als auch bei Arten derselben Gattung. Die Unterseite der Blätter absorbiert in den meisten Fällen stärker als die Oberseite, doch sprechen die angestellten Versuche gegen eine Wasseraufnahme durch die Spaltöffnungen. Aus der weiten Verbreitung der in Rede stehenden Erscheinung kann aber noch nicht auf ihre biologische Bedeutung geschlossen werden; für die Abschätzung derselben ist es vor allem wichtig, zu wissen, mit welcher Geschwindigkeit das aufgenommene Wasser von den Stellen der Absorption zu denen des Verbrauchs geleitet wird, und die hierüber angestellten Versuche ergaben, daß das aufgenommene Wasser nur äußerst langsam auf osmotischem Wege geleitet wird und eine Versorgung weit von der Absorptionsstelle entfernter Gewebe daher ausgeschlossen erscheint. Neben der Langsamkeit der Aufnahme und Weiterleitung des oberirdisch absorbierten Wassers wird eine stärkere Einflußnahme auf die Gesamtwasserversorgung auch durch die Unterbrechung der oberirdischen Aufnahme mangels eines der Erde entsprechenden oberirdischen Wasserreservoirs unmöglich gemacht. Ohne hinreichen-

den Transpirationsschutz, ohne spezialisierte, auf die ganze Pflanze verteilte Absorptionsorgane, ohne subepidermales Wasserspeichergewebe oder erhebliche Dürre-resistenz können daher die Pflanzen aus dem oberirdisch gebotenen Wasser keinen Vorteil ziehen. Endlich ergaben mit Blattrosetten und mit einer Anzahl von filzhaarigen Pflanzen ausgeführte Freilandversuche über die Wasserbilanz, daß die nächtliche Tauaufnahme oft noch nicht einmal ausreicht, die nächtliche Transpiration zu decken, und daß ein kleiner Überschuß an Wasser, der sich zeitweise ergibt, doch für die Gesamtwasserversorgung keine Rolle spielt, daß also die oberirdische Wasseraufnahme nur eine mehr zufällige, nebensächliche Erscheinung und keine Anpassung bedeutet.

Vererbungsstudien an Hutpilzen. Durch die entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen insbesondere von KNIEP ist die Sexualität der höheren Basidiomyceten bewiesen und die alte, gegenteilige, lange Zeit herrschend gewesene Auffassung von BREFFELD widerlegt worden. Eine wertvolle Ergänzung erfahren jene entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen durch die Arbeit von F. ZÄTTLER (Zeitschr. f. Bot. 16, 433—499, 1924), einem Schüler KNIEPs, dem es an der Hand eines umfangreichen Materials von Kulturen des Schizophyllum commune und der Collybia velutipes, die beide zu den heterothallischen Arten gehören, gelang, die Vererbung morphologischer Merkmale, deren haploide Aufspaltung bei der Reduktionsteilung auch äußerlich wahrnehmbar ist, entsprechend den Mendelschen Regeln festzustellen, womit ein anschaulicher Beweis für die echte Sexualität der fraglichen Pilze geliefert wird. Im Falle des Schizophyllum handelt es sich um eine eigentümliche Fruktifikationsform, die Knäuel-Fruchtkörper, die auf der homozygotischen Anwesenheit eines Faktors *g* beruht, der rezessiv ist gegenüber dem Faktor *G* für normale Ausbildung der Fruchtkörper. *GG*-Normal-Fruchtkörper einerseits und alle der Kombination *gg* entsprechenden Knäuel-Fruchtkörper andererseits erwiesen sich in der Nachkommenschaft als konstant; die *Gg*-Normal-Fruchtkörper dagegen spalten in Knäuel- und Normal-Fruchtkörper bildende Haplonten im Sinne eines monohybriden Mendelfalles auf, und zwar betrug das Zahlenverhältnis unter 147 Nachkommen von 5 verschiedenen heterozygoten *Gg*-Normal-Fruchtkörpern 78 *G* : 69 *g*. Die Fruchtkörper-Gestaltungsfaktoren spalten unabhängig von den Geschlechtsgenen. Bei der Collybia konnte die Vererbung der Mycelfärbung festgestellt und analysiert werden; sie wird durch zwei Faktorenpaare bedingt, welche unabhängig von den Geschlechtsfaktoren derart mendeln, daß *RV*-Haplonten intensiv braun, *Rv*- und *rV*-Haplonten in zwei verschiedenen Intensitäten heller braun gefärbt und *rv*-Haplonten endlich rein weiß sind; es liegt hier also ein den Versuchen von NILSSON-EHLE über Rotfrüchtigkeit beim Weizen ähnlicher Fall von Polymerie vor, wobei die Feststellung von Interesse ist, daß zwar *R* und *v* beide Braunfärbung bewirken, aber nicht mit gleicher, sondern mit verschiedener (*R* > *V*)-Intensität. Endlich wurde auch noch nachgewiesen, daß die haploide Fruchtkörperbildung von Collybia velutipes eine erbliche Erscheinung darstellt, die nur bestimmten Haplonten zukommt, doch war eine exakte Ermittlung des Vererbungsganges noch nicht möglich. W. WANGERIN.

Bernhard Riemann und die Mathematik der letzten hundert Jahre¹⁾.

Von R. COURANT, Göttingen.

Es ist mir bei diesem Kursus die Aufgabe zu gefallen, Ihnen heute in einem einleitenden Vortrage eine Skizze von den Kräften und Bewegungen zu geben, als deren Produkt die gegenwärtige Mathematik und mathematische Physik erscheint, und welche für uns in dem Namen BERNHARD RIEMANN ihr reinstes Symbol finden.

Zeit und Ort dieser Veranstaltung stehen in enger Beziehung zu RIEMANN. Es sind gerade 100 Jahre her, daß er als ein Sohn des niedersächsischen Landes geboren wurde. Göttingen ist der Ort gewesen, wo er studiert und promoviert hat, wo er seine akademische Laufbahn als Privatdozent begann und wo er sehr bald darauf Professor wurde, bis er frühzeitig einer tückischen Lungenkrankheit erlag.

Aber diese mehr äußeren Beziehungen allein rechtfertigen das Thema meines Vortrages nicht. Wenn ich RIEMANN in den Mittelpunkt einer Betrachtung über die Entwicklung der Mathematik unseres Zeitalters stelle, so geschieht dies allein deswegen, weil für jede tiefer dringende historische Einsicht RIEMANN als die schlechthin entscheidende Figur dieser Epoche erscheinen muß.

Warum aber überhaupt eine historische Betrachtungsweise von Dingen der Mathematik oder der Naturwissenschaften? — so wird vielleicht mancher fragen. Liegt nicht eine spezifisch unhistorische Einstellung im Wesen unserer Wissenschaften, in denen alles durch Logik oder durch Experiment nachweisbar ist, in denen nichts Geltung hat als systematische Zusammenhänge und in denen jede Willkür verpönt erscheint? Ist in unserer wissenschaftlichen Interessensphäre Platz für eine Betrachtung der Zufälligkeiten einer historischen Entwicklung?

Ich glaube, daß wir heute mehr denn je eine solche historische Einstellung brauchen. Außerordentlich viel hängt für unsere Wissenschaften davon ab, ob und wie ihre Vertreter es verstehen, sich selbst und den Kreis ihrer Wirksamkeit als Glieder einer großen Entwicklungsreihe zu betrachten, und in welchem Maße sie imstande sind, aus dem Bewußtsein dieser Zusammenhänge für Gegenwart und Zukunft zu lernen.

Freilich muß eine solche historische Betrachtung alles andere eher sein als eine bloße Registrierung von Tatsachen und Daten. Die gährende Langeweile derartiger Geschichtsschreibung exakter Wissenschaften ist ein Vielfaches der Schrecknisse, die mancher von uns als Schüler in einem schlechten Geschichtsunterricht durch-

¹⁾ Eröffnungsvortrag bei dem mathematisch-physikalischen Oberlehrerkurs in Göttingen, Juli 1926.

lebt hat. Auch biographische Anekdoten für sich allein können aus dem Kreise rein menschlicher Teilnahme nicht in das Reich historischer Erkenntnis hinüberführen.

Warum gerade heute dieses Bedürfnis nach geschichtlicher Betrachtung? Gewiß, wir leben in einer Zeit, wo es in unseren Wissenschaften mit Macht vorwärts geht. Vieles geschieht weithin sichtbar in der Physik und manches mehr still und verborgen in der Mathematik. Und dennoch ist das organische gesunde Wachsen auf das schwerste bedroht von den Gefahren des Spezialistentums. Ich will gar nicht mehr davon sprechen, daß die Physik und Astronomie sich von der Mathematik, die Technik sich von der Physik getrennt hat; aber auch innerhalb der einzelnen Fächer ist oft spezialistische Höchstleistung mit denkbar größter allgemeiner Unbildung verbunden; Fachgenossen aus Nachbargebieten verstehen einander nicht mehr; Geometer und Analytiker, theoretische und experimentelle Physiker stehen einander häufig teilnahmslos gegenüber und arbeiten mit Leidenschaft und Erfolg auf ihrem Gebiet, ohne sich der Zusammenhänge des Ganzen bewußt zu sein und ohne über die Frage nachzudenken: Woher und wohin?

Wir müssen demgegenüber lernen, die natürlichen Ziele der wissenschaftlichen Entwicklung zu sehen oder wenigstens zu ahnen, und wir müssen lernen, unsere Kräfte bewußt in den Dienst der Aufgabe zu stellen, diese Ziele so geradlinig wie möglich zu erstreben.

Statt dessen droht immer mehr die Gefahr, daß alles planlos treibt, daß der zusammengeraffte Strom zielstrebender Entwicklung sich in ein turbulentes, wirbelnd zerfließendes Chaos auflöst.

Ein großer Teil der heutigen Mathematiker und Physiker kommt mir vor wie der durchschnittliche moderne Mensch, welcher glaubt, auf Grund der Lektüre von Provinzzeitungen politische Ansichten haben zu können oder gar aktiv in die Politik eingreifen zu dürfen, während es doch eines tiefen historischen Sinnes bedarf, um zu lernen, was die gestaltenden Kräfte der menschlichen Gesellschaft sind, und wie man das eigene Streben und Wirken mit ihnen in Einklang bringen kann.

Geschichte als die Lehre von den gestaltenden Kräften und als die Kunst, das Notwendige vom Zufälligen zu unterscheiden, ist eine schwierige und fast unlösbare Aufgabe, wenn sie sich auf die Betrachtung der Politik und der allgemein menschlichen Dinge bezieht. Für den engen Interessenkreis einer Wissenschaft — eng im Vergleich mit

der Fülle des menschlichen Lebens im allgemeinen — könnte die Aufgabe leichter erscheinen. Aber hier tritt als erschwerendes Moment hinzu, daß von dem Historiker eines Wissensgebietes neben dem historischen Instinkt als unerläßliche Voraussetzung tiefste Bekanntschaft mit den Dingen dieses Wissensgebietes selbst gefordert werden muß; wohl darum ist ein wirklicher Historiker der exakten Wissenschaften ein *noch* selteneres Phänomen als ein Historiker der allgemeinen Geschichte.

Unserer Zeit ist das Glück zuteil geworden, einen solchen historischen Geist erleben zu dürfen oder vielmehr einen großen, führenden Gelehrten, dessen Lebenswerk schließlich in eine historische Betrachtung unserer Wissenschaft eingemündet ist. Ich meine FELIX KLEIN, dessen geschichtliche Vorträge, wenigstens in ihrem ersten Teil, sehr bald der Öffentlichkeit vorliegen werden und welche, daran zweifle ich nicht, eine tiefe Wirkung auf die weitesten an unserer Wissenschaft interessierten Kreise auszuüben bestimmt sind. Was ich Ihnen heute in einer kurzen historischen Skizze zu sagen habe, stützt sich in vielem auf diese Vorlesungen von FELIX KLEIN.

Die Mathematik ist wohl die älteste und ehrwürdigste aller Wissenschaften, aber wir dürfen nicht vergessen, daß die Mathematik in ihrer heutigen Gestalt erst auf eine Entwicklung von kaum 300 Jahren zurückblicken kann. Nach den großen entscheidenden Schritten im 17. Jahrhundert, die zur systematischen analytischen Geometrie und Infinitesimalrechnung führten, folgt eine Zeit des raschesten, üppigsten Aufblühens der mathematischen Wissenschaften. Wir sehen im 18. Jahrhundert an verschiedenen Stellen Europas verstreut eine kleine Schar hervorragender Denker, untereinander durch regen Gedankenaustausch verbunden, mit erstaunlicher Energie und überwältigendem Erfolge das Gebäude der exakten Wissenschaften errichten und ausbauen.

Wenn wir Kinder des nervösen, überhasteten, spezialistischen 20. Jahrhunderts uns in die Betrachtung dieser Zeit vertiefen, so frappiert uns vielleicht als der größte Eindruck die Universalität jener Geister. Es waren nicht Fachleute, sondern Repräsentanten der Wissenschaft als eines Ganzen, bahnbrechende Physiker, Mathematiker, Astronomen und anderes mehr in einer Person, und was noch mehr bedeutet, häufig genug überdies große harmonische Persönlichkeiten, die sich des inneren Zusammenhanges *aller* Wissenschaft tief bewußt waren.

Das Kennzeichen dieser Zeit ist eine naive Produktivität. Das neu eroberte Land lockt mit so viel unbetretenen Gegenden, daß der Forschergeist es so rasch wie möglich durchheilen muß, unbekümmert darum, ob der erworbene Besitz schon völlig durchdrungen und gesichert ist. Unklarheiten und Unsicherheiten in den Grundlagen bedrücken die Mathematiker des 18. Jahrhunderts nicht sehr. Fragen nach Konvergenz oder Divergenz spielen

keine Rolle. Ein sicherer Instinkt führt fast stets zu richtigen Resultaten.

Der Rahmen, in welchem sich diese Entwicklung abspielt, war der des alten Feudalstaates mit seiner ständischen sozialen Schichtung. Das wissenschaftliche Leben war zunächst allein repräsentiert durch wenige ausgezeichnete Persönlichkeiten, um sich dann auf die Akademien zu konzentrieren, fast ohne Verbindung mit den Universitäten, wo insbesondere die mathematische Wissenschaft eine ganz untergeordnete, kümmerliche Rolle spielte.

Die französische Revolution, welche den Auftakt zur völligen sozialen und politischen Umgestaltung Europas bildete, bezeichnet auch für unsere Wissenschaften den Beginn einer neuen Entwicklungsphase. Es entstehen die modernen Volksstaaten. Die sozialen Bindungen zerreißen, die Wände zwischen den Volksklassen werden niedergerissen, neue Berufs- und Betätigungsmöglichkeiten eröffnen sich jedermann. Unaufhaltsam setzt sich in Europa die Tendenz zur Verbreiterung und Demokratisierung auch in allen Kultur- und Bildungsfragen durch und damit im eigentlichen wissenschaftlichen Leben. Man mag dieser Entwicklung innerlich beistimmen oder ihr mit schmerzlicher Abneigung gegenüberstehen, sie kam und ist gegenwärtig ein entscheidender Faktor der Entwicklung, welche der einzelne nicht hemmen kann.

Den ersten entschiedenen Ausdruck fand diese Tendenz darin, daß die Pflege der Wissenschaften in weitem Maße von den höfischen Akademien an die Universitäten und Hochschulen überging. In Frankreich wurde 1794 die École Polytechnique gegründet, mit dem Prinzip, durch Heranziehung der besten Gelehrten als Lehrer ein möglichst hohes Niveau der Ausbildung zu erzielen. Der überraschende Erfolg dieser Gründung mahnte andere europäische Länder zu Nachahmungen in mehr oder weniger veränderter Form.

In Preußen und anderen deutschen Staaten ging der Anstoß zu einer ähnlichen Entwicklung von der Aufgabe aus, die Oberlehrer für die Gymnasien auszubilden. Die Neuorganisation des Bildungswesens hatte zu Beginn des Jahrhunderts die Schaffung eines besonderen Oberlehrerstandes mit sich gebracht, während früher die Lehrerschaft der höheren Schulen sich aus allen möglichen Kreisen, insbesondere aus der Gruppe der jüngeren Theologen, rekrutierte. Die Universitäten werden nun die gegebenen Stätten zur Ausbildung der Lehrer, und an dieser neuen Aufgabe entwickelt sich im Rahmen der Universitäten überall regstes wissenschaftliches Leben. Für das Gebiet der Naturwissenschaften wird diese Entwicklung in Preußen besonders durch das Eingreifen ALEXANDER VON HUMBOLDTS gefördert, der von seinen Reisen und seinem langen Aufenthalt in Paris die moderne Einsicht in die Notwendigkeit mitbrachte. Forschung und Lehre in die engsten gegenseitigen Beziehungen zu setzen. LIEBIGS Berufung nach

Gießen gegen den Protest der zünftigen Fakultät z. B. ist HUMBOLDTS Werk. Wir wissen, was diese Berufung für die Entwicklung der Chemie bedeutet hat; von ähnlicher entscheidender Wichtigkeit für die Mathematik wurde die Ernennung von JACOBI zum Professor in Königsberg — eine Ernennung, die ebenfalls auf Betreiben von HUMBOLDT und gegen den Widerstand der Fakultät erfolgte.

JACOBI war der erste, welcher in der Mathematik bewußt und leidenschaftlich das Prinzip durchführte, in Universitätsvorlesungen und Seminaren die Hörer bis an die Grenze der wissenschaftlichen Forschung mitzuführen und ihnen den Zutritt zur Werkstatt der wissenschaftlichen Produktion weit zu öffnen. Mit einer hinreißenden Lehrbegabung, mit einer blendenden Vielseitigkeit und Produktivität, mit einer rücksichtslosen gewalttätig-suggestiven Kraft gelang es ihm in kurzer Zeit, hier eine ganz neue, in den exakten Fächern bis dahin wenigstens in Deutschland unerhörte Tradition zu schaffen. Der Ruhm seiner Vorlesungen und seines wissenschaftlichen Betriebes verbreiteten sich rasch. Das Beispiel der Königsberger Schule erobert der JACOBISCHEN Lehrtradition bald alle wichtigen Universitäten und bestimmt so das Niveau der Anforderungen, welche heute überall an die wissenschaftliche Ausbildung der höheren Lehrer gestellt werden. Zugleich ergibt sich für die Wissenschaft selbst eine so starke Verbreiterung der Basis, wie man sie wenige Jahrzehnte vorher kaum erträumen konnte.

Große Mathematiker der späteren Generation gehen aus dem Kreise der Oberlehrer hervor, die mittelbar oder unmittelbar aus der JACOBISCHEN Schule herauswachsen; ich nenne als Beispiel WEIERSTRASS.

Aber die Verbreiterung des Betriebes der wissenschaftlichen Mathematik — und diese Erscheinung ist auch typisch für alle Nachbargebiete — geht Hand in Hand mit einer fortschreitenden Spezialisierung. Die Zahl derer, die glauben, auch ein Scherflein zum Fortschritt der Wissenschaft beitragen zu müssen, wächst ständig, und noch größer wird die Anzahl derjenigen, die um jeden Preis aus äußeren oder inneren Gründen wissenschaftlich publizieren wollen. Während das 18. Jahrhundert, das Zeitalter des Briefschreibens, nur kümmerliche Publikationsmöglichkeiten und geringe Publikationsbedürfnisse kannte, wächst in unserem Zeitalter des Telegraphierens die Literatur an Zeitschriften und Büchern ins Ungemessene und Unübersehbare. Ich gestehe, daß ich keinem mir bekannten Mathematiker die Fähigkeit zutraue, ohne Schwierigkeiten auch nur den fünften Teil alles dessen zu lesen, was in einer Zeitschriften- oder Monographienreihe gedruckt wird. Ob die Wissenschaft darunter leiden würde, wenn vier Fünftel ungedruckt bliebe, weiß ich nicht. Aber wir ersticken an dem Chaos von Papier und Druckerschwärze, wir verzagen vor der Zersplitterung der Wissenschaft in Spezialitäten, und wir verzweifeln an der babylonischen Sprachver-

wirrung, welche uns verhindert, die Rede unseres nächsten Fachgenossen zu verstehen.

Und doch ist es nicht wahr, daß die Wissenschaft rettungslos der Auflösung in Spezialistentum verfallen ist. Sie selbst besitzt in sich die Kräfte zu einer lebendigen, gesunden Weiterentwicklung. Für die Mathematik werden, so glaube ich, diese weitertreibenden Lebenskräfte durch den Namen RIEMANN verkörpert. Nicht bloß durch den tatsächlichen Inhalt dessen, was RIEMANN geschrieben und gelehrt hat, sondern mehr noch durch die Geistesrichtung, welche in RIEMANN ihren reinsten Ausdruck findet. Um diese These heute im allgemeinen zu begründen — in den beiden folgenden Vorträgen werde ich mehr im einzelnen auf RIEMANNS Lebenswerk eingehen — muß ich einige weitere historische Bemerkungen über die Entwicklung der Mathematik im 19. Jahrhundert einschalten.

Man hat dieses Jahrhundert das kritische Zeitalter genannt. In der Tat, die souveräne Unbekümmertheit, mit der die aristokratischen Gelehrtennaturen des 18. Jahrhunderts sich über Unklarheiten, Unfertigkeiten und Widersprüche in den Grundlagen hinwegsetzen, mußte der strengerer Gesetzlichkeit des bürgerlichen Zeitalters auch in der Wissenschaft weichen. Auch hier wird überall die Berechtigung des Bestehenden in Frage gezogen und in mühsamster Arbeit die Grundlagen der Wissenschaft, sozusagen ihr geltendes Recht, festgestellt.

GAUSS beginnt mit dem Beweise des Fundamentalsatzes der Algebra, und jeder von uns kennt die großen Leistungen, die mit der strengen und einwandfreien Begründung der Analysis und Geometrie seitdem vollbracht worden sind. Ich erinnere nur an CAUCHY, durch welchen die Infinitesimalrechnung von allen Beimengungen an Unklarheiten und Mystik befreit und aus einer Art Geheimwissenschaft auserwählter Geister zu einer leicht erlernbaren Kunst gemacht wurde. Ich erinnere an die strenge Grundlegung der Analysis durch BOLZANO, WEIERSTRASS und DEDEKIND; an die Mengenlehre und an die moderne Theorie der reellen Funktionen. Aber wir wissen auch, daß diese Entwicklungslinie vielfach zu einer Überfeinerung und übertriebenen Zuspitzung der Begriffe und schließlich zu uferlosen, abstrakten Begriffsspekulationen zu führen droht. In den Händen directionsloser Kostgänger der Wissenschaft hat sie eine Gefahr zu bilden begonnen und trägt nicht zum wenigsten die Schuld an dem heutigen krisenhaften Zustande.

Ein weiteres Moment kommt hinzu. Der Wille zur Kritik, der Wille zur unerbittlichen Strenge hat in manchen Gebieten zu einer Verengung des Standpunktes gegenüber dem 18. Jahrhundert geführt. Wenn wir ein militärisches Bild gebrauchen: Man hat viele vorgeschobene Positionen aufgegeben, um die rückwärtigen Verbindungen zu sichern; man hat sich hinter feste Wälle ver-

schanz und sich freiwillig auf ein kleineres Gebiet beschränkt, um vor Angriffen der Kritik sicher zu bleiben. Viele, auch hervorragende Mathematiker haben die „Strenge“ so in Fleisch und Blut aufgenommen, daß ihrem Bewußtsein die Möglichkeit und Notwendigkeit „unstrenger“, mehr phantasievoller Betrachtungen völlig abhanden gekommen ist.

Aus dieser Gefahr der Stagnation kann uns nun eben die Entwicklungslinie herausführen, die von RIEMANN ausgeht.

Es ist eine ungerechte Einseitigkeit, wenn man immer nur den kritischen Zug der Mathematik des 19. Jahrhunderts hervorhebt. Große, ja gewaltige schöpferische Gedankenreihen stellen sich neben die mehr kritischen und sind zum Teil eng mit diesen verschlungen. GAUSS, dessen Riesengestalt die beiden Jahrhunderte verbindet und weit ins 19. Jahrhundert hineinragt, hat viele dieser Gedanken als mächtige Impulse ins wissenschaftliche Leben hineingeschleudert. Manches hat er schweigend in seinem Innern bewahrt oder nur andeutungsweise seinen nächsten Freunden eröffnet. Von der ungeheuren Fülle des GAUSSschen Ideenreichtums geben uns vielfach nur kurze Notizzettel Kunde, die erst mehr als ein halbes Jahrhundert nach seinem Tode enträtselt wurden. Es war vielleicht eine Tragik im Leben von GAUSS, daß sein Amt ihn zeitweise zu einer äußerst intensiven und aufreibenden subalternen Arbeit zwang, wie z. B. der eigenhändigen Durchführung der hannoverschen Landesvermessung. Gewiß hat solche Tätigkeit auch wissenschaftliche Früchte getragen; aber wenn man sieht, was alles an mehr oder weniger ausgeführten Entwürfen und großartigen Gedanken von GAUSS niemals zur Veröffentlichung vorbereitet werden konnte, dann liegt für uns in dem Zeitalter der Assistenten und Laboranten und sonstigen Hilfskräfte der Gedanke nahe, daß doch ein ungeheures Kapital von höchster menschlicher Erkenntniskraft sinnlos vergeudet worden ist.

Glücklicherweise ist es aber in der Wissenschaft nicht so, daß jemand, und mag er noch so originell sein, wichtige, für die Wissenschaft lebensnotwendige Gedanken auf immer mit ins Grab nehmen kann. Wenn diese Gedanken auf der Entwicklungslinie der Wissenschaft liegen, dann werden sie früher oder später in einem anderen begnadeten Geiste neu wieder entstehen und von ihm in die Erscheinung gebracht werden. In diesem Sinne ist RIEMANN nach vielen Richtungen der Neuschöpfer und Vollender dessen gewesen, was GAUSS der Welt schuldig geblieben war.

Es wird immer eins der merkwürdigsten Phänomene in der Geschichte der Mathematik des 19. Jahrhunderts bleiben, daß RIEMANN, fast ohne Berührung mit dem alten, nach außen eisigen und verschlossenen GAUSS, ohne die GAUSSschen Gedanken klar gekannt zu haben, dennoch in vielen Punkten so genau an GAUSS anknüpfte. Es ist eben so, als ob die mathematische Atmosphäre mit diesen Gedanken gesättigt war und nur ein emp-

fängliches Medium da sein mußte, in dem sie zum Niederschlag kommen konnten.

RIEMANN'S Leistung und Wirkung wird für uns noch bewundernswerter, wenn wir uns von seiner Persönlichkeit und seinem äußeren Leben kurz Rechenschaft geben. Wie so mancher großer deutscher Gelehrte, stammt er aus einem Landpfarrhause. Er kam mit 18 Jahren nach Göttingen, um Theologie zu studieren, erhielt aber bald von seinen Eltern die Erlaubnis, sich seiner Lieblingsbeschäftigung, der Mathematik, widmen zu dürfen, und treibt nun in Göttingen seine mathematischen Studien mit einer zweijährigen Berliner Unterbrechung. Ein stiller, bescheidener, gütiger, ganz in sich gekehrter, versonnener junger Mann, nach außen unbeholfen, schüchtern, weltfremd, mit gelegentlicher Neigung zur Melancholie, die ja kaum einer großen Persönlichkeit erspart zu bleiben scheint, oft seine Kameraden zu Neckereien geradezu herausfordernd. Dabei innerlich erfüllt von intensivstem, reichem Leben. Durchaus als Erscheinung kein Frühreifer. Erst mit 25 Jahren kommt er zur Promotion. Seine ganze innere Einstellung, seine ganze wissenschaftliche Gesinnung ist durch und durch entgegengesetzt derjenigen Richtung, welche in der Mathematik zunächst zur Herrschaft berufen war. RIEMANN ist der typisch geniale intuitive Geist. Sein Interesse verbreitet sich über die ganze Mathematik und Physik, die Philosophie und die Physiologie. Überall spürt er die inneren Zusammenhänge auf. Seine rein mathematischen Untersuchungen sind erfüllt von unmittelbarer physikalischer Anschauung; seine physikalisch-mathematischen Probleme drängen ihn zur Erfindung der feinsten, rein mathematischen Methoden und Hilfsmittel; ein unvergleichlicher Sinn für die großen Zusammenhänge verbindet sich mit größter Kraft und Schärfe bei der Behandlung jeder Einzelheit.

Wollte man ihn als Persönlichkeit in eines der Schemata einreihen, in welche man heute so gern die Vielgestaltigkeit der menschlichen Dinge einzwängt, so würde man in große Verlegenheit kommen. Er war weder typischer Klassiker noch Romantiker, er war weder cyclothym, noch schizothym, und man sieht an diesem Beispiel, wie gefährlich und irreführend die blinde, schlagwortartige Anwendung solcher Unterscheidungen ist. Charakteristisch für seine Persönlichkeit bleibt seine tiefe Religiosität, die ihm ein wunderbares inneres Gleichgewicht gegenüber dem schweren Schicksal verlieh, das ihn früh traf.

Erst drei Jahre nach seiner Promotion, im Jahre 1854, mit fast 28 Jahren, habilitierte er sich in Göttingen. Seine Vorlesungen haben anscheinend wenig Erfolg. Doch erkennen die älteren Fachgenossen recht wohl von Anfang an die Bedeutung des jungen Genies. Er wurde im Jahre 1857 Extraordinarius und im Jahre 1859, nach DIRICHLET'S frühem Tode, dessen Nachfolger im Ordinariat. Einige Jahre stiller intensiver Arbeit folgen. Aber schon im Jahre 1862 packt ihn eine

Lungenkrankheit, um ihn bis zu seinem Tode, 1866, nicht mehr loszulassen. Gefaßt und ergeben ist er gestorben, inmitten eines ungeheuren Programms von Entwürfen und Fragmenten, nur eine kleine Anzahl von gedruckten Abhandlungen und eine etwas größere von ungedruckten Manuskripten hinterlassend. Und doch bildet dieser bescheidene Band RIEMANNscher Abhandlungen, die später gesammelt herausgegeben wurden, die Grundlage der weiteren Entwicklung der Mathematik.

Daß RIEMANNS Auftreten doch schließlich eine so tiefe Wirkung üben konnte, mutet uns fast wie ein Wunder an. Nur elf Jahre liegen zwischen seinem ersten Hervortreten in seiner Dissertation und seiner tödlichen Erkrankung. Als Lehrer hatte er wenig Erfolg, und unter seinen wenigen Zuhörern war gewöhnlich keiner, der die vortragenen neuen Ideen wirklich auch nur einigermaßen erfassen konnte. Das, was später unter RIEMANNS Namen als Auszug aus dessen Vorlesungen der Öffentlichkeit übergeben wurde, bildet nur einen schwachen Abglanz von der wahren RIEMANNschen Gedankenführung.

Die wenigen Arbeiten, die RIEMANN selbst publizierte, erregten zwar z. T. großes Aufsehen, vor allem die Arbeit über ABELSche Funktionen. Aber ihr innerster Kern war doch der herrschenden Mode zu sehr entgegengesetzt, um sogleich in das allgemeine Bewußtsein der mathematischen Welt aufgenommen zu werden. Angesichts der mächtig in den Vordergrund tretenden WEIERSTRASSschen Schule konnte zunächst der RIEMANNsche Geist nicht aufkommen. (Man vergleiche die Anzahl von fünf bis sechs Zuhörern von RIEMANN mit der Anzahl von mehreren Hundert in den späteren WEIERSTRASSschen Vorlesungen.) Entscheidend gegen RIEMANN fiel nicht zuletzt ins Gewicht, daß, wie WEIERSTRASS zeigte, in den Grundlagen der RIEMANNschen Funktionentheorie, dem sogenannten DIRICHLETSchen Prinzip, eine Lücke klappte, welche den ganzen Oberbau zu gefährden schien, und deren Schließung man zunächst nicht zu versuchen wagte. Man glaubte, die RIEMANNschen Wege verlassen zu müssen, um RIEMANNS als erstrebenswert erkannten Ziele zu erreichen; und in diesem Sinne wurden dann durch die Bestrebungen von CARL NEUMANN und HERMANN AMANDUS SCHWARZ die ersten strengen Beweise für grundlegende RIEMANNsche Sätze gegeben. Aber es dauerte Jahrzehnte, bis jemand kam, der den Mut und die Kraft fand, unmittelbar an die RIEMANNschen Grundlagen, das DIRICHLETSche Prinzip, heranzugehen und diesem gegen alle Kritik zum Triumph zu verhelfen. Erst im Jahre 1901 glückte HILBERT dieser große Wurf, und von da ab datiert eine neue Entwicklung in dem großen Gebiet der Analysis. Es entstehen die sogenannten direkten Methoden der Variationsrechnung, welche, wie ich glaube, dazu berufen sind, das Gesicht der Analysis weitgehend umzugestalten. Ein Beispiel für die oft bestätigte Wahrheit, daß der Fort-

schritt der Wissenschaft häufig genug an Unklarheiten und Mängel des Vorhandenen anknüpft.

Daß aber RIEMANNS Lebenswerk zur vollen Wirkung auf die Entwicklung der Mathematik gelangt, das haben wir in erster Linie einem Mann zu verdanken, der uns immer als der größte und erfolgreichste Pionier der RIEMANNschen Sache erscheinen wird, FELIX KLEIN. Er war der erste, der sich, schon als junger Mensch, ganz selbständig und entgegen der herrschenden Mode, in die RIEMANNsche Funktionentheorie vertiefte, sie an vielen Punkten fortführte und mit seiner hinreißend expansiven Art kraftvoll seine Zeit zu den RIEMANNschen Auffassungen geradezu bekehrt hat. Wie dies geschah, das ist im einzelnen anlässlich des Todes von KLEIN jetzt so oft gesagt und geschildert worden, daß ich es heute nicht mehr zu wiederholen brauche.

Aber ich muß doch darauf hinweisen, daß, so wichtig die Funktionentheorie als das „Kernstück“ der Mathematik der letzten achtzig Jahre erscheinen mag, so wenig RIEMANNS Bedeutung doch damit erschöpft ist, und daß KLEIN immer nur vorzugsweise diese eine Seite von RIEMANN hervorgehoben und zur Wirkung gebracht hat.

Schon als Funktionentheoretiker weist RIEMANN Züge auf, die außerhalb des Rahmens der von KLEIN vertretenen geometrischen Theorie liegen. Ich erinnere nur an die RIEMANNsche Theorie der ζ -Funktion, welche auf ganz anderer Grundlage ruht, und welche bahnbrechend und richtunggebend für die neuere analytische Zahlentheorie geworden ist. Ich erinnere ferner an die RIEMANNsche Habilitationsschrift über die FOURIERSchen Reihen, welche ebenfalls ein ganz neues, später leider bis zum Überdruß abgegrastetes Gebiet eröffnet hat.

Neben die funktionentheoretischen Dinge, zu denen ich auch die geometrischen Untersuchungen über Minimalflächen und vor allem die so folgenreichen topologischen Bemerkungen rechne, tritt als zweites großes Arbeitsgebiet von RIEMANN die mathematische Physik, übrigens eng mit der Funktionentheorie verbunden. Hier hat RIEMANN keinen kongenialen Apostel wie KLEIN gefunden. Daher nimmt es nicht wunder, daß seine Gedanken in diesem Gebiet sehr viel längere Zeit gebraucht haben, um nach außen zur Wirkung zu kommen.

Bezeichnend ist, daß eine Preisarbeit über mathematische Physik, die er der Pariser Akademie einreichte, nicht den Preis erhielt, obwohl diese Arbeit lange Zeit ein unausgeschöpftes Bergwerk voll köstlicher Schätze blieb. RIEMANNS Arbeiten über partielle Differentialgleichungen sind erst allmählich, z. B. durch die Vermittlung von WEBER, DARBOUX und VOLTERRA bekannt gemacht und verstanden worden, und erst langsam hat sich daran die große Entwicklung angeschlossen, in der wir noch mitten drin stehen.

Ähnlich geht es mit den tiefen Gedanken, die wir heute mit dem Namen „RIEMANNsche Geometrie“ zusammenfassend bezeichnen. Noch bis

vor kurzem wurden diese Dinge lediglich von einem ganz engen Kreis als Spezialfach betrieben, bis EINSTEINS Tat plötzlich diese RIEMANNSche Geometrie in das helle Licht der unmittelbarsten Aktualität zog. Heute wissen wir die Größe und Tiefe der RIEMANNSchen Leistung von 1861 voll einzuschätzen und erkennen mit dankbarem Staunen, daß auch unsichtbar unter der Oberfläche solche Ideen wirksam und fruchtbar weiter wachsen können, um plötzlich mit Macht ans Licht hervorzubrechen.

Ich will und kann heute auf alle diese Dinge nicht näher eingehen. In den beiden nächsten Vortragsstunden werde ich Gelegenheit haben, die heute nur flüchtig skizzierten Bemerkungen über RIEMANNS Wirkungen etwas näher auszuführen. Heute möchte ich mir noch ein paar kurze Worte gestatten über die Frage, wie RIEMANN auf unseren ganzen wissenschaftlichen Betrieb gewirkt hat, und insbesondere, was RIEMANN für uns hier in Göttingen bedeutet.

Wir haben vorhin gehört, wie durch den Einfluß von JACOBI sich in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts in den meisten deutschen Universitäten das Niveau des mathematischen Betriebes hob. Auch in Göttingen vollzog sich eine solche Entwicklung. Allerdings hat GAUSS, der seit Beginn des Jahrhunderts hier als Professor und Direktor der Sternwarte lebte, daran kaum einen Anteil; er hielt sich von dem eigentlichen Unterricht fast gänzlich fern. So können wir von dem Beginn einer höheren Unterrichtstradition in Göttingen erst im Zusammenhange mit der Berufung von DIRICHLET als GAUSSens Nachfolger sprechen (1855). DIRICHLET, ebenfalls durch die Pariser Schule gegangen, dann vermöge HUM-BOLDTS Einfluß erst nach Breslau und bald nach Berlin berufen, vertrat wie JACOBI das Prinzip der Verbindung von Forschung und Lehre. Er war mehr eine stille, feine Gelehrtennatur, nicht stürmisch und gewalttätig sich durchsetzend wie JACOBI, aber seine Eigenart ist doch so groß, daß er gegenüber der eigentlichen JACOBISchen Schule mit dem übersteigerten Spezialstudium der elliptischen Funktionen, in Göttingen eine eigene und neue-Unterrichtstradition zu schaffen begann, in deren Mittelpunkt ein Kursus von Vorlesungen über mathematische Physik, partielle Differentialgleichungen und Zahlentheorie stand. Es war allerdings nicht das Gros der Studenten, welche

diesen Vorlesungszyklus hörten. Für die große Menge wurden von ULRICH und STERN elementare Vorlesungen gehalten. Aber doch haben DIRICHLETS Vorlesungen eine nachhaltige Wirkung auf den Unterrichtsbetrieb der späteren Zeit gewonnen, obwohl DIRICHLET sehr bald starb, noch bevor diese Tradition Wurzel fassen konnte. RIEMANN, DIRICHLETS Nachfolger im Amt, der schon während seines Berliner Aufenthaltes stark von dem ihm innerlich verwandten DIRICHLET beeinflusst war, schien wie kein anderer geeignet, auch als Lehrer den Platz von DIRICHLET einzunehmen. Was aus unvollkommenen Nachschriften und unvollkommenen Ausarbeitungen von RIEMANNS Vorlesungen über mathematische Physik erhalten worden ist, zeigt uns, in wie wunderbarer und tiefer Weise RIEMANN im Begriffe war, die DIRICHLETSche Tradition fortzusetzen und weiterzubilden, immer unter dem Gesichtspunkt der Einheit von Mathematik und Physik. Aber dem allen wurde durch RIEMANNS Tod ein jähes Ende bereitet.

Es dauerte viele Jahre, bis unter der Führung von FELIX KLEIN auf DIRICHLET-RIEMANNScher Grundlage neu dasjenige entstand, was wir heute als unsere Göttinger Tradition betrachten.

Als Leitmotiv dieser KLEINSchen Bestrebungen darf ich die Forderung bezeichnen, daß bei aller Pflege der Einzelheiten niemals der Blick auf das Ganze verloren werden darf, daß das Bewußtsein von der Einheit der Wissenschaft in Forschung und Lehre lebendig bleiben muß.

Gewiß, wir können die Tatsache nicht rückgängig machen, daß die Wissenschaften sich verzweigt haben, daß Physik, Astronomie und Mathematik nicht mehr von einem Geiste repräsentiert werden können. Wir vermögen das ebensowenig zu ändern, wie wir imstande sind, die für die menschliche Kultur so verhängnisvolle Entwicklung des Verkehrswesens zurückzuschrauben. Aber was wir hier in unserem Göttinger Kreise tun können und zu tun bestrebt sind, das ist, in enger brüderlicher Fühlung alle miteinander, Physiker, Mathematiker, Astronomen, in gegenseitigem Verständnis und gegenseitiger wissenschaftlicher Hilfsbereitschaft die Idee von der Einheit der Wissenschaft zu bewahren und unseren Studenten zu übermitteln. Ich hoffe, daß Sie, meine Herren, aus den Tagen dieses Ferienkursus einen Eindruck von dieser Art, die RIEMANNSche Tradition aufrechtzuerhalten, mit sich nehmen werden.

Besprechungen.

SCHOTT, GERHARD, **Geographie des Atlantischen Ozeans**. 2. vollständig durchgearbeitete und erweiterte Auflage. Hamburg: C. Boysen 1926. XVI, 308 S., 1 Titelbild, 27 Tafeln und 115 Textfiguren. 20 x 28 cm. Preis RM 35.—.

Die erste 1912 erschienene Auflage dieses grundlegenden Werkes wurde allgemein als ein völlig neues Unternehmen von bahnbrechender Bedeutung begrüßt, weil hier zum ersten Male die Grundsätze

länderkundlicher Darstellung auf einen Ozean zur Anwendung gebracht wurden. In der geographischen Literatur wird zwar in herkömmlicher Weise bei der Behandlung der allgemeinen Erdkunde auch die Wasserhülle der Erde, insbesondere die statischen und dynamischen Verhältnisse des Meerwassers berücksichtigt, aber wir besaßen vor SCHOTT noch keine Monographie eines der großen Ozeane, die ihn als länderkundliches Objekt betrachtet und die einzelnen

Zweige der Naturwissenschaften auf diesen Erdräum zur Anwendung bringt.

Die zweite Auflage des vortrefflichen Buches hat in wesentlichen Teilen ein ganz anderes Gesicht erhalten. Mehrere Abschnitte sind neu hinzugekommen, die Textfiguren wurden vermehrt und fast sämtliche Tafeln auf Grund der neuesten Forschungsergebnisse verbessert oder neu gezeichnet.

Das erste Kapitel schildert die Entdeckungsgeschichte vom Altertum an, wobei dem Anteil der einzelnen Nationen an der Entdeckung der verschiedenen Küsten und Inseln besondere Karten gewidmet sind. Daran schließt sich eine Darstellung der Entwicklung unserer Kenntnisse von den Oberflächenerscheinungen und eine Geschichte der Tiefseeforschungen, bei welcher eine Kartentafel mit den Kursen der wichtigsten Fahrten von 21 Forschungsschiffen besonders willkommen ist. SCHOTT hebt hervor, daß die Einführung des Namens „Atlantischer Ozean“ im heutigen Sinne vorzugsweise den beiden deutschen Gelehrten MERKATOR und VAREN zuzuschreiben ist, während die Sonderbezeichnungen der einzelnen Meeresteile verschiedenen Ursprungs sind. Die Abschnitte über Grenzen, horizontale Gliederung und Größe lassen die gewaltige Ausdehnung erkennen, die mehr als ein Fünftel der gesamten Erdoberfläche umfaßt. In dem geologischen Kapitel wird ein Überblick über die Geomorphologie der Küstengebiete sowie über die Vulkanausbrüche und Erdbeben im Ozean selbst gegeben. Die Entstehungsgeschichte des Ozeanbeckens ist auch heute noch ein ungelöstes Problem. Drei Auffassungen kommen hauptsächlich in Betracht: 1. die Lehre von den Brückenkontinenten, 2. die Lehre von der Permanenz der Ozeane, 3. die Wegenersche Verschiebungstheorie. Der Verf. neigt am meisten der zweiten zu.

Die Tiefenverhältnisse werden durch eine große Kartenbeilage im Maßstabe 1 : 30 Millionen veranschaulicht. Den auffälligsten Charakterzug bildet jene gewaltige untermeerische Bodenschwelle, die fast die ganze Länge des Ozeans von Norden nach Süden durchzieht und dessen S-förmige Krümmung mitmacht. Bei der Nordwestecke der Insel Puerto Rico wurde die größte bisher gefundene atlantische Tiefe von 8526 m gelotet.

Das Nordpolarmeer, das man früher als selbständigen Ozean ansah, ist nach der heutigen Auffassung nur ein Nebenmeer des Atlantischen Ozeans, aber eine Betrachtung seiner Bodengestaltung zeigt, daß es ein einheitliches Becken von echtem Tiefseecharakter darstellt.

Reich mit farbigen Kartentafeln versehen sind die folgenden Kapitel, welche die Eigenschaften des atlantischen Wassers an der Oberfläche und in verschiedenen Tiefen behandeln. Farbe und Temperatur, Dichte und Salzgehalt, Sauerstoffgehalt und Strömungen lassen enge Beziehungen zueinander erkennen, die es dem Verf. ermöglichen, den Ozean, analog den Landschaften der Festländer, in 11 natürliche Regionen zu gliedern, deren Grenzen physikalisch bedingt und in eine Karte eingetragen sind. In den nördlichen Meeresteilen sind es vor allem die Eisverhältnisse, deren Erörterung besonderes Interesse beansprucht. Liefert doch das Nordpolarmeer dem Atlantischen Ozean jährlich etwa 20 000 cbkm Eis, eine Menge, mit der man das ganze Ostseebecken vom Boden bis zum Wasserspiegel alljährlich neu vollpacken könnte. Namentlich in den beiden ozeanologischen sowie in dem dahinter folgenden Kapitel über die klimatischen Verhältnisse stützt sich SCHOTT vielfach auf seine eigenen,

zum Teil grundlegenden Untersuchungen, und in diesen Abschnitten liegt daher auch die Hauptstärke des Buches. Die 10° Isothermen des wärmsten Monats und die 20° Isothermen des kältesten Monats auf der Nord- und Südhälfte des Ozeans teilen ihn zunächst in fünf große Wärmegürtel, aus denen SCHOTT durch weitere Unterteilung 14 Klimaregionen ableitet. Ein Kapitel über die Lebewesen hat E. HENTSCHEL zum Verfasser. Auch in tiergeographischer Beziehung kann man verschiedene Lebensgebiete im Atlantischen Ozean unterscheiden, wenngleich ihre Grenzen im einzelnen schwer bestimmbar sind. Fünf solcher Sondergebiete werden mit ihren charakteristischen Tierformen aller Größen, vom Plankton bis zu den Walen, beschrieben, auch die wichtigsten Pflanzen erwähnt und das Leben der Küstengewässer, der Hochsee und der Tiefsee getrennt behandelt.

Das letzte Kapitel ist betitelt: Der Mensch auf dem Atlantischen Ozean. Hier kommt vor allem die Verkehrsgeographie zu ihrem Recht. Es wird gezeigt, wie namentlich die Routen der transatlantischen Segelschiffswege geographisch bedingt sind, wie sie vor allem der jeweils herrschenden Wetterlage angepaßt werden müssen, und wie man oft durch geschickte Wahl eines viel längeren Umweges schneller ans Ziel kommt als auf der direkten Linie. Sogar die Dampfer- und Motorschiffswege sind nicht so unabhängig von den geographischen Verhältnissen, wie außenstehende Kreise häufig glauben. Namentlich die Vorstöße der polaren Eisberge nach Süden erfordern auf dem Dampferwege von Europa nach Neuyork eine periodische, mit den Jahreszeiten wechselnde Verlegung des Kurses. Auch die künftigen Luftschifflinien finden Berücksichtigung, soweit sie den Atlantischen Ozean betreffen, und SCHOTT betont, daß der Plan von BRUNS, das Nordpolargebiet in den Weltluftverkehr einzubeziehen, keineswegs eine phantastische Idee von Sportcharakter, sondern ein ernsthaft zu bewertender Plan sei, der die Billigung hervorragender wissenschaftlicher Autoritäten der meisten Kulturstaaen gefunden hat. Dem Nachrichtenverkehr sind Abschnitte über die transatlantischen Telegraphenkabel, die Funkstationen und andere moderne Orientierungsmittel gewidmet.

Es folgen wirtschaftsgeographische Abschnitte, die u. a. auch eine Statistik des Verkehrs auf den verschiedenen Schiffswegen, eine Beschreibung der großen Fischgründe, sowie eine Würdigung der Fischerei und des Walfanges enthalten. Den Beschluß macht eine kurze Skizze über die geopolitische Stellung des Atlantischen Ozeans, der so oft einen Schauplatz für weltgeschichtliche Ereignisse abgegeben hat.

Ein sorgfältig spezialisiertes Register und zahlreiche Literaturnachweise am Schlusse der einzelnen Abschnitte erleichtern die Benutzung des monumentalen Werkes und erhöhen seinen Wert für jede Arbeit, die auf den Atlantischen Ozean Bezug nimmt. Trotzdem überall ein hohes wissenschaftliches Niveau gewahrt wird, ist die Darstellung flüssig, leicht verständlich und dürfte jedem Naturwissenschaftler hohes Interesse abnötigen. Eine verschwenderische Fülle von Karten, Abbildungen, Profilen und anderen Diagrammen wetteifert mit der Reichhaltigkeit des bearbeiteten und mit Geschick bewältigten Stoffes. Das anscheinend so eintönige Meer löst sich unter SCHOTTS Meisterhand in eine Reihe wohlcharakterisierter Teilbezirke auf, und diese Betonung des geographischen Prinzips läßt wiederum eine Menge neuer Gesichtspunkte zutage treten. Nicht nur für Naturwissenschaftler und Geographen, sondern für alle Freunde des Meeres, insbesondere auch für Seeleute und das Passagierpublikum der trans-

atlantischen Dampfer bildet das Buch als Lektüre und Nachschlagewerk eine Fundgrube interessanter Einzelheiten und eine reiche Quelle geistiger Anregung.

O. BASCHIN. Berlin.

U. S. COAST and GEODETIC SURVEY, Annual report of the direktor U. S. C. and G. S. to the Secretary of Commerce for the fiscal year ended June 30, 1925. 8°. 79 S. mit 23 Illustrationen. Washington: Government Printing Office 1925.

Bei gleichem Umfang an Zahl der Seiten und der beigelegten Abbildungen — worunter sich außer mehreren graphischen Darstellungen hauptsächlich Karten befinden, die die Fortschritte der Feldarbeiten zur Anschauung bringen — hat der vorliegende „Annual report“ außer der Einleitung und den 3 — dem vorjährigen¹⁾ entsprechenden Abschnitten — (The bureau's greatest needs, The Washington Office, In the field), wieder einen 4. Abschnitt erhalten. (Distribution of parties of the C. a. G. S. during the fiscal year ended June 30, 1925.)

Aus der mit der Abbildung der beiden Vermessungsschiffe „Discoverer“ und „Pioneer“ als Titelblatt versehenen Einleitung, welche die bemerkenswertesten Geschehnisse des letzten Berichtsjahres aufführt, sei folgendes hervorgehoben:

Äußerst wichtig in bezug auf Sparsamkeit und Leistungsfähigkeit ist es, bei den hydrographischen Vermessungen an den Küsten Vermessungsschiffe mit besonders guter Ausrüstung zu verwenden; der zunächst erforderlich werdende größere Kostenaufwand wird in kurzer Zeit durch die vermehrte Ergiebigkeit wieder reichlich eingebracht. Wie im vorigen „Annual report“ wird mit Nachdruck auf die Unzulänglichkeiten in der Regelung der Ruhestandsgehälter der Zivildienstbeamten des „Survey“ hingewiesen. Weiter wird besonders betont, daß der Bau eines geräumigen Dienstgebäudes zu einem unbedingten Erfordernis geworden ist, da der Zustand der Unterbringung in den jetzigen so „heterogenen“ Häusern einfach unhaltbar geworden ist.

Das Bestreben des „Survey“, der vom Laien vielfach als „allein dem Seemann dienend“ betrachtet wird, ist dauernd darauf gerichtet, die Vermessungsingenieure und Landmesser in den Staaten und Städten des Landes mehr und mehr mit den vorhandenen einheitlichen Grundlagen der Landesvermessung bekannt zu machen, damit bei Grenzfestsetzungen unnötige Streitigkeiten, wie sie durch Nichtbeachtung dieser Grundlagen bereits vielfach entstanden sind, vermieden werden.

In den kurzen weiteren hydrographischen Notizen ist besonders hervorgehoben, daß für andere Institute zahlreiche Wasser- und Bodenproben aus großen Meeres-tiefen als Nebenarbeit bei den Vermessungen geliefert werden konnten.

Die geodätischen Feldarbeiten sind größtenteils im Westen und in Alaska ausgeführt worden. Als Hauptarbeiten sind hier die Triangulationen, die Längen- und Breiten- und Azimutbestimmungen, die zur Erhaltung der sog. LAPLACESchen Punkte dienen, zu nennen, ferner: die Arbeiten, die in Verbindung mit dem Carnegie-Institut in Washington als Wiederholung der Winkelmessung der Triangulationen 1. Ordnung und zur Schaffung und Wiederholung der Nivellementslinien 1. Ordnung im Süden von Kalifornien zum eingehenden Studium der Erdkrustenbewegungen ausgeführt sind. Ein beigegebenes Kärtchen zeigt in übersichtlicher Darstellung die recht erheblichen horizontalen Verschiebungen, die seit Wiederholung dieser Messungen festgestellt werden konnten.

Die der Beobachtung der Polhöhwenschwankungen dienende Station Ukiah ist das ganze Jahr über in Tätigkeit gewesen, das gewonnene Beobachtungsmaterial wurde dem japanischen Prof. KIMURA gesandt, dem die Bearbeitung dieser Messungen mit den auf den übrigen internationalen Breitenstationen gewonnenen obliegt.

Durch die starke wirtschaftliche Entwicklung des Landes ist die Nachfrage nach dem Vermessungsmaterial und den Karten vielfach so stark geworden, daß die geschäftliche Erledigung ganz erhebliche Schwierigkeiten bereitet. Die Bedeutung der Frage der einheitlichen und vollständigen Messungsgrundlagen für ein in der Entwicklung begriffenes Land wird durch den Abdruck eines Abschnittes aus dem „1924 Annual report of the Direktor of Surveys of Sudan“ unterstrichen. In diesem Bericht wird zum Ausdruck gebracht, daß es kein wirkliches ökonomisches Prinzip ist, wenn die erste Vermessung eines Landes nur durch flüchtige und somit sehr wenig genaue Aufnahmen geschieht, denn wenn eine solche Vermessung auch zunächst genügt, so entstehen, sobald sie als Grundlage für die Kartenwerke eines in wirtschaftlicher Entwicklung begriffenen Landes genommen werden, alsbald endlose Konfusionen und Streitigkeiten über die genaue Lage der Grenzlinien. Wenn selbstverständlich das Vermessungswesen in den U. S. A. in einem nicht zu vergleichenden, weit besseren Zustande ist als im Sudan, so muß doch betont werden, daß zur Durchführung umfangreicher Privatprojekte zahlreiche Messungen ausgeführt werden, die nicht zur amtlichen Kenntnis gelangen und daher nicht in den einheitlichen Zusammenhang gebracht werden können und so auch unliebsame Unsicherheiten erzeugen. Es ist dringend erforderlich, daß dieser Zustand sobald als möglich durch Vollendung der „Standard topographic map“ für alle Teile des Landes beseitigt wird.

Vermehrte Aufmerksamkeit muß auch den erdmagnetischen Vermessungen zugewandt werden. Infolge der säkularen Schwankungen ist die regelmäßige Neubestimmung der erdmagnetischen Elemente auf besonders ausgewählten säkularstationen in Zeiträumen von etwa 5 Jahren erforderlich, damit die bisher ausgeführte erdmagnetische Vermessung des ganzen Landes nicht veraltet.

Ebenso müssen die Erdbebenbeobachtungen unabhängiger von Einzelproblemen in einheitlicherer Weise in Angriff genommen werden, da die Verfolgung der sich hieran anschließenden Probleme von allgemeinerer Bedeutung für das nationale Leben des Landes geworden ist.

Der Abschnitt I gibt uns ebenso wie in den früheren Berichten die dringendsten Bedürfnisse des „Survey“ an und ist somit in gewisser Hinsicht aufschlußreicher als die folgenden Abschnitte. Auch an dieser Stelle wird die dringende Notwendigkeit des Neubaus eines geräumigen Dienstgebäudes wiederholt und mit zahlreichen Gründen belegt. In den jetzigen Unterkunfts-räumen müssen dauernde bauliche Veränderungen getroffen werden, lediglich um den laufenden Betrieb nicht abfallen zu lassen.

Für die Vermessung der pazifischen Küste ist es wegen der dort in geringerer Anzahl vorhandenen Häfen sehr notwendig und zugleich ökonomischer, größere Vermessungsschiffe zu verwenden, als im atlantischen Ozean. Alle Vermessungsschiffe sollten aber, sobald als irgend möglich, mit akustischen Tiefenlotern ausgerüstet werden, weil hierdurch viel schnellere und bessere Arbeitsmöglichkeiten gegeben werden.

Die Frage der einheitlichen Vermessungsgrundlagen

¹⁾ Besprechung siehe diese Zeitschr. 14, 485.

wird auch bei der Verteilung des öffentlichen Siedlungslandes in Alaska angeschnitten; war es auch in den U. S. A. unvermeidlich, das Siedlungsland vor Ausführung der Triangulationen 1. Ordnung der Aufteilung zugänglich zu machen, so sollte man doch in Alaska zur Vermeidung späterer Grenzunsicherheiten auf diesem Gebiete rechtzeitig Vorsorge treffen.

Die Wünsche, die Erdbebenbeobachtungen systematischer durchzuführen, werden in diesem Abschnitt besonders damit begründet, daß in letzter Zeit zahlreiche Geldversicherungen gegen Erdbebenschäden abgeschlossen worden sind, ohne daß sie auf eine genügend sichere Grundlage gestellt werden konnten. Denn wenn bei diesen Abschlüssen nur die Erdbebenbeobachtungen benutzt werden, die über eine kurze Zeitspanne sich erstrecken, so ist für die Beteiligten weder ein finanzieller Schutz noch ein entsprechender Verdienst genügend sichergestellt. Systematisch gesammelte Beobachtungen, die die Regionen mit starken Erdbeben, mit schwächeren Erdbeben und ohne gespürte Erdbeben unterscheiden ließen, könnten für den genannten Zweck zugleich die beste Grundlage geben.

Stark betont wird bei den Vorschlägen für den weiteren Ausbau der Gezeiten- und Strömungsmessungen die Notwendigkeit, sobald als möglich die schnellen und schnell sich verändernden Strömungen, die in schmalen Durchfahrten der Schifffahrt so sehr gefährlich werden können, zu erkunden, wobei im besonderen die Eintrittszeiten möglichst genau festgestellt werden müssen.

Der Abschnitt II enthält neben statistischen Angaben — Zahl und Arbeitstage der vorhandenen Beamten und Angestellten, der veröffentlichten Karten (mit Diagrammen), der berechneten Triangulationen und astronomischen Messungen, der ausgegebenen Gezeitentabellen usw. — im besonderen Mitteilungen über die im Berichtsjahre herausgegebenen oder vorbereiteten „Special Publications“, von denen die folgenden genannt seien: The Construction and Operation of the Wire Drag and Sweep; Magnetic Surveys. (A small publication for the use of those interested in the subject.); Terrestrial Magnetism in the United States; The Earth's Magnetism. Im Schluß dieses Abschnittes werden ebenso wie im folgenden die für das laufende Jahr vorgesehenen Arbeiten im einzelnen aufgezählt.

Der Abschnitt III bietet ebenso zahlreiche statistische Angaben, die durch die vielen Karten (auch großen Formats) sehr anschaulich zur Darstellung gebracht werden. Betont wird, die Vermessung der Philippinen so schnell als möglich zu Ende zu bringen. Von der hydrographischen, geodätischen, magnetischen, seismologischen, Gezeiten- und Strömungsabteilung wird in kurzen Absätzen mit zwischengesetzten Tabellen berichtet. Das Schlußkapitel gibt abschließend eine zusammenfassende Übersicht.

Der Abschnitt IV der 1923 beigegeben — 1924 aber fortgelassen — war, gab im einzelnen Aufschluß über den Aufenthalt, die Arbeiten und das leitende Personal der Vermessungsschiffe, der Vermessungstrupps auf dem Lande, der magnetischen Stationen usw. Der im vorliegenden Bericht wieder beigelegte Abschnitt IV beschränkt sich auf eine tabellarische Übersicht der Art der Arbeiten, der Namen der Führer und der Gegenden der Feldarbeiten.

Vergleichen wir abschließend einmal Nordamerika mit Europa in bezug auf das Vermessungswesen, so muß gesagt werden, daß Amerika hier fast alle grundlegenden Ideen von Europa — im besonderen von Deutschland — erhalten hat; daß aber infolge des

gewonnenen einheitlichen Materials — darüber dürfen uns die vielen und oft vorgebrachten Wünsche nicht hinwegtäuschen — die Ausbeute zur Zeit als viel ergiebiger bezeichnet werden muß, als dies in Europa mit seinen abgeschlossenen Einzelstaaten der Fall ist.

E. BRENNECKE, Berlin-Potsdam.

Orbis Terrarum. Mexiko. Baukunst. Landschaft. Volksleben. Aufnahmen von HUGO BREHME. Mit einer Einleitung von WALTHER STAUB. Berlin: Ernst Wasmuth A.-G. 1925. XI, 256 S. 25 × 31 cm. Preis geb. in Ganzleinen RM 24.—, in Halbleder oder Halbpapier RM 32.—.

In der großzügig angelegten Sammlung länderkundlicher Prachtwerke, die den ganzen Erdkreis in meisterhaften Photographien von hohem künstlerischen Wert darzustellen strebt und über welche bereits in dieser Zeitschrift (1925. Jg. 13, H. 9, S. 173) berichtet wurde, ist jetzt der Band „Mexiko“ erschienen. Der beschreibende Text von STAUB gibt in knapper Form eine, auch vom naturwissenschaftlichen Standpunkt aus mustergültige Schilderung, der man in jeder Zeile anmerkt, daß ein vorzüglicher Kenner des Landes hier zu Worte kommt. Seine Ausführungen bilden eine willkommene Ergänzung zu einem Vortrag des Verf. über Nordost-Mexiko, der in dieser Zeitschrift (1925. Jg. 13, H. 10, S. 198—199) gewürdigt worden ist.

Die auserlesenen Bilder zeigen nicht nur die wundervollen Bauwerke aus alter und neuer Zeit, Götzenbilder, Kirchen, Ruinen, Pyramiden, Brücken, Wasserleitungen und Städte, sondern auch zahlreiche naturwissenschaftliche Objekte, insbesondere Landschaftsbilder von wunderbarer Schönheit, schneebedeckte Bergriesen, Vulkane im Ausbruchsstadium, Lavaströme, vereiste Kraterwände, Küstenformen und Häfen, Seen, Flüsse und Wasserfälle, Schluchten und Tropfsteinhöhlen. Die Pflanzenwelt wird in malerischen Parkanlagen und vielen typischen Vegetationsformationen vom Urwald bis zur Wüste vorgeführt. Wir sehen Bananenhaine, Agaven, Zuckerrohr, Säulen- und Kandelaber-Kakteen, Ficus- und Ceiba-Bäume, Palmen und viele andere fremdartige Gewächse, bei deren Anblick man oft bedauert, daß sie in der Unterschrift nicht näher gekennzeichnet sind. Viele Bilder würden jedenfalls durch eine etwas ausführlichere Beschreibung erheblich an wissenschaftlichem Wert gewinnen. Die eingeborene Bevölkerung wird uns mit ihren oft recht primitiven Wohnungen, ihren Trachten, ihren Betätigungen in Feldarbeit, Fischerei, Nahrungszubereitung und sonstigen Handierungen gezeigt, so daß man auch ein eindrucksvolles Bild von der materiellen Kultur der Mexikaner erhält.

O. BASCHIN, Berlin.

Kürschners Deutscher Gelehrten-Kalender auf das Jahr 1926. Unter redaktioneller Leitung von Dr. HANS JAEGER. Herausgegeben von Dr. GERHARD LÜDTKE. 2. Jahrgang. Mit dem Bildnis von Professor Dr. GEORG DEHIO. Berlin und Leipzig: Walter de Gruyter & Co. 1926. 212 + 2516 Sp. 13 × 20 cm. RM 40.—.

Der Deutsche Gelehrten-Kalender, den der dienstvolle Herausgeber der *Minerva* ins Leben gerufen hat, hat mit dem kürzlich ausgegebenen zweiten Jahrgang den ersten bereits so erstaunlich überflügelt, daß die Schwierigkeiten, mit denen ein so weitschichtiges Unternehmen im Anfang zu kämpfen hat, als völlig überwunden gelten können. Das Namensverzeichnis ist von 6000 auf 12 000 Namen gestiegen; selbst die Namen und Adressen derjenigen Gelehrten sind verzeichnet, die den Fragebogen — leider — nicht beantwortet haben. Die Adressaten sollten sich dieser kleinen Mühe schon deswegen unterziehen, weil die

Nützlichkeit des Kalenders außer Frage steht. Die Zweckmäßigkeit seiner Anlage läßt sich kaum besser beschreiben, als durch die wortgetreue Anführung eines Beispiels. Wir wählen ein naheliegendes:

Lessing, Theodor, * Dr. med. u. phil. THSchP. Hannover. Anderten b. Hann., Landhaus Miriam. (ebda 8/2 72.) V: Schopenhauer-Wagner-Nietzsche 06; Wertaxiomatik 08, 2. A. 14; Untergang der Erde am Geist (Europa und Asien) 16, 3. A. 23; Geschichte als Sinngebung d. Sinnlosen 20, 4. A. 26; Symbolik d. menschl. Gestalt 25; Prinzipien der Charakterologie 26; s. auch LK.

Durch reichliche und sehr geschickte Abkürzungen¹⁾ und Zeichen ist ein ungeheures Material auf einen verhältnismäßig kleinen Raum gebracht. Aber der Umfang ist doch gewaltig, und daher mag es erlaubt sein, den bereits im vorigen Jahr hier geäußerten Wunsch nach einer gewissen Beschränkung zu wiederholen. Der Herausgeber hat leider die Hochflut von Hinweisen auf Zeitschriftenaufsätze und Beiträge zu Sammelwerken nicht eingedämmt, und dieses Hochwasser belastet den Kalender mit einer Unmenge von Hinweisen, für die sicherlich in vielen Fällen kaum ein Bedürfnis besteht

¹⁾ Es bedeutet **. Philosophie, THSchP Professor der Technischen Hochschule, V Verfasser, A Auflage, L.K. Literaturkalender.

(außer bei dem Autor selbst). Wenn ADOLF VON HARNACK seine Abhandlungen nur mit der Formulierung erwähnt: „sehr zahlreiche Abhandlungen in den Sitzungsberichten der Preussischen Akademie und in Zeitschriften“, so dürfte dieses Verfahren wohl als sanktioniert gelten. Leider aber schwelgen die meisten Verfasser von Zeitschriftenaufsätzen und Beiträgen zu Sammelwerken in einer Sintflut von Überschriften kleiner und kleinster Aufsätze. Aber wenn jemand sogar schon seine Mitarbeit an den von LANDOLT und BÖRNSTEIN begründeten Tabellen als eine Leistung ansieht, die in dem Gelehrten-Kalender festgehalten zu werden verdient, so darf man das als ein Zeichen von Genügsamkeit ansehen, für dessen Rubrizierung der Kalender wirklich zu schade ist. Der Gelehrten-Kalender soll kein *lucus a non lucendo* sein. Die Bitte an den Herausgeber geht dahin, Beiträge zu Sammelwerken überhaupt nicht zu erwähnen, da es stets nur zusammenfassende Referate sind, von sonstigen Artikeln in Zeitschriften aber höchstens fünf zuzulassen. Ein besonderes Verdienst würde sich der Herausgeber erwerben, wenn er alle diejenigen aus dem Gelehrten-Kalender weglassen würde, die ausschließlich in den Literatur-Kalender gehören. ARN. BERLINER, Berlin.

Zuschriften.

Der Herausgeber hält sich für die Zuschriften nicht für verantwortlich.

Enthält die Cellulose eine chemische Vereinigung von vier Hexosegruppen?

Die rechnerische Auswertung des Röntgenspektrums der Cellulose führte M. POLANYI¹⁾ bekanntlich zu einem Elementarkörper rhomboedrischer Symmetrie mit dem Volumen von 680×10^{-24} ccm, in dem bei einem spezifischen Gewicht von $s = 1,58$ Platz für nur 4 $C_6H_{10}O_5$ -Gruppen ist.

Dieser Befund hat bekanntlich vielfach die Ansicht erweckt, daß die Zahl 4 das chemische Molekül der Cellulose wiedergebe oder daß hier für das Molekül mindestens eine obere Grenze gegeben sei.

J. R. KATZ²⁾ hat zuerst darauf hingewiesen, daß im Falle assoziierter Luftstangen die röntgenographische Identitätsperiode kleiner sein könnte als die Dimensionen des Moleküls, z. B. $\frac{1}{2}$ oder $\frac{1}{3}$ usw. der Dimensionen des Cellulosemoleküls. Später ist dann auch von R. O. HERZOG³⁾ die Möglichkeit einer Beurteilung der Größe des Cellulosemoleküls aus der Zahl 4 zwar eingeschränkt worden, indem die Begrenzung des kristallographischen Elementarbereiches nicht ohne weiteres den größtmöglichen Umfang des Moleküls angeben soll, sondern daß doch die Möglichkeit offengelassen werden muß, daß das Molekül der Cellulose über den Elementarkörper hinausreicht⁴⁾ und bis zu unendlich groß sein könnte. HERZOG hält dabei aber doch als eine gleichberechtigte Möglichkeit die Auslegung der Zahl 4 als eine Höchstzahl für das Cellulosemolekül aufrecht.

Es sei uns daher gestattet, auf eine Folgerung hinzuweisen, die sich aus einer soeben erschienenen Arbeit

desselben Autors¹⁾ ergibt und die deutlich zeigt, daß die Zahl 4 für den chemischen Aufbau der Cellulose im besonderen in bezug auf die Frage nach ihrem Molekül überhaupt keine Bedeutung haben kann. Die Folgerung wird in der angezogenen Arbeit nicht gezogen und ist auch nicht ohne weiteres erkennbar, weil sie durch einen Rechenfehler verdeckt wird.

R. O. HERZOG geht von der Beobachtung aus, daß Cellulosefasern nach vorsichtig unter Erhaltung der Faserform durchgeführter Nitrierung²⁾ und Acetylierung³⁾ ein teilweise scharfpunktiges Diagramm gibt, das er mit einem Faserdiagramm vergleicht. Bei der Auswertung der Diagramme nach der Methode von M. POLANYI findet HERZOG für die acetylierte Faser einen Elementarkörper von vierfacher und für die nitrierte Faser von achtfacher Größe des der Cellulose. In dem Elementarkörper der Acetylcellulose ist also danach Raum für 16 Gruppen $C_6H_7O_5(COCH_3)_3$, und in dem der Nitrocellulose für 32 Gruppen $C_6H_8O_5(NO_2)_2$. Das ergäbe im Sinne der Auffassung, daß der ermittelte Elementarkörper eine obere Grenze des Molekulargewichtes der Substanz sei, immerhin die respektablen Molekülgrößen von 4608 bzw. 8064.

Ist nun die HERZOGsche Ansicht richtig, daß der Elementarkörper irgend etwas mit dem Molekül der Substanzen zu tun hat, so ergeben sich jetzt Widersprüche, nämlich einerseits nach dem Verhalten der Substanzen in Lösung⁴⁾, worauf hier nicht eingegangen werden soll, andererseits dadurch, daß bei der Acetylierung und Nitrierung entsprechend der Zunahme

¹⁾ M. POLANYI, Naturwissenschaften 9, 288, 337. 1921.

²⁾ J. R. KATZ, Physik. Zeitschr. 25, 664. 1924; Cellulosechemie 6, 37. 1925; Ergebnisse d. exakt. Naturw. Bd. III, S. 363. 1924; Bd. IV, S. 185. 1925.

³⁾ R. O. HERZOG, Cellulosechemie 6, 39. 1925; vgl. ebenso K. HESS, Textilberichte 3, 43. 1922; A. 435, 120. 1923.

¹⁾ R. O. HERZOG, Journ. physical. chemistry 30, 457. 1925; PULP and PAPER Magazine of Canada 24, 697. 1926; Helvetica chim. acta 9, 631. 1926.

²⁾ HANS AMBRONN, Kolloid-Zeitschr. 13, 206. 1913.

³⁾ Vgl. dazu D.R.P. 184 201; vgl. F. BECKER, Die Kunstseide. W. Knapp, Halle. 1912. S. 321.

⁴⁾ Vgl. K. HESS und G. SCHULTZE, A. 448, 99. 1926; vgl. auch K. HESS, Kolloidchem. Beih., AMBRONN-Sonderheft, August 1926; und K. HESS, Naturwissenschaften 14, 435. 1926.

des Elementarkörpers auf die vier- und achtfache Größe eine Molekülvergrößerung erfolgt sein sollte.

Diese Widersprüche werden behoben, und der Ansicht, daß bei den in Frage stehenden Substanzen der kristallographische Elementarkörper irgend etwas mit dem Molekulargewicht zu tun habe, der Boden entzogen, wenn man die zugrundeliegenden Rechnungen nachprüft: setzt man in die bekannte Formel die von HERZOG gefundenen Zahlen ein, so ergibt sich für die Anzahl (n) der Gruppen im Elementarvolumen:

$$n = \frac{\text{bei Triacetylcellulose}}{637.5 \cdot 10^{-24} \times 1.20 \times 6.1 \cdot 10^{23}} = 1.62$$

$$n = \frac{\text{bei Dinitrocellulose}}{845 \cdot 10^{-24} \times 1.58 \times 6.1 \cdot 10^{23}} = 3.21$$

Im Elementarvolumen der Acetylcellulose haben danach nicht 16¹⁾, sondern 1,62, und in der Nitrocellulose nicht 32²⁾, sondern 3,21 C₆-Gruppen Platz. Wenn auch die Zahl 3,21 vielleicht auf 3,0 abgerundet werden mag (7% Fehlergrenze), und wenn man vielleicht dann auch annehmen könnte, daß in der Nitrocellulose zwar nicht 4, sondern 3 C₆-Gruppen enthalten sind, was wenigstens größenordnungsmäßig übereinstimmen würde, so hat die errechnete Zahl 1,62 in chemischer Hinsicht gar keinen Sinn, auch dann nicht, wenn man sie auf 1,5 abrunden wollte³⁾. *Wir müssen folgern, daß der durch das Röntgendiagramm ausgemessene Elementarkörper nichts mit dem Molekulargewicht der beiden Substanzen zu tun hat.*

Das Ergebnis macht es nun außerordentlich unwahrscheinlich, daß auch der Zahl 4 für die Cellulose irgendeine Bedeutung in bezug auf das Molekulargewicht zukommt. Käme ihr diese zu, so sollte die Zahl in der Acetylcellulose und in der Nitrocellulose wieder hervortreten, und dies um so mehr, als HERZOG selbst zeigt, daß bei dem Übergang von Faser-cellulose in Faserester die Krystallitgrößenordnung sich nicht ändert⁴⁾.

Zur Frage über das Molekulargewicht der Cellulose sei auf meine vorangehenden Mitteilungen⁵⁾ hingewiesen, bei denen durch kryoskopische Bestimmung von drei krystallisierten Derivaten der Cellulose (Triacetyl-, Diacetyl- und Trimethylcellulose) als Molekül der Cellulose nur ein einfaches der Gruppe C₆H₁₀O₅ hervorgetreten ist, das unter entsprechenden Lösungsbedingungen sich zu Molekülkomplexen assoziieren kann, für die es aber schwer fällt, irgendeine charakteristische Molekulargröße zu fixieren. Man kann solche Assoziationen entweder als große Moleküle oder als kleine Kryställchen ansprechen. Tut man das erstere, dann liegt es am nächsten, auch in der natürlichen Cellulose solche großen Moleküle anzunehmen.

Berlin-Dahlem, den 21. Juli 1926. KURT HESS.

¹⁾ HERZOG findet genau 15,9; hier ist auch das Elementarvolumen aus den Röntgenperioden falsch ausmultipliziert; dieselbe fehlerhafte Berechnung wiederholt sich in einer soeben in den *Helv. chimica acta* (Bd. 9. 1926) erschienenen Abhandlung.

²⁾ HERZOG findet genau 32,1.

³⁾ Oder muß man sie auf 1 abrunden?

⁴⁾ Es dürfte jetzt auch für die Seide sehr fraglich sein, ob der von R. BRILL (*Liebigs Ann. d. Chem.* 434, 204. 1923; 446, 307. 1923) ermittelte Elementarkörper irgend etwas mit dem Molekulargewicht der hier in Frage stehenden krystallinen Eiweißkomponente zu tun hat.

⁵⁾ K. HESS, W. WELTZIEN und E. MESSMER *Liebigs A.* 435, 1. 1923, und die folgenden Mitteilungen in *Liebigs A.*, teilweise in Druck.

Verfahren zur Messung von Gastemperaturen.

Man kann die Wärmeverluste eines Thermometers, etwa eines Thermoelements, die es z. B. in einer Gasmasse durch Ausstrahlung gegen kältere Wände erfahren kann, dadurch kompensieren, daß man es elektrisch aufheizt, etwa so, daß man die Lötstelle des Thermoelements mit einem elektrisch geheizten Bügel vernietet. Saugt man nun mit einer Wasserstrahlpumpe das Gas an dem Heizbügel, den man hinter einer Düse anordnet, einige Sekunden lang vorbei, so wirkt das Gas auf den Bügel kühlend, falls er über die Gastemperatur aufgeheizt ist; ist durch die Heizung die Gastemperatur noch nicht erreicht, so wirkt der Gasstrom erwärmend auf den Bügel. Es ist leicht, die Gastemperatur zwischen zwei nahe beieinanderliegende Temperaturwerte einzugrenzen; ein Temperaturgradient in der Nähe der Lötstelle ist zu vermeiden.

Mit einem nach dem angegebenen Prinzip gebauten Gaspysometer haben sich in einer Gasmuffel und in

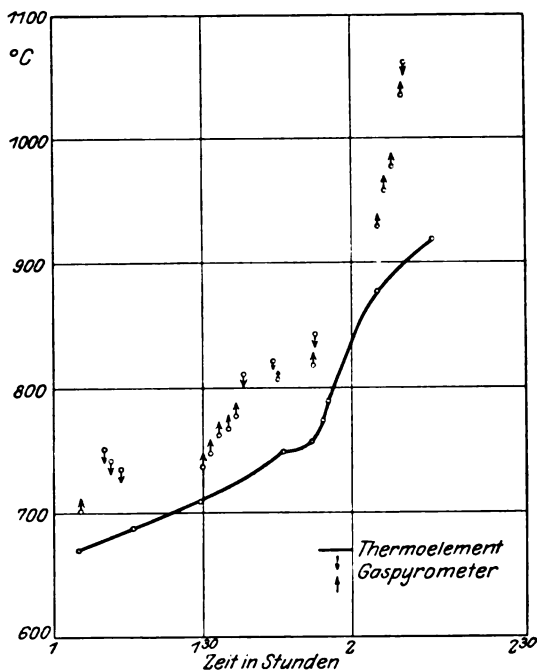


Fig. 1. Gastemperatur in einer Gasmuffel.

ihrem Fuchs bei Fehlanzeige des ungeheizten Thermoelements von mehr als 100° C Gastemperaturen bis zu 1000° C mit einer Genauigkeit von durchschnittlich ungefähr 3° C in kurzer Zeit bestimmen lassen. Einige Meßergebnisse sind in Fig. 1 und 2 dargestellt. Die Fußpunkte der Pfeile geben die infolge der Heizung erreichte Gleichgewichtstemperatur an; die Pfeilrichtung und Pfeillänge bezeichnet Steigen oder Fallen der Temperatur des Heizbügels infolge der Beschleunigung des Gasstromes. Die Gastemperatur liegt zwischen zwei einander entgegenzeigenden Pfeilspitzen. Die durch die untere Kurve dargestellten Meßergebnisse sind die Anzeigen des ungeheizten Thermoelements bei der natürlichen Strömung des Gases. Das Gaspysometer war senkrecht durch eine Wand der Muffel bzw. des Fuchses eingeführt.

Die Abkühlung der Gase vor ihrer Berührung mit der Lötstelle durch adiabatische Expansion kommt bei

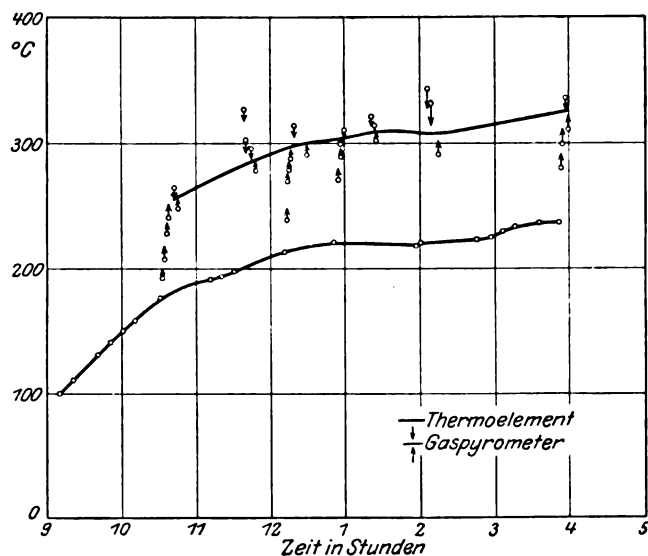


Fig. 2. Gastemperatur im Fuchs einer Gasmuffel.

den geringen benutzten Gasgeschwindigkeiten nicht in Frage. Die Wärmeabgabe der Gase auf ihrem Weg zum Thermometer muß vermieden werden.

Im Hinblick auf die Messung hoher Temperaturen wird man den Anschluß an die optische Pyrometrie suchen, der grundsätzlich dadurch gegeben ist, daß man z. B. an Stelle des Heizbügels etwa einen geheizten dünnen Platindraht oder einen Nernststift setzt und mit einem optischen Pyrometer (gegebenenfalls Mikropyrometer) beobachtet, ob seine Temperatur bei Veränderung der Gasgeschwindigkeit steigt oder fällt. Schwierigkeiten, die durch Unkenntnis oder mangelhafte Konstanz des Absorptionsvermögens bedingt sind, wären bei Verwendung eines Mikropyrometers z. B. dadurch zu beseitigen, daß man den anvisierten Strahler als kleinen schwarzen Körper ausbildet.

Über die weitere Ausgestaltung des Verfahrens, insbesondere die Frage der selbsttätigen Messung der Gastemperaturen wird an anderer Stelle ausführlicher berichtet. An den ersten Vorbereitungen vor fast Jahresfrist hat Herr Dr. v. STORP dankenswerten Anteil genommen.

Düsseldorf, den 18. Juli 1926.

HERMANN SCHMIDT.

Technische Mitteilungen.

Hauptversammlung des Vereins deutscher Ingenieure.

Die Jahrestagung, die der Verein deutscher Ingenieure vom 12. bis 14. Juni 1926 in Hamburg abgehalten hat, darf sowohl in bezug auf Beteiligung, als auch was das wissenschaftliche Ergebnis anbetrifft, unter die bestgelungenen gezählt werden. Was an Vorträgen in den Fachsitzungen über Dieselmotoren, Schweißtechnik, technische Ausbildung, Stoffkunde, Betriebstechnik, säurefeste Legierungen und Technik in der Landwirtschaft geboten wurde, war weit mehr, als der einzelne außer den beiden Vorträgen der Hauptsitzung hätte aufnehmen können.

In der Hauptsitzung sprach zuerst Dr.-Ing. H. FRAHM, Direktor der Schiffswerft und Maschinenfabrik von Blohm & Voß, Hamburg, über *Neuere Probleme des Schiffbaues*. Bei einer Betrachtung des Hauptproblems, das heute im Schiffsbau zu lösen ist, nämlich der Entscheidung über die Art der Antriebsmaschinen, darf man niemals vergessen, daß diese Frage, wie überhaupt die Bemessung der Größe und der Geschwindigkeit, von den Wünschen der Reederei bestimmt wird. Von Einfluß ist hierbei z. B., ob das zu entwerfende Schiff ein Fahrgastschiff mit verhältnismäßig wenig Ladung oder ein Frachtschiff ohne oder höchstens mit einer geringen Anzahl Fahrgäste sein soll. Weiterhin ist von Einfluß, welche Route das Schiff vorzugsweise befahren soll, da hiervon die Möglichkeiten und die Kosten der Brennstoffversorgung unterwegs abhängen.

Schon diese Andeutungen lassen erkennen, daß die Wahl der Antriebsmaschinen bei einem größeren Schiffsbau ein verwickeltes Problem darstellt, das sich niemals allgemein, sondern immer nur für den besonderen vorliegenden Fall lösen läßt. Was im besonderen den heute vorherrschenden *Wettkampf zwischen Dampfkraftanlage und Dieselmotoren* auf Schiffen anbetrifft, so stellt sich, wenn man den Vergleich nicht, wie es falsch wäre, lediglich auf die Brennstoffkosten bezieht, keines der beiden Systeme zur

Zeit so überlegen dar, daß man es ganz allgemein bevorzugen könnte; prüft man dagegen die Frage unter Berücksichtigung der gerade vorliegenden Umstände, wobei sich namentlich auch zeigt, daß die Brennstoffkosten nur einen gewissen Teil der Gesamtausgaben der Reederei beim Betrieb eines größeren Schiffes darstellen, so ergibt sich heute vielfach, daß beide Betriebsarten praktisch ziemlich gleichwertig sind, und die Entscheidung für den Reeder wird noch dadurch erschwert, daß er den hierfür wesentlichen Faktor, nämlich die Preise der Brennstoffe, nicht auf Jahre hinaus vorhersehen kann.

Einen genaueren Einblick in die Verhältnisse erlangt man bereits, wenn man sich beispielsweise darauf beschränkt, die Eignung von Dampf- oder Dieselmotorantrieb für einen größeren Frachtschiffneubau zu untersuchen. Als die günstigste Dampfanlage ergibt sich hierbei der Antrieb mit *Dampfturbinen und Zahnrad-Vorgelege*; er hat den Vorzug, daß die Anlage sehr niedrig ist, also die Stabilität des Schiffes verbessert, und daß auch der notwendige Brennstoff nicht zuviel Raum beansprucht, wenn man die Dampfkessel mit Öl beheizt. Eine solche Anlage wiegt einschließlich des Brennstoffes für die Reise Hamburg—Neuyork und der aus Sicherheit mitgeführten Ölreserve bei 13 000 PS Leistung 3830—4270 Tonnen, je nachdem man Wasserröhrenkessel oder Zylinderkessel verwendet.

Für die Ausrüstung eines solchen Schiffes mit Dieselmotoren stehen heute als die vorteilhaftesten die *doppeltwirkenden Zweitaktmotoren* nach dem Muster der erstmalig im Hamburger Elektrizitätswerk aufgestellten Maschine zur Verfügung; sie sind in bezug auf Gewicht und Raumbedarf den doppeltwirkenden Viertaktmotoren, die im Ausland entwickelt wurden, nicht unwesentlich überlegen, haben aber gegenüber den Dampfturbinen den Nachteil der größeren Höhe, was z. B. bei Fahrgastschiffen zu Schwierigkeiten in der Deckanordnung führen kann. Eine solche Anlage wiegt bei 13 000 PS, wieder einschließlich des Öl-

vorrates, 3650—3890 Tonnen, je nachdem die Motoren über Zahnräder-Vorgelege oder unmittelbar auf die Wellen der Schiffsschrauben wirken.

Auch aus diesem Vergleich kann man entnehmen, daß Dampf- und Dieselmotorenantrieb einander heute ziemlich gleichwertig sind, und daraus erklärt es sich auch, daß bei den letzten großen Hamburger Schiffsbauten wieder der Dampfantrieb vorgezogen worden ist, nachdem man eine Reihe von Jahren Motorschiffe gebaut hatte.

Außer der Frage der Antriebsmaschinen streifte der Vortr. nur kurz die neueren Versuche, die Übertragung der Maschinenleistung durch die Schraube zu verbessern, hauptsächlich die Leitapparate zur besseren Einführung des Wassers in die Schraube und die hydrodynamisch vorteilhafter durchgebildeten Formen der Ruder.

Als zweiter sprach Prof. Dr.-Ing. P. GOERENS, Essen, über *Stahlqualitäten und deren Beziehungen zu den Herstellungsverfahren*. Der Redner wies namentlich darauf hin, daß unsere chemischen, physikalischen und technologischen Prüfungsverfahren noch nicht genug weit durchgebildet sind, um dem Verbraucher alle diejenigen Eigenschaften zu zeigen, die er kennen muß, um ein Urteil über die Verwendbarkeit eines Materials fällen zu können. Selbst wenn man die Stahlsorte durch die chemische Untersuchung, die Stahlart durch das Herstellungsverfahren und den Zustand durch Bestimmung der Behandlung des Stahles bei der Formgebung und der Erwärmung vorgeschrieben hat, so bleiben immer noch gewisse für die Verwendbarkeit maßgebende Eigenschaften übrig, die man unter der Bezeichnung Qualität zusammenzufassen pflegt und für die wir noch kein bestimmtes Maß kennen. Wir können sie nur aus dem Verhalten des Stahles unter den besonderen Anwendungsumständen beurteilen und wissen, daß sie im wesentlichen von der Erfahrung des Stahlwerkes und von der Sorgfalt abhängt, mit der dort bei der Formgebung vorgegangen wird.

Der Redner erläuterte diese Thesen an Beispielen aus seinen umfangreichen Laboratoriumserfahrungen; er zeigte, wie man nicht einzig und allein aus dem Vorhandensein von Schwefel oder von Schlackeneinschlüssen auf die Güte schließen dürfe, daß vielmehr wesentlich sei, in welcher Form diese Verunreinigungen auftreten. Mit einer gewissen Annäherung nur könne man auf die Qualität aus den Ergebnissen der bekannten technologischen Prüfungen, der Zerreißversuche, Biege- und Kerbschlagproben usw., schließen, weil man nie genau wissen könnte, ob der Stahl unter den gleichen Verhältnissen wie bei der Probe verwendet werde und weil auch dann die Probe nie alle Eigenschaften erfassen könnte, die für die praktische Anwendung bei irgendeinem Maschinenteil oder Werkzeug in Betracht kommen.

Aus dieser Sachlage zieht der Vortr. den Schluß, daß nur ein ausgiebiger Austausch von praktischen Erfahrungen zwischen Hersteller und Verbraucher dazu führen könne, die Lücke auszufüllen, die heute noch im Gebiet der Erforschung der Materialeigenschaften vorhanden ist. Einen wichtigen Schritt in dieser Richtung bilde die im Gang befindliche Normung, weil sie die Arbeit auf eine geringe Zahl von Sorten beschränkt.

Auf die Vorträge in den Fachsitzungen einzugehen, fehlt es leider hier an Raum. Es sei nur erwähnt, daß in der Fachsitzung „Dieselmaschinen“, die, wie in den früheren Jahren, von Prof. Dr.-Ing. NÄGEL, Dresden, geleitet wurde, am Vormittag über das Thema der Anwendung von Dieselmotoren zur Über-

windung von Belastungsspitzen in Elektrizitätswerken und am Nachmittag über neuere Forschungen auf dem Gebiet der Einspritzvorrichtungen für Dieselmotoren verhandelt wurde. Wegen des ersten Themas verweisen wir auf den kürzlich an dieser Stelle veröffentlichten Bericht. Die Beiträge zum zweiten Thema umfaßten außerordentlich interessante Versuche von Prof. Dr.-Ing. K. NEUMANN, Hannover, aus denen man schließen kann, daß das Verhalten des in den Zylinder eingespritzten Brennstoffes bis zu dem Augenblick, wo die Zündung eintritt, in der Hauptsache nach den Gesetzen vom Wärmeübergang beurteilt werden muß. Der zweite Bericht von Dr.-Ing. EICHEBERG, Winterthur, brachte die erste Systematik der Einspritzverfahren für Dieselmotoren ohne Lufteinblasung, abgesehen von Versuchserfahrungen aus dem Betriebe der Firma Gebr. SULZER in Winterthur.

Fortschritte der Automobiltechnik. Ein Überblick über die Entwicklung der Automobilkonstruktion in den letzten Monaten, sowohl bei uns als auch im Ausland, führt zu dem vielleicht für manchen überraschenden Ergebnis, daß ungeachtet der Massenerzeugung, die namentlich in den Vereinigten Staaten in diesem Artikel herrscht, und ungeachtet der vielfach erfolgreichen Versuche, zu normalisieren, die bekanntlich gerade vom Gebiet des Automobilwesens ihren Ausgang genommen haben, die Technik auch auf diesem Gebiete keineswegs stillsteht. Im Gegenteil, beinahe alle Monate kann man von einer anderen, fast umwälzenden Neuerung lesen, die mit Erfolg erprobt wurde. Man könnte sogar meinen, es wäre gar nicht möglich, so viele Neuerungen mit so großen Kosten zu erproben, wenn die in geordneten Bahnen verlaufende Massenerzeugung nicht die Mittel dafür liefern würde. Die Automobilindustrie kann es sich aber auch leisten, Geld für Versuche herzugeben, die gegebenenfalls alle heutigen Konstruktionen unbrauchbar machen können; denn die Produktion von Automobilen hat heute schon einen so ungeheuren Maßstab erlangt, daß jede, auch die größte Erfindung zu ihrer Einführung lange Zeit braucht. In dieser Zeit kann sich aber die Industrie ohne große Verluste auf die Neuerung umgestellt haben. Die sonst so häufig beobachtete feindliche Einstellung der Industrie gegenüber Neuerungen, wird hier gegenstandslos, und dies bildet einen nicht geringen Anreiz für den Fortschritt.

Auf einige von den wichtigsten Neuerungen, an denen man heute in der Automobiltechnik arbeitet, sei im nachstehenden eingegangen:

Ingenieure und Chemiker befassen sich heute sehr eifrig damit, zu erforschen, worauf das eigentümliche *Klopfen* beruht, das in Automobilmotoren zu hören ist, sobald der Enddruck des Verdichtungshubes im Zylinder über eine gewisse Grenze steigt. Dieses Klopfen ist insofern störend, als es zu einer Leistungsabnahme des Motors infolge Überhitzung führt und nach kurzer Zeit den Motor betriebsunfähig macht. Die beste Erklärung, die man dafür bis jetzt finden konnte, war, daß bei einer bestimmten Höhe des Verdichtungsdruckes die durch die elektrische Zündkerze eingeleitete Verbrennung des Gemisches im Zylinder, die trotz der außerordentlich kurzen Zeit, die dafür zur Verfügung steht, immer noch allmählich fortschreitet, plötzlich in eine *Detonation*, d. h. in eine Verbrennung übergeht, die augenblicklich den ganzen Rest der Ladung ergreift und hierdurch zu außergewöhnlich starker Drucksteigerung im Zylinder führt.

Man hat nun beobachtet, daß gewisse chemische Stoffe, namentlich Metallsalze organischer Säuren, die Eigenschaft haben, diese Detonationserscheinungen, die

übrigens nicht bei allen Automobilbrennstoffen in gleichem Grad auftreten, zu verhindern oder wenigstens zu mildern. Man erklärt sich diese Wirkung dadurch, daß die Metallverbindungen bei den hohen Verbrennungstemperaturen zerfallen und der abgeschiedene Metallstaub das Fortschreiten der Verbrennung bremst. Neuerdings ist es sogar gelungen, diese bremsende Wirkung auch ohne chemische Zusätze zu den Brennstoffen zu erzielen, indem man künstlich während des Verdichtungsstages geringe Entspannungen im Zylinder hervorgerufen hat.

Die beschriebenen physikalischen Erscheinungen sind von großer praktischer Bedeutung für die Automobiltechnik, da man allgemein dahin strebt, Motoren mit höheren Verdichtungsgraden zu verwenden, um hohe Leistungen mit verhältnismäßig leichten Motoren erzeugen zu können. Das gilt nicht nur, wie selbstverständlich, für die Flugzeuge, sondern auch allgemein für die Automobile, deren Fahreigenschaften um so besser werden, je höher die Motorleistung im Verhältnis zum Gewicht getrieben werden kann. Das Interesse der deutschen Industrie an dieser Frage wird dadurch gekennzeichnet, daß es einerseits der Badischen Anilin- und Sodafabrik, Ludwigshafen, gelungen ist, im *Eisen-carbonyl* eine billig herstellbare Verbindung zu finden, die das erwähnte Klopfen verhindert, und daß andererseits bei uns das *Benzol* als Automobilbrennstoff eine große Rolle spielt, das auch schon ohne Zusätze sehr hohe Verdichtungsgrade verträgt.

Ein zweites Problem, das die Konstrukteure des In- und Auslandes lebhaft beschäftigt, ist der *schnelllaufende Dieselmotor* für Automobile. Es ist nicht uninteressant, daß viele neuere Versuche auf diesem Gebiete eine Motorenkonstruktion bevorzugen, die schon seit langen Jahren Prof. JUNKERS in Dessau, den bekannten ersten Konstrukteur von Metallflugzeugen, beschäftigt hat, nämlich den Zweitaktmotor mit zwei gegenläufigen Kolben in einem und demselben Zylinder. Als besonderer Vorzug dieser Anordnung sieht man an, daß die beiden Kolbenböden, die im Augenblick der Zündung den Verbrennungsraum begrenzen, die Wärme gut ableiten und daher höhere Wärmebelastungen vertragen als der übliche Zylinderdeckel. Das Neueste auf diesem Gebiete ist wohl ein Zweizylindermotor der MAEDLER Engine Corporation in Cleveland, der für einen Kraftomnibus gebaut wird und bei 1200 Umdrehungen in der Minute 125 PS leisten soll. Beachtung haben auch die Meldungen gefunden, wonach die bekannte Firma BOSCH in Stuttgart sehr erfolgreiche Probefahrten mit einem von dem Nürnberger Mechaniker LANG erfundenen Automobil Dieselmotor ausgeführt hat.

Auch diese Arbeiten können der gesamten heutigen Technik der Automobilmotoren eine ganz neue Richtung geben. Ihre Bedeutung liegt nicht nur darin, daß sie das ganze Brennstoffproblem umkehren können, weil die Dieselmotoren mit schwer verdampfenden Ölen arbeiten können, also Benzin, Benzol u. dgl. überflüssig werden, sondern auch darin, daß Brennstoffe, die sich für den Betrieb von Dieselmotoren eignen, bei uns aus Kohlen in unbeschränkten Mengen gewonnen werden könnten, so daß unsere bisherige Abhängigkeit von den Zufuhren an Automobilbrennstoffen aus dem Ausland mit einem Schlage beseitigt wäre.

Einen großen Anreiz zu Neukonstruktionen üben immer noch die großen *Automobilrennen* aus, bei denen es auf die Erzielung von Spitzenleistungen ankommt und die als Festigkeitsproben der Fahrzeuge immerhin auch gewisse praktische Bedeutung behalten haben. Bei dem neuesten Rennmotor, den die *Fiat*-Werke in Turin gebaut haben, wird ähnlich wie weiter

oben für den Dieselmotor beschrieben, von der Anordnung der zwei gegenläufigen Kolben in einem und demselben Zylinder Gebrauch gemacht, um eine günstigere Leistungsausnutzung zu erreichen. Wie bei allen neueren Rennmotoren werden die Zylinder mittels eines besonderen Gebläses künstlich mit brennbarem Gemisch gefüllt, so daß der Unterdruck in den Zylindern auch bei sehr hoher Drehzahl nicht hoch werden kann. Solche Gebläse sind zum ersten Mal bei den *Mercedeswagen* praktisch in Gebrauch gekommen. Bei den Rennwagenmotoren hat die Anwendung solcher Ladegebläse besondere Vorteile, weil der Gesamteinhalt der Zylinder nicht mehr als 1500 ccm betragen darf und es daher darauf ankommt, mit diesem Zylinderraum ein Höchstmaß an Leistung zu entwickeln.

Großdieselmotoren und Elektrizitäts-Versorgung. *Der Dieselmotor die billigste Kraftmaschine für Spitzen- und Reserveleistungen.* In der breiten Öffentlichkeit hat man bis jetzt kaum beachtet, daß die Fertigstellung eines Dieselmotors von 15 000 PS-Leistung, des größten bisher überhaupt gebauten Dieselmotors der ganzen Welt, einen wichtigen Abschnitt in der Verbilligung der Stromerzeugung für große Verbrauchsgebiete bedeutet. Wird doch dadurch der erste praktische Beweis dafür erbracht, daß man den Dieselmotor, diese in bezug auf Wärmeverbrauch günstigste Kraftmaschine, auch in Größen ausführen kann, die für Elektrizitätswerke schon in Betracht kommen.

Die Hamburgischen Elektrizitätswerke, die diese Maschine vor einiger Zeit bei der Firma BLOHM & VOSS, der Lizenzinhaberin der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, für ihr neues Kraftwerk Neuhoof in Auftrag gegeben hatten, dürften sehr bald bei andern größeren Elektrizitätswerken Nachahmung finden, wenn die Maschine auch in bezug auf Zuverlässigkeit die Erwartungen erfüllt, die man nach den bisherigen Prüfstandserfahrungen zu hegen berechtigt ist. Denn es ist unzweifelhaft, daß eine solche Maschine in erheblichem Maße dazu beitragen kann, die Durchschnittskosten der Stromerzeugung in einem großen Kraftversorgungsnetz zu verringern, also billigeren Strombezug zu ermöglichen, wie man ihn im Interesse des Gesamtwohls allgemein anstrebt.

Wie das möglich ist, trotzdem der Großdieselmotor vielleicht mehr gekostet hat als eine Dampfturbinenanlage von der gleichen Leistung samt Kesseln und Kondensation, trotzdem ferner diese Dampfturbinenanlage, weil sie billige Kohlen statt des teuren Öls verfeuern könnte, auch auf 1 kW nutzbar gelieferten Strom weniger Brennstoffkosten verursachen würde, das läßt sich folgendermaßen erklären.

Wenn man bei einem größeren Stromversorgungsnetz im Jahresdurchschnitt nachrechnet, wieviel Strom im ganzen geliefert wurde und wieviel Strom bei voller Ausnützung der vorhandenen Maschinen hätte geliefert werden können, so ergibt sich in der Regel ein Verhältnis von ungefähr 1 zu 3. Das bedeutet, daß die vorhandenen Maschinen etwa zwei Drittel der Gesamtzeit während des Jahres unausgenutzt dastehen mußten, weil kein Bedarf an Strom herrschte. Bekanntlich treffen die Zeiten des größten Strombedarfes in den meisten Stromnetzen auf die ersten Tages- und die Abendstunden, während der Bedarf in der übrigen Zeit abflaut. Trotzdem muß die verfügbare Maschinenleistung so groß sein, daß die größte Stromspitze überwunden werden kann.

Diese Ungleichmäßigkeit im Strombedarf, die natürlich je nach der Jahreszeit, der Gegend und je nach besonderen Umständen wechselt, bedingt, daß ein Teil der vorhandenen Maschinen zeitweise ganz, zeitweise

aber auch nur auf wenige Stunden stillgesetzt und dann wieder rechtzeitig in Betrieb genommen werden muß. Handelt es sich dabei, wie es heute noch zumeist der Fall ist, um Dampfanlagen, so bedeutet dies, daß ein Teil der Dampfkessel während der größeren Hälfte des Tages unter Dampf gehalten werden muß, damit sie im Bedarfsfall innerhalb weniger Minuten die volle Dampflieferung aufnehmen können, daß ferner auch ein Teil der Dampfturbinen und der vielen Rohrleitungen ständig mit Dampf geheizt werden muß, weil sonst im Bedarfsfall das Anwärmen der ganzen Anlage zu lange dauern würde.

Aus diesen Verhältnissen ergibt sich ein hoher sog. „Blindverbrauch“ in Dampfkraftwerken. In jedem derartigen Werk gibt es Maschinen und Kessel, die ein- oder zweimal an jedem Tage von neuem angewärmt und auf volle Betriebstemperatur gebracht werden müssen und dann höchstens eine Stunde voll arbeiten. Während der ganzen übrigen Zeit stehen diese Anlagen still und verursachen, da es sich dabei immerhin um Leistungen von etwa ein Drittel der Gesamtleistung des Werkes handelt, sehr erhebliche Ausgaben für Brennstoff und Bedienung, um die natürlich der Strom verteuert wird.

Noch ungünstiger stellen sich die Maschinen und Kessel, die in jedem Werk als Reserven für den Fall von Störungen an den im Betrieb befindlichen Teilen der Anlagen betriebsbereit erhalten werden müssen.

Man rechnet, daß eine Dampfanlage in der Zeit des so erzwungenen Stillstandes wenigstens 10% der Brennstoffmenge verbraucht, die bei normalem Betrieb mit voller Leistung notwendig wäre, und wenn man bedenkt, daß bei den ausgesprochenen „Spitzenmaschinen“ von den 24 Tagesstunden oft 22 auf solche Stillstände entfallen, so erlangt man annähernd eine Vorstellung davon, wie teuer diese „Spitzenkraft“ die Elektrizitätswerke zu stehen kommt. Leider hat man bis heute noch kein Mittel gefunden, um diejenigen Stromabnehmer, welche hauptsächlich Spitzenstrom verbrauchen, entsprechend höher bezahlen zu lassen.

In der Möglichkeit aber, diesen Blindverbrauch während der Pausen der Stromabgabe fast vollständig zu vermeiden, liegt die Zukunft der Großdieselmotoren auf diesem Gebiete. Eine einfache Berechnung ergibt in jedem besonderen Falle, wie weit die jährliche Zahl der Betriebsstunden einer Dampfanlage abnehmen muß, damit der Dieselmotor trotz seiner höheren Anlagekosten, die verzinst und amortisiert werden müssen, sowie trotz seines kostspieligeren Brennstoffes den Strom billiger als die Dampfanlage erzeugen kann. Im neuen Hamburger Kraftwerk ergab diese Berechnung wegen der verhältnismäßig günstigen Preise des Rohöls schon bei ungefähr 1100 jährlichen Betriebsstunden Gleichheit der Kosten der Stromerzeugung mittels der Dampfanlage und mittels des Dieselmotors, und da eine Spitzenmaschine jährlich kaum über 900 Stunden zu arbeiten hat, so ist an der Rentabilität dieses ersten Versuches nicht zu zweifeln.

Daß man, auch abgesehen vom Blindverbrauch, den Dieselmotor viel schneller auf volle Leistung bringen kann als eine Dampfanlage, auch wenn sie betriebswarm bereitsteht, daß man ferner den Dieselmotor überall aufstellen kann und nicht auf das Vorhandensein von viel und halbwegs reinem Wasser angewiesen ist, sind weitere Vorzüge des Dieselmotors gegenüber der Dampfanlage.

Daß sich die Wettbewerbsfähigkeit des Großdieselmotors in Elektrizitätswerken gegenüber den Dampf-

anlagen erheblich steigern kann, sobald es gelingt, die Motoren mit den einheimischen billigeren flüssigen Brennstoffen zu betreiben, liegt auf der Hand. In dieser Richtung bewegen sich daher heute die meisten Versuche, deren Bedeutung für unsere heimische Kohlenwirtschaft wohl niemand unterschätzen dürfte. Und wenn es erst gelingt, solche Dieselmotoren auch mit Kohlenstaub zu treiben, woran heute sehr ernstlich gearbeitet wird, so steht dem Dieselmotor ein Brennstoff zur Verfügung, der noch nicht einmal den fünften Teil des heutigen Ölpreises erreicht.

Tagung der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt. Die Wissenschaftliche Gesellschaft für Luftfahrt, die sich die Pflege der Forschung auf allen Gebieten des Luftfahrwesens zur Aufgabe gemacht hat, hielt ihre diesjährige 15. Ordentliche Mitgliederversammlung auf Einladung der Stadt und der zur Zeit dort stattfindenden Großen Ausstellung für Gesundheitswesen, soziale Fürsorge und Leibesübungen (Gesolei) in Düsseldorf ab. Die Versammlung war gut besucht, und die große Zahl der angemeldeten wissenschaftlichen Vorträge stellen der Pflege, die die Wissenschaft dieses Gebietes bei uns genießt, ungeachtet der Beschränkungen, denen die einschlägige Industrie in den letzten Jahren unterworfen war, ein sehr gutes und für die Zukunft beruhigendes Zeugnis aus. Das läßt hoffen, daß, nachdem vor kurzem endlich diese Beschränkungen durch die Aufhebung der sog. „Begriffsbestimmungen“ entfallen und alle Hindernisse für die Konstruktion und Ausführung von Flugzeugen geschwunden sind, auch die deutsche Flugzeugindustrie wieder bald in der Lage sein wird, ihren Wettbewerb mit dem Auslande aufzunehmen.

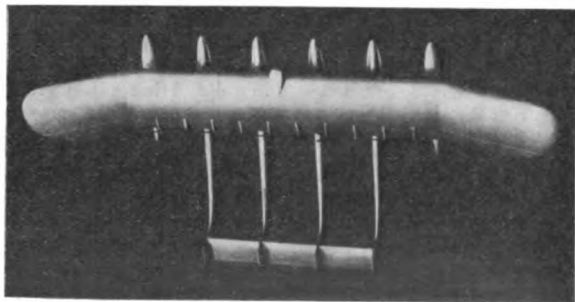
Von den vielen wissenschaftlichen Vorträgen, die an den beiden Verhandlungstagen gehalten wurden, dürften namentlich die beiden ersten in weiteren Kreisen interessieren. Zunächst sprach Dr.-Ing. E. RUMPLER, der bekannte Flugzeugkonstrukteur, über das *Trans-ozeanflugzeug*. Sein Vortrag rührt an ein Problem, um das sich heute die Flugzeugkonstrukteure der ganzen gebildeten Welt eifrig bemühen und dessen erfolgreiche Lösung Deutschland mit einem Schlag an die Spitze der einschlägigen Technik stellen könnte.

RUMPLER untersuchte an der Hand von Karten des Atlantischen Ozeans zunächst die Routen, die für die Überquerung der Wasserfläche zwischen dem europäischen und dem amerikanischen Festlande in Frage kommen. Dabei ergab sich, daß man für den Flug von Hamburg nach New York im allgemeinen den südlichen Weg über die Azoren zu wählen hätte, weil da vorzugsweise westliche Winde wehen, während der umgekehrte Flug am besten auf der nördlichen Strecke über Neufundland ausgeführt werden sollte. Beide Wege bedingen allerdings, daß das Flugzeug etwa 3900 km ohne Zwischenlandung zurücklegen müßte. Nebenbei erwähnte der Vortragende, daß, was vielleicht wenig bekannt ist, der Weg von Europa nach Südamerika nur 2850 km Flug ohne Zwischenlandung bedingt, weil man nur von den Kapverdischen Inseln nach Pernambuco zu fliegen hat.

Hiernach setzt der Flugverkehr zwischen Europa und den Vereinigten Staaten im allgemeinen voraus, daß man über Flugzeuge verfügt, die imstande sind, mit ausreichender Sicherheit etwa 4000 km ohne Zwischenlandung zurückzulegen. Solche Flugzeuge müßten schon wegen der großen Vorräte an Betriebsstoffen, die sie mitzuführen haben würden, sehr groß werden, und der Vortragende vertritt die Ansicht, daß es wirtschaftlich überhaupt nicht möglich wäre, Flug-

zeuge von so hoher Transportleistung zu erbauen, solange man an der heute gebräuchlichen Bauart festhält, die darauf ausgeht, die Lasten sowie die Angriffskräfte im wesentlichen in der Mitte der Tragflügel zu konzentrieren.

Tatsächlich haben Nachrechnungen an ausgeführten Flugzeugen, allerdings nicht bis zu den hier in Betracht kommenden Größen, ergeben, daß bei linearer Vergrößerung eines Flugzeuges der heutigen Bauart das Gewicht der Tragflügel in wesentlich schnellerem Maß als deren Tragvermögen zunimmt. Das erklärt sich auch sehr einfach daraus, daß die Stärke der Flügelholme ungefähr mit der dritten Potenz der Spannweite vergrößert werden muß, wenn man bei Zunahme der Spannweite gleiche Bruchsicherheit behalten will, während das Tragvermögen des Flugzeuges nur mit dem Quadrat der Spannweite zunimmt. Man gelangt somit bei Vergrößerung der Spannweite bald an eine Grenze, wo das Flugzeug überhaupt keine Nutzlast mehr aufnehmen kann. Diese Grenze liegt nach den heute möglichen Berechnungen schon bei einem Flugzeug von etwa 30 000 kg Gesamtgewicht, das bei weitem noch nicht genügen würde, um eine solche Strecke ohne Zwischenlandung zu durchfliegen.



Der Vorschlag zur Lösung der Aufgabe, den RUMPLER macht, beruht auf der Überlegung, daß es möglich sein müßte, das verhältnismäßig günstige Verhältnis von Nutzlast zu Gesamtgewicht, das Flugzeuge von geringeren Spannweiten ergeben, auch bei sehr großen Spannweiten zu erreichen, wenn man die ungünstigen Beanspruchungen der Flügelholme durch die konzentrierten Lasten vermeidet, indem man die Lasten möglichst gleichmäßig über den Tragflügel verteilt. Der Vorschlag führt somit zu einem Flugzeug mit mehr oder weniger *dezentralisierter Flügelbelastung*, bei dem sozusagen jedem Stück des Tragflügels sein Teil der Last zugewiesen wird und das gewissermaßen nichts anderes als die Aneinanderreihung beliebig vieler Flugzeuge von geringer Spannweite darstellt.

Der Vortragende führte die Möglichkeit der Ausführung seines Planes an einem Modell vor, das in der beigefügten Figur wiedergegeben ist. Dieses entspricht einem Eindecker von 94 m Spannweite, 11 m Tragflügelhöhe, 39,3 m größter Länge und 9,2 m größter Höhe, der bei 1000 qm Flügelfläche und 115 000 kg Gesamtgewicht außer 37 000 kg an Betriebsstoffen etwa 20 000 kg an zahlender Nutzlast, also etwa 130 Fahrgäste mit Gepäck und Post mitführen soll. Zum Antrieb dient eine Motorenanlage von 10 000 PS Gesamtleistung. Damit soll das Flugzeug imstande sein, eine Geschwindigkeit von 275 km in der Stunde zu er-

reichen, also ohne Gegenwind die Entfernung von 4000 km bereits in 16 Flugstunden zurückzulegen.

Die ganze Nutzlast wird in dem hohlen Flügel und in den 6 Schwimmern untergebracht, da das Flugzeug natürlich nur auf dem Wasser niedergehen soll. Im Innern des Tragflügels ist ein fester Längsgang vorgesehen, von dem aus man nach vorn in die Fahrgastkabinen und nach hinten in die Motorenkammern gelangt. Vor den eigentlichen Fahrgastkabinen bleiben dabei noch Aufenthaltsräume für die Tageszeit und Räume für die Flugzeugführer übrig. Durch die Anordnung der Kabinen ist für gleichmäßige Verteilung dieser Last über den Tragflügel gesorgt. Das gleiche wird durch die Verteilung der Motorenlast auf 10 Motorenkammern und durch die Verteilung des Brennstoffvorrates auf je 4 Behälter in jedem der 6 Schwimmer angestrebt. Aus diesen Behältern heben die Brennstoffpumpen, die von den Motoren oder durch den Flugwind angetrieben werden, den Brennstoff in Hilfsbehälter, die über jedem Motor angebracht sind.

Auch für die Verteilung der Beanspruchungen, die ein solches Flugzeug beim Niedergehen auf das Wasser erfährt, scheint die Vermehrung der Schwimmer, von denen man bisher bei Wasserflugzeugen immer nur zwei anzubringen pflegte, günstig, weil sie die Möglichkeit bietet, einseitige Beanspruchungen bei bewegtem Wasser zu vermeiden.

Der zweite Vortrag von Dr.-Ing. A. ROHRBACH, *Entwurf und Aufgaben des Leichtbaues*, verdient insofern Interesse, als der Vortragende der einzige deutsche Konstrukteur ist, dem es gelang, auch unter der Last der Beschränkungen der Nachkriegsjahre Großflugzeuge für ausländische Besteller auszuführen und so mit den Fortschritten der Technik annähernd gleichen Schritt zu halten. Diese Aufgabe wurde so gelöst, daß alle Entwürfe und Werkzeichnungen in Deutschland hergestellt, der Bau selbst aber im Ausland ausgeführt wurde. In dieser Weise hat der Vortragende in den letzten Jahren mehrfach große Seeflugzeuge insbesondere auch nach Japan und nach England mit gutem Erfolg geliefert.

Aus der besonderen Art dieser Arbeiten ergibt sich sehr leicht die Erklärung dafür, daß der Vortragende in der Frage des Baustoffes dem Duralumin vor dem Stahl den Vorzug eingeräumt und vor allem sich für Metall als Werkstoff entschieden hat, zumal Holz schon wegen der Abmessungen der in Frage kommenden Flugzeuge ganz ungeeignet gewesen wäre. Gegenüber dem Stahl machte der Vortragende als Vorteile des Duralumins die leichtere und haltbarere Verbindungsmöglichkeit, die günstigeren Festigkeitswerte, bezogen auf ein gegebenes Gewicht, die einfachere Form der Rohteile und die kürzere Bearbeitungszeit geltend. Am besten eignen sich glatte Bänder oder Bleche für die Verarbeitung. Diese lassen sich leicht in jede gewünschte Profilform biegen und für schiffbauähnliche Konstruktionen verwenden, bei denen vor allem auch die Außenhaut mit zum Tragen herangezogen wird.

Beide Vorträge wurden, wie bei der Wichtigkeit der Themen begreiflich, sehr lebhaft besprochen. Gegen den ersten wandten sich mehrere Zuhörer auf Grund von Erfahrungen im Seeflugzeugbau, gegen den zweiten namentlich Anhänger des Stahls als Baustoff für Flugzeuge. Von besonderem Interesse war hierbei die Angabe, daß heute schon Stahlbleche für den Flugzeugbau zu haben sind, die bei gleichem Gewicht auch die Festigkeit des Duralumins erreichen.

H.

Vom Knochenmarksorgan und seinen Funktionen.

VON VICTOR SCHILLING, Berlin.

Der rasche Fortschritt unserer histologisch-anatomischen und physiologischen Forschungen an Mensch- und Tierkörper läßt es auch den Fachmann vergessen, daß es selbst im Menschen auch heute noch Gebiete gibt, dem Innern der großen Erdteile und den Polkappen vergleichbar, die wegen ihrer verborgenen Lage oder wegen äußerer Schwierigkeiten der wissenschaftlichen Betrachtung kaum erschlossen und praktisch wenig oder gar nicht beachtet geblieben sind. Eine solche Terra incognita war die Milz, gegen die erst eben BARCROFT einen wohlgedachten Vorstoß unternahm, der überraschende Ergebnisse für die Funktion dieses Organs bei der Regulierung des Blutvolumens erbrachte. Wie neues Land imponierten auch die unter ASCHOFFS Führung und Anregung mit LANDAU und KIYONO begonnenen und weit ausgespannten Forschungen über das Reticulo-Endothel, worunter eine weit verstreute Gruppe von Zellen mit ähnlicher Lage und Funktion zu verstehen ist, die in ihrer Gesamtheit ein neues großes inneres Stoffwechselorgan für den Körper vorstellten. Endlich hat sich in den letzten Jahrzehnten auf den schwierigen und verschlungenen Pfaden der Blutforschung ein weiteres, ungeahnt großes jungfräuliches Gebiet aufgetan, das Knochenmark, ebenfalls ein bindegewebiges Organsystem von höchster Bedeutung für den Organismus, das Gegenstand unserer besonderen Betrachtung sein soll.

Wie Westindien waren uns diese Gebiete lange schon durch ihre regelmäßigen Produkte und durch gelegentliche schwer ausdeutbare und fremdartige Anschwemmungen bekannt, die uns die warme Welle des Blutstromes zutrug. Auch kannten wir durch die Anatomie und Histologie die allgemeine Geographie, doch harrten viele ohne Erforschung der Biologie unverstündliche Wahrnehmungen und Einrichtungen noch ihrer Aufklärung.

Das Knochenmark bildet bei den höheren Säugetieren ein tief in dem Innern der mannigfaltigen Knochenhöhlen verborgenes Gewebe, das in den langen Röhrenknochen für gewöhnlich wie reines Fettgewebe und nur in den kleineren spongiösen Knochen rot, durchblutet und aktiv erscheint. Doch war es schon VIRCHOW, BIZZAZZO, COHNHEIM u. a. bekannt, wie auch das Fettmark unter dem Einfluß von Anämien neues Leben gewinnen und sich in extremen Fällen in aktives „rotes“ Mark zurückverwandeln konnte. Die mikroskopische Erforschung durch LITTEN und ORTH, HIRSCHFELD, PAPPENHEIM, NAEGELI, SCHRIDDE u. a. hatte erkennen lassen, daß auch das graurötliche Mark schon eine wesentliche

Umgestaltung des zellarmen Normalmarkes bedeutet, da sich unter dem Einfluß von infektiösen und anderen Reizen gewaltige Herde weißer Zellen von verschiedenster Zusammensetzung, untermischt mit mehr oder weniger roten Herden, als sogenanntes „Zellmark“ bilden können. Doch blieb dieses geheimnisvolle Leben fast unbekannt bis auf die gelegentlichen Schlüsse und Beobachtungen, die besonders ausgeprägte Sektionsbefunde oder einzelne Tierexperimente erlaubten.

Verfolgt man phylogenetisch oder embryonal das Werden dieses seltsamen Gewebes, so erkennt man im großen Überblick, wie sich aus einer weit verbreiteten Bildung von primitiven lymphoiden Blutzellen, die von Wandzellen der Gefäße und ihrer nächsten bindegewebigen Umgebung ihren Ursprung nehmen, langsam ein immer schärfer geprägter Typus von verschieden gekörnten Zellen, „Granulocyten“, sondert, die vor allem EHRLICH scharf heraushob. Diese „eosinophilen“, „neutrophilen“ oder „basophilen“ *Granulocyten*, benannt nach der farbchemischen Reaktion ihrer besonderen Zellgranula, zeigen eine gewisse Verwandtschaft und Nachbarschaft zu den roten Blutkörpern, die in ihrem Hämoglobin ebenfalls eine eigentümliche, wenn auch mehr flüssige Spezialsubstanz tragen. Je entwickelter die Tierart, um so schärfer vollzieht sich die Differenzierung dieser Zellarten gegenüber den einfacher konstruierten Lymphocyten und den ähnlicheren, aber funktionell und morphologisch besonderen Monocyten, die wir jetzt mit dem Reticulo-Endothel als dessen Abkömmlinge und Abgesandte verknüpfen. Schließlich entwickeln sich die Lymphocyten als lymphatisches Gewebe völlig getrennt von den Stammherden der roten und der gekörnten weißen Zellen, zu denen sich auch noch die noch ungeklärten Riesenzellen (Megakaryocyten) gesellen, und besonders NAEGELI bekräftigte die *völlige Verschiedenheit der auch äußerlich ähnlichen lymphoiden Stammzellen* in beiden großen Gewebegruppen.

Die Bildung dieser roten und der gekörnten Zellen zieht sich aus der allgemeinen Verteilung beim niederen Tier und beim Embryo zunächst zurück auf besondere geeignete Gefäßgebiete, in denen ruhige Buchten am Blutstrom die reichliche und ungestörte Entwicklung der Stammzellen, den leichten Einmarsch der reifen Abkömmlinge in den Strom gestatten. Solche Verhältnisse bieten Leber, Milz, Nieren, Drüsen, manche Bindegewebsgebiete, in denen noch beim Menschen leicht diese Form der Blutbildung wieder aufflammt. Aber es bildet sich mit der höheren Organisation ein Lieb-

lingsort heraus, der gerade diesem Gewebe die besten Bedingungen zu bieten scheint, das Innere der Knochen, die durch eindringendes Gefäß-Bindegewebe gehöhlt und in reine Blutbildungsstätten verwandelt werden. Beim menschlichen Embryo vollzieht sich etwa im dritten Monat dieser Einbruch des primitiven Knochenmarkes (HAMMAR, JACKSON). Der zur Verfügung stehende Raum ist ganz gewaltig. Nach den Untersuchungen von WETZEL, LUDWIG, TÖPPICH beträgt beim erwachsenen Menschen der gewöhnlich von rotem Mark eingenommene Raum etwa 1400 ccm, d. h. *er entspricht annähernd dem Lebertvolum und ist rund zwölfmal so groß wie die Milz*. Hierzu aber kommen noch die großen fetthaltigen Höhlen der Röhrenknochen, die bei schweren Störungen der Blutbildung voll in rotes Mark umgewandelt werden können.

Schon die eigenartige Anlage des Gefäßsystems beweist die *organartige* Einrichtung dieser relativ jungen Bildung im Körper. Sie konnte erst jüngst von WISLOCKI durch die Phagocytose des Endothelrohrs nach Tuscheinjektion mittels Durchsichtigmachung und von DOAN an dem wiedererwachenden Marke hungernder Tauben nach Fütterung in ihren feinsten Einzelheiten völlig aufgeklärt werden. Die Gefäße laufen von einer Zentralarterie aus radiär und biegen an der Knochenwand in weite venöse Schenkel um, die sich zu einer Mittelvene sammeln; gewöhnlich sind Mitte und Enden der langen Knochen von getrennten, aber kommunizierenden Gefäßgebieten versorgt. Die Zellbildung vollzieht sich für gewöhnlich nur in begrenzten Bezirken peri- und intravasculär, während die nicht benötigten Capillaren leer liegen; bei erhöhtem Bedarfe füllen sich alle Bluträume, strotzend und mächtig zunehmende Zellhaufen verändern das ganze Aussehen des Gewebes, das von einem weiten fetthaltigen Netz bis zu einer milzartigen dichten Zellmasse sich verwandeln kann, damit seine Funktionen in noch gar nicht auszureichender Weise steigend und vervielfältigend (s. Fig. 1).

Es ist noch nicht ganz anerkannt, daß wirklich nur das Mark als Bildungsstätte der Roten, Granulocyten und Riesenzellen in Frage kommt, aber meines Erachtens kann man das wenigstens für den Menschen und die ihm nahestehenden Großtiere für sehr wahrscheinlich halten, weil die leicht zu erkennenden kernhaltigen Roten, die NEUMANN als Vorformen der kernlosen Blutkörperchen im Marke auffand, und die Riesenzellen normalerweise andernorts beim Erwachsenen nie zu finden sind, während für die leichter zu wechselnden lymphoiden Myeloblasten und Erythronien, die noch undifferenzierten Vorformen der Granulocyten und Erythroblasten, dies gelegentlich noch vertreten wird. Allerdings ist sicher, daß bei pathologischen Anforderungen diese stammesgeschichtlich junge Isolierung zugunsten der älteren weiteren Verbreitung wieder durchbrochen werden kann, wie wir schon erwähnten („myeloische Metaplasie“, „extramedulläre Blutbildung“).

Fragen wir nun nach der Bedeutung dieses riesigen, wandelbaren und zweifellos höchst bedeutsamen Organes. Mit der Bildung der Roten und der Granulocyten — von den Riesenzellen müssen wir wegen ihrer ungeklärten Bedeutung hier absehen (s. Näheres Literatur, Ziffer 7, Anhang) — ist seine Funktion nur histologisch charakterisiert, aber die Funktion eines Organs enthüllt sich erst, wenn wir die Eigenschaften seiner reifen Zellen und seiner etwaigen Produkte prüfen oder seine Veränderungen unter bekannten Anforderungen studieren.

Wir kennen diese Funktionen bei den Roten in der Bedeutung ihres Hämoglobins für die Atmung, d. h. für den Sauerstofftransport im Körper, ohne sie damit für diese Zellart zu erschöpfen, denn die roten Blutkörper entfalten zweifellos auch noch andere wichtige Eigenschaften, wie die Bildung von Schutzstoffen, Katalasen und anderen serologischen Substanzen; auch wirken sie kolloidchemisch gewaltig auf die Regulierung des Ionenmilieus, die Pufferung schädlicher Substanzen, den Transport vieler körpereigener oder exogener Stoffe, z. B. des Chinins und anderer Arzneikörper im Blute. Die Aufgaben der Weißen erscheinen noch vielseitiger, allerdings auch unbekannter und schwerer zu erfassen. Alle Granulocyten beim Säuger sind Träger starker Oxydasen, vermitteln also die Sauerstoffumsätze im Gewebe, sind Produzenten für Eiweißabbaufermente (Proteolysine), für antibakterielle und antiparasitäre Schutzstoffe, sind eifrige Straßenreiniger, die kleinere schädliche Bestandteile und Abfälle sofort aufgreifen und den Abbaorganen zuführen (Mikrophagie); aber sie sind noch weiter die Polizeitruppen, die fremde Eindringlinge, Bakterien und Parasiten, zunächst verhaften, die das Entzündungsfeld abgrenzen, die erkrankten Gewebe isolieren (Eiterbildung und Absetzung=Demarkation), die an Ort und Stelle ein anderes, stärker arbeitendes „pathologisches Milieu“ mit schaffen und damit die Heilung vorbereiten, solange sie die Oberhand behalten.

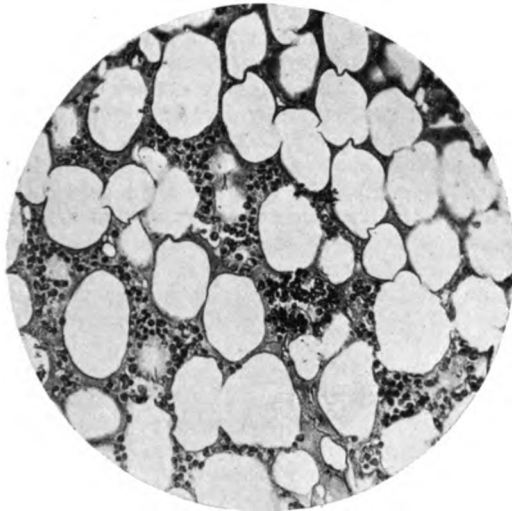
Alles das ist im Grunde Funktion des Markorganes, das nur seine fertigen Zellen im Unterschiede zu den meisten anderen Organen zur Ausübung ihrer Funktion in die Welt hinaussendet. Es ist aber sicher, daß auch das Mark selbst bei gesteigerten Anforderungen an Ort und Stelle die Verarbeitung von zugeführten Reiz- und Giftstoffen übernimmt, wie die veränderte Histologie z. B. chronischer Entzündungszustände deutlich verrät (Untergang von reifen Markzellen schon im Marke mit funktionellen Anzeichen).

Nun bietet uns das Knochenmark weit vollkommener wie jedes andere Körperorgan die Möglichkeit, seine normale oder pathologische Tätigkeit in jedem Augenblicke mit eigenen Augen zu kontrollieren. Wir brauchen ja nur das Blut bezüglich der Roten und Granulocyten zu studieren, um den Zustand des Markorganes an der Beschaffenheit seiner Sendboten rückschließend zu erkennen, soweit dies nicht durch störende Fak-

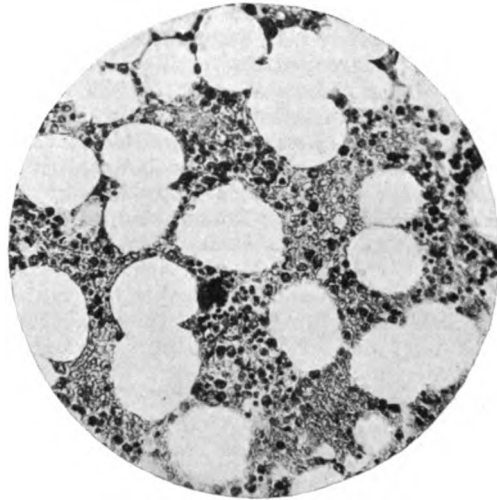
toren verhindert wird. In der Tat hat die Hämatologie ein gewaltiges Material für diese Betrachtungsweise aufgehäuft, das wir nur nutzbar zu machen brauchen.

Zunächst beschränken wir uns auf das einfachste Beispiel. Der kernlose Erythrocyt bietet

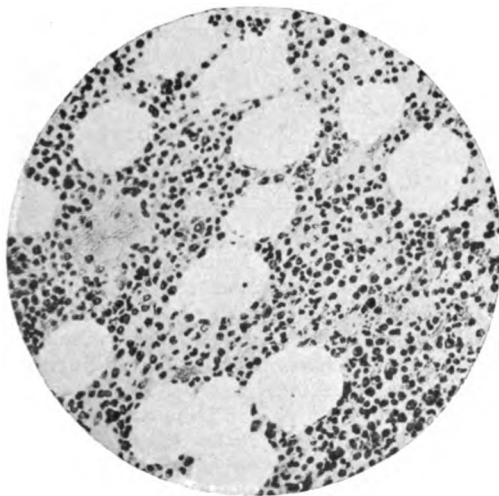
mit seiner runden Scheibenform und strukturlosen eosinophilen Homogenität das leichteste histologische Objekt, um eine pathologische Zellumgestaltung morphologisch zu erkennen. Die Erythrocyten des normalen menschlichen Blutes sind glücklicherweise bis auf 0,1—0,2% alle reif und



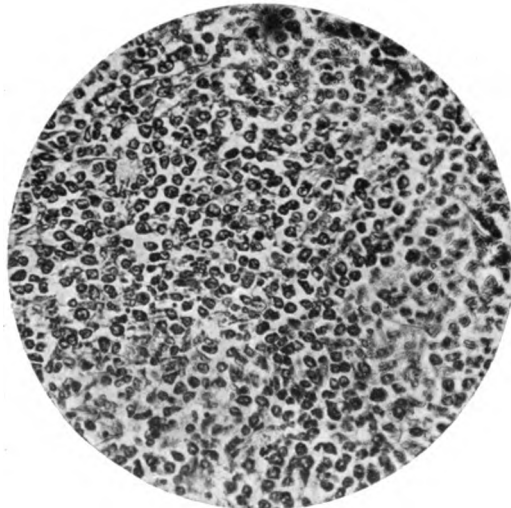
a



b



c



d

Fig. 1a—d¹⁾. Vier Stadien des Zellgehaltes im Brustbeinmark. Lebendpunkt; Schnitte. Die Bilder zeigen die Möglichkeit einer enormen Zunahme der Zellbildung auch im aktiven Brustbeinmark.

¹⁾ Anmerkung zu den Figuren: Fig. 1, 3 und 4 wurden YAMAMOTO aus meinem Materiale für seine Arbeit zur Verfügung gestellt und sind dort veröffentlicht. Fig. 5 wurde nach einem Präparate YAMAMOTOS für seine Arbeit photographiert. Fig. 7 stammt aus der gemeinsamen Arbeit mit RUBITSCHUNG, Zeitschr. f. klin. Med. 100. 1925. Fig. 8 und 9 gehören zu Versuchen mit Fräulein LÖWE (veröffentlicht: Dtsch. med. Wochenschr. 1925, H. 13).

gleichgestaltet. Schon der wenig unreife rote Blutkörper nimmt neben Eosin noch Methylenblau spurweise an, wird also bläulich oder „polychrom“ nach EHRLICH. Diese bläuliche Schattierung ist schwer abschätzbar, aber sie verwandelt sich bei postvitaler Färbung am lebendflüssigen Blute in eine zarte, blaue Netzstruktur (EHRLICH, PAPPENHEIM, CESARIS DEMEL, Verfasser), die nun im

letzten Fädchen noch erkennbar und gradweise abschätzbar ist. Mit der Rossschen Technik des dicken Blutropfens konnte ich in etwas modifizierter Form praktisch außerordentlich einfach diese Substanzen für den klinischen Gebrauch heranziehen und schätzen und, noch mehr, ihre physiologische oder pathologische Gestaltung, normale oder zerrissene und verklumpende Netze bis zur Auftropfung als „basophile Punktierung“ nachweisen. *Wir können also aus dem Auftreten und Aussehen dieser Substanzen sehr einfach auf die erythropoetische Funktion des Knochenmarkes schließen, die wir als gesteigert, gestört oder geschwächt bezeichnen.* Nehmen wir nun die bei schwereren Regenerationen auftretenden Kernhaltigen und andere Jugendformen der Roten hinzu, so können wir recht mannigfaltige Rückschlüsse auf Aussehen und Arbeit des Markes machen. Diese werden ergänzt durch die Beobachtung der absoluten Zahlen der Erythrocyten im Kubikmillimeter, die uns über die ausreichende oder versagende Regeneration unterrichten.

Über die eingetretenen Schädigungen orientieren uns außerdem noch eindrucksvoll weitere morphologische Kriterien, wie die mangelnde oder zu starke Färbung der Roten, ihr verändertes Volum, ihre gestörte Rundung bis zur bizarren Poikilocytose, ihre ungleiche Größe, verringerte Widerstandsfähigkeit gegen Auflösung u. a.

Die Gesamtheit dieser Feststellungen bedeutet ein Mittel von äußerster Feinheit, in das Leben der roten Blutzelle hineinzuleuchten und damit auch biologische Einblicke in die Arbeit des Stammorganes zu bekommen. Hier nehmen die roten Vorstufen zahlenmäßig etwa 40% der kernhaltigen Markzellen, räumlich bei ihrer relativen Kleinheit allerdings wohl unter einem Viertel, ein. Aber dieser Anteil wächst bei reinen Angelegenheiten des roten Blutes, wie z. B. bei Blutungen und toxischer Blutarmut, sehr erheblich, so daß das Mark weithin äußerlich und innerlich rot gewandelt, d. h. mit Bildung roten Blutes (Erythropoese) überwiegend beschäftigt sein kann. Besonders interessant ist es, daß wir mit den morphologischen Symptomen allein „latente Blutmauserungen“, wie ich die Anämisierungen ohne Veränderung der Zahlen und des Hb-Befundes nannte, z. B. bei latenten Infektionen, beginnenden oder leichten Tuberkulosen, Metallvergiftungen, verborgenen kleinen Blutungen klinisch feststellen können.

In der *Knochenmarkpunktion am Lebenden* (GHEDINI, SEYFFARTH) besitzen wir heute ein sehr wertvolles Mittel, die Richtigkeit unserer Schlüsse im notwendigen Augenblick klinisch nachzuprüfen, und so haben wir mit der Brustbeinpunktion bei Anämien, Polycythämie, Icterus haemolyticus u. a. schöne Bilder der enorm gesteigerten Erythropoese genug gewonnen. Besonders bei letzterer Krankheit, deren Wesen in einer dauernden Auflösung zu schwacher roter Blutkörper in der Milz mit ungestörtem Ersatz von einem ungeschädigten Mark aus besteht, ergeben sich riesige Massen kern-

haltiger Vorstufen im Mark neben mächtigster Netzstruktur im dicken Tropfen peripher (Fig. 2). Auch bei den „latenten Blutmauserungen“ fanden wir entsprechend der Blutmorphologie alle Anzeichen vermehrter oder auch etwas gestörter Erythropoese im Mark, wodurch eben die Aufrechterhaltung eines zahlenmäßig normalen und doch gestörten Blutbefundes erklärt wird. Gänzlich verwandelt wird das Markbild bei der Anaemia perniciosa, der schwersten Form der Blutarmut, wo wir entsprechend einer abnormen Größe und Färbbarkeit der kreisenden Erythrocyten (Megalocytose) auch massenhaft riesengroße kernhaltige Vorstufen im Mark finden (Megaloblasten EHR- LICH'S). (Fig. 3.) Wir konnten auch gelegentlich allerdings Unstimmigkeiten erweisen, so z. B. bei einem eben beobachteten Falle einer „anämischen Seitenstrangsklerose“, einer zentralen Nervenerkrankung, die häufig bei der perniziösen Anämie beobachtet wird. Hier war ausnahmsweise das periphere Bild nur einfach anämisch, ohne Auftreten sicherer Riesenerthrocyten (Megalocyten), aber im Marke fanden sich schon die Anzeichen der Megaloblastose stellenweise ausgesprochen. Solche Befunde weisen darauf hin, daß gelegentlich das Blutbild nicht der vollkommene Abdruck des Knochenmarkes ist.

Neben der direkten Anregung des Markes durch erythrocytenvermindernde Vorgänge muß noch die starke Anregung erwähnt werden, die das Mark durch Behinderungen der Atmung erythrocytenbildend erleiden kann, z. B. durch Pulmonalfehler, durch kreislaufstörende Brustmittelfellgeschwülste, durch Luftverdünnung und schnell eintretende Höhenlage beim Bergsteigen oder bei Luftreisen. Hier wirkt die funktionelle Erschwerung der Atmung bedarfssteigernd für die Sauerstoffträger und der Körper kompensiert teilweise durch rasche Neubildung von Roten neben beschleunigter Zirkulation, Hergabe der Milzreserven usw.

Sehr wichtig ist nun, daß bei allen Störungen der roten Blutkörper anscheinend das ganze Mark sich in gleicher Weise umwandelt, d. h., daß immer eine durchgehende Systemreaktion ausgelöst wird. Nur hierdurch wird die Gesetzmäßigkeit des Auftretens und Zurückgehens der peripheren Bilder und die Möglichkeit, an jeder beliebigen Stelle das Brustbeinmark, das normal immer aktiv ist, als Paradigma für das ganze Mark schlechtlin zu gebrauchen, verständlich.

Viel schwieriger ist das Verständnis für die räumlich weit überwiegende granulocytäre Tätigkeit des Markes. Hier nehmen die verschiedenen Leucocytenstammherde etwa 50—60% (festgestellt bei 10 Normalen mit BENZLER) des Zellmarkes ein. Zwei Drittel hiervon sind erkennbare Neutrophile, 1—4% etwa Eosinophile, noch weniger Basophile, die anderen noch undifferenzierte Stammformen (Myeloblasten, Erythronien, Riesenzellen usw.). Entweder muß hiernach die Fruchtbarkeit der Erythropoese eine ungleich größere sein, denn der kleine Markanteil liefert etwa 5 000 000 rote

Zellen im Kubikmillimeter, während die Neutrophilen z. B. nur etwa 4500 ausmachen, oder der Verbrauch der Granulocyten muß ein ungeheuer starker sein. Wahrscheinlich ist beides der Fall, denn die Lebensdauer des Erythrocyten wird auf 20—30 Tage nach der Farbstoffausscheidung durch Galle errechnet (BRUGSCH und RETZLAFF), und Leukocyten werden bei an sich sehr kurzer Lebensdauer in jedem Augenblick durch leichteste Störungen schon beansprucht und verbraucht.

Das Verhältnis zwischen weißem Blutbild und Mark wird viel leichter gestört. Wir wissen jetzt, daß schon Hinlegen und Aufstehen, Erregung, Hypnose, Mahlzeiten, Hautreize u. a. genügen, um die Gesamtzahlen mit überwiegender Beteiligung der Neutrophilen um gewaltige Unterschiede, Verminderungen bis auf ein Drittel, Vermehrungen

Reizes, der daneben bestehenden Schädigung verschieden stark und auch spezifisch gestaltet nach der Besonderheit der Anforderung bestimmter Zellarten abläuft.

Das Instrument, das nach bisheriger Kenntnis am feinsten der Marktätigkeit in ihrem neutrophilen Anteile folgt, ist die Arnethsche Kernverschiebung. Wenn man die Kernformen der polymorph- oder segmentkernigen Neutrophilen im peripheren Blute ganz schematisch einteilt und registriert, so ergibt sich, sobald die physiologische Breite der Zellnachbildung überschritten wird, das Auftreten neuer, noch weniger weit geteilter Kerne oder in stärkerem Grade auch direkt jugendlicher Kernformen des Knochenmarkes, in der schematischen Registrierung eine „Linksverschiebung“, aus der man, wie ARNETH mit Recht folgerte, auf eine

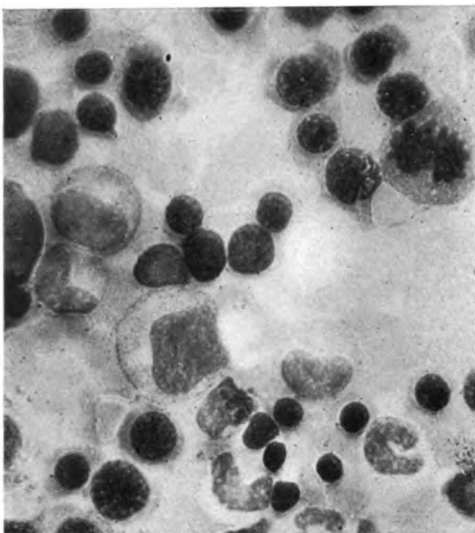


Fig. 2. Gesteigerte rote Blutbildung im Knochenmark. Erhöhte physiologische Form (*Erythroblastenmark*). Hämolyt. Ikterus. Brustbeinpunktion am Kranken.

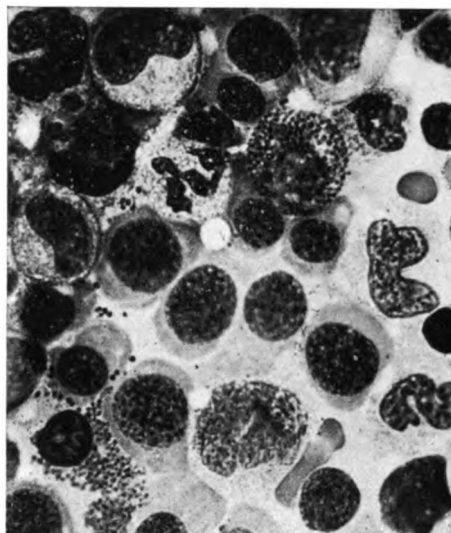


Fig. 3. Entartete rote Blutbildung im Knochenmark. Pathologische Umwandlung zum „*Megaloblastenmark*“. Anaemia perniciosa. Brustbeinpunktion am Kranken.

über 100% gelegentlich, sich verändern zu lassen. Das Mark nimmt zunächst an diesen „physiologischen“ Schwankungen wenig teil, denn sie spielen sich im inneren Gefäßgebiete ab („Verteilungsleukocytosen“ im strengen Sinne). Die Zellen bleiben die gleichen, die nur unter nervösen vasculären Regulierungen sich zeitweise umgruppieren (Verfasser, GLASER, E. F. MÜLLER), wahrscheinlich aber doch auch funktionell in leichten Graden beansprucht werden, wie neuere Untersuchungen mit Vitalfärbung, Differentialzählung usw. andeuten. Möglicherweise gleicht das Mark mit reifen Zellvorräten zunächst den zeitigen Verlust aus. Sobald sich aber ein dauernder Bedarf herausbildet, setzt sofort die histologische Umgestaltung des Markes ein, die nun je nach dem Grade der Benötigung, der Art und Stärke des

wirkliche Nachlieferung vom Marke statt einer einfachen Verteilungsänderung schließen darf. Es gibt übrigens auch eine „Rechtsverschiebung“, die einer stärkeren Segmentierung der Granulocyten im Marke entspricht. Diese Methode ist so fein, daß sie auch Leukocytenumstellungen ohne sonstige Veränderung der Differential- oder der absoluten Zahlen der Neutrophilen enthüllt. Jahrelange ausgedehnte Nachprüfungen der ARNETHschen Idee mit einer wesentlich einfacheren und in der Einteilung zweckmäßigeren Methodik (Hämogramm) haben uns die außerordentliche Gesetzmäßigkeit des Kernverschiebungsvorganges bestätigt. BANTZ hat auf meine Veranlassung eine Anzahl von schwerkranken Patienten bis zum Tode nach dem Blutbilde genau kontrolliert und dann den Sektionsbefund verglichen, wobei er schon zu

der Überzeugung weitgehender Übereinstimmung der histologischen Umgestaltung des Markes entsprechend dem Aussehen des Blutbildes kam. Fälle mit vielen jungen Neutrophilen hatten auch ein sehr verjüngtes Mark; solche mit chronisch „stabkernigen“ Bildern meiner Nomenklatur hatten ein reiferes, torpides, neutrophiles Mark (Fig. 4). Diese Untersuchungen wurden von YAMAMOTO und mir auf ein großes Material von Sektionen, Tierexperimenten und Brustbeinpunktionen erweitert, wobei wir weitgehendste Übereinstimmung zwischen pathologischen Blut- und Markbildern bestätigten.

Das Mark ist normal zellarm und reif neutrophil bis zu den auswandernden Segmentkernigen. Bei Reizung vermehrt es schon nach Minuten seine Stammzellen und ist nach wenig mehr als einer

allgemeine Übereinstimmung des Markbildes mit dem Blutbilde der Neutrophilen und Eosinophilen viel klarer aufdecken wie mit den früheren Sektionsbefunden, die infolge des Todeskampfes sichere Schlüsse meist nicht mehr zulassen. Wir fanden ebenfalls Zustände „*latenter Leukocytose*“, bei denen weder Zahl noch Differentialzahl, wohl aber leicht verschobenes Kernbild und Knochenmarkbefund eine dauernde Mehrung und Störung der Granulocytenbildung anzeigten, ein Befund, den besonders ganz leichte chronische Intoxikationen und Infektionen bieten können. Auch leukocytär ergibt sich gelegentlich im Knochenmark ein schon fortgeschrittener Befund, z. B. bei Aleukämie¹⁾ ein bereits leukämisch umgestaltetes Myeloblasten- oder lymphatisch verdrängtes Mark, da das Mark nicht immer seine pathologischen Elemente in die

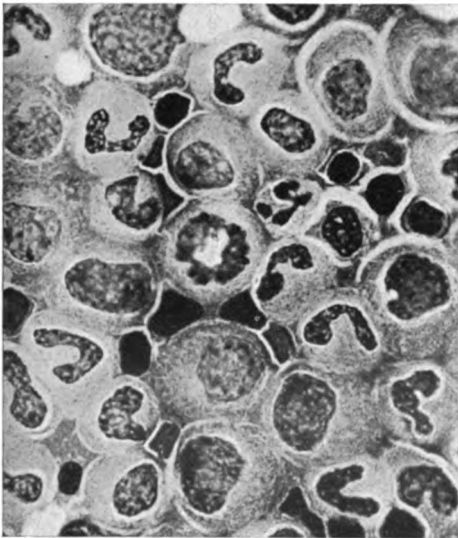


Fig. 4. Zellreiches, sehr „reifes neutrophiles Mark“. Gesteigerte und teilweise geschädigte Granulocytenbildung. Chronische Tuberkulose. Man sieht rundkernige Vorformen (Myelocyten) und alle Übergänge zu noch „jugendlichen“ (breitwurstförmigen), zu reifen, aber nicht geteilten „stabkernigen“ (gewundene schmale Formen) und zu geteilten „segmentierten“ Kernformen. Brustbeinpunktion unmittelbar nach dem Tode.

Stunde erkennbar viel zellreicher, wobei jüngere Zellen mehr hervortreten (unreifes neutrophiles Mark). Bei sehr starker Reizung überwiegen dann Myelocyten oder Promyelocyten, während die noch unreifen Zellen bereits in die Blutbahn wandern und dort das Bild verjüngen (Promyelocyten-Mark, Fig. 5). Entwickelt sich ein solcher Zustand langsam, so wird das ganze Mark allmählich zum Zellmark reiferer neutrophiler Gestaltung, so daß eine viel größere Zellmasse mit nur mehr stabkerniger Umgestaltung des peripheren Bildes geliefert wird. Auch hier konnten wir durch Knochenmarkpunktion am Lebenden nach SEYFFERT die

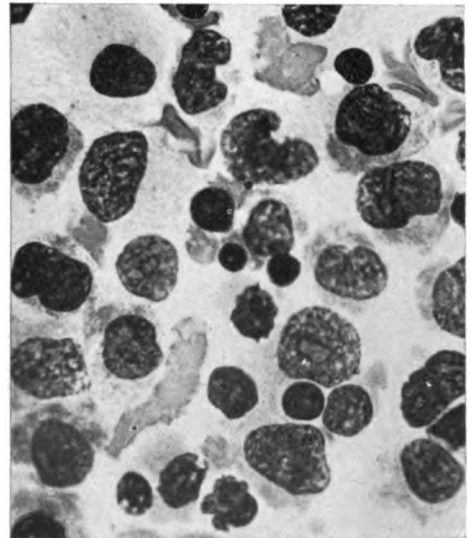


Fig. 5. Zellärmeres, sehr verjüngtes „Promyelocyten-mark“. Überstürzte und hochgradig verwandelte Granulocytenbildung mit deutlicher Insuffizienz. Kindliche Lungenentzündung. Man sieht nur noch jüngste Vorstufen, während die reifen Zellen sofort ausgeschwemmt sind. Sektions-Rippenmark.

Blutbahn entläßt. *Abgesehen davon aber ist das neutrophile Kernbild eine recht brauchbare Kontrolle einer gesunden oder pathologischen Marktätigkeit.* Dagegen ist der „Verbrauch“ von Zellen wie ARNETH es hoffte, nicht mit Sicherheit an der Verschiebungshöhe zu erkennen, weil die Gestaltung des neutrophilen Bildes nach unseren Untersuchungen viel mehr von der histologischen Um-

¹⁾ Aleukämie ist die Bezeichnung für eine besondere Form der „Weißblütigkeit“ oder Leukämie, bei der die charakteristische Überschwemmung des Blutes mit weißen Blutkörperchen ausbleibt, obgleich histopathologisch im Körperinnern die charakteristische Massenproduktion weißer Zellen (Granulocyten, Monocyten oder Lymphocyten) nur bei Leukämie besteht.

wandlung des Markes durch den Reiz, denn von dem wahren Verbräuche abhängt. Ein zellreiches reifes Mark liefert in physiologischer Art große Zellmassen ohne starke „Linksverschiebung“, während ein insuffizientes schwer verjüngtes Mark schon unter geringem Verbrauch mit vielen pathologischen Jugendformen reagieren muß.

Wir wollen aber hier nicht auf viele interessante und wertvolle Einzelheiten eingehen. Auch wollen wir nur kurz erwähnen, daß selbstverständlich bei den eigentlichen Bluterkrankungen, der Leukämie, der Anaemia perniciosa, der Polycythämie, die Umwandlungen des gesamten Markes entsprechend der tiefen Umgestaltung des peripheren Blutbildes am stärksten sind, indem in der Regel das gesamte Mark von der pathologischen Zellbildung erfüllt, durchsetzt oder, z. B. bei lymphatischer Leukämie, verdrängt ist. Ebenso ist bei dem völligen Versagen der Granulocytenbildung mit Schwund dieser Zellen aus dem Blute, einer

physiologischen Ablauf, für eine drohende Insuffizienz. Man hat diese Veränderungen als „degenerative“ im histologischen Sinne beschrieben, obgleich manche von ihnen eher als „funktionelle“ Schädigungen, Quellung, Cytolyse, chemische Umgestaltung der Granula mit veränderter Färbung, Pyknose usw., zu bezeichnen wären. Auch diese „degenerativen“ (Verfasser) oder „toxisch-aktiven“ (NAEGELI, ALDER, FREIFELD) Granulocyten bilden neuere Symptome zur Beurteilung der Knochenmarktätigkeit, denn nach unseren Untersuchungen setzen viele dieser Veränderungen bereits im Mark unter dem Einfluß der kreisenden Giftstoffe ein und sie variieren das klinische Symptomenbild in wertvoller Weise.

Aus der Summe von Regeneration und Degeneration oder Schädigung ergibt sich der wirkliche Ablauf der Knochenmarktätigkeit und der Maßstab zu ihrer klinischen Einschätzung, ergeben sich Zahl- und Formgestaltung in der Peripherie, folgt schließ-

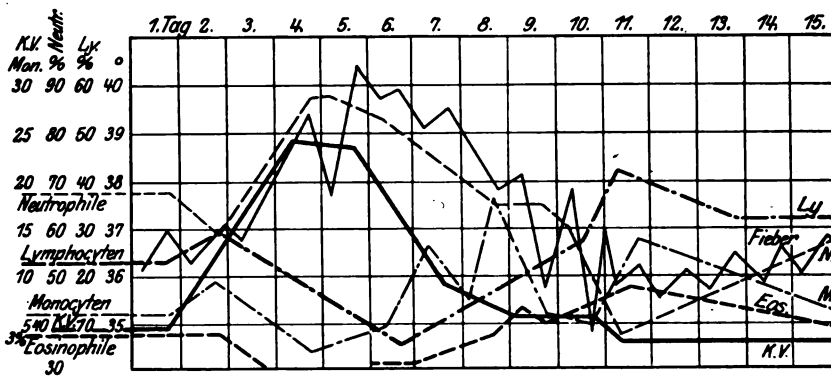


Fig. 6. Kurve der Leukocytenbewegungen bei einer akuten Infektion in relativen Zahlen. Die verschiedenen Linien zeigen die Veränderung der Prozentzahlen bei täglicher Festlegung im Blutbilde (Einzelbezeichnung in der Kurve) und ihr Verhältnis zur Fieberkurve als Ausdruck der Infektion. Die starke Linie bezeichnet die relative Gesamtzahl pathologischer Kernformen bei den Neutrophilen und entspricht der Knochenmarksreaktion, die also im wesentlichen in den 1. bis 6. Tag als „neutrophile Kampfphase“ fällt. Am 7. Tage setzt ablösend die Monocytose (Krisis), am 9. die Lymphocytose (Rekonvaleszenz) ein. Gutartige Entzündung.

erst neuerdings häufiger beobachteten, von TÜRK zuerst beschriebenen Erscheinung, das Knochenmark granulocytär völlig verödet. Ist, wie bei der aplastischen Anämie (EHRlich) oder der Aleukie (E. FRANK) das rote Mark mit betroffen, so fehlen auch die Erythroblasten und Plasmazellen, und Lymphocyten bevölkern spärlich die öligen Fettmassen. *Außerdem sind alle diese Zustände Extreme der pathologischen Umgestaltung, indem entweder ein allzu starker und dauernder Reiz die normale Regulierung endgültig durchbricht oder die natürliche Gestaltungskraft der Zelle entartet bzw. versagt.* Auf diese Entartung deuten bei allen diesen Zuständen bemerkbare schwere Atypien der Zellgestalt selbst, die wir bei den einfachen pathologisch-biologischen Wandlungen vermissen. Andeutungen von ihnen treten allerdings auch bei schwereren, zugleich schädigenden Reizen auf und bilden wichtige Fingerzeige für einen nicht mehr

lich Überwindung der krankhaften Entwicklung Steigerung, Stillstand, Rückkehr zum Normalen oder endgültiges Versagen.

Das Wesentliche ist auch für die Granulocytenverhältnisse, daß sich das gesamte Mark schon auf leichte Reize hin um- und bei starken Anforderungen im ganzen Umfange auf die neue Aufgabe einstellt, wobei sich sein Zellreichtum vervielfacht und auch seine räumliche Ausdehnung mächtig zunimmt (Fig. 1).

Dieses Spiel zwischen Blutbild und Mark wiederholt sich mit einer höchst bemerkenswerten Regelmäßigkeit und gesetzmäßigen Entwicklung bei jeder geeigneten Schädigung, die den Körper trifft (Fig. 6 u. 7). Jede leichte Infektion, jede exo- oder endogene Intoxikation setzt anscheinend zunächst die neutrophilen (und eosinophilen) Zellen als Hauptrepräsentanten der aktiven Schutzzellen in Tätigkeit. Vielleicht bewirken

selbst schon die vegetativ-nervösen Regulierungen der Blutverteilung, die jede reaktive Umstellung im Körper begleiten, z. B. Erröten und Erblassen, infolge kolloidaler Umstellungen im Plasma funktionelle Beanspruchungen, so daß damit die Grenze zwischen physiologisch und pathologisch verwischt würde. Ich habe die bei den verschiedenartigsten Prozessen *zuerst* erweisbare Beteiligung der Neutrophilen als die „neutrophile Kampfphase“ bezeichnet, weil sie einer Kampfeinstellung des Körpers mit vorwiegend erkennbarer Betätigung der neutrophilen Leukocyten entspricht; erst nach ihrem Abklingen tritt die Tätigkeit der anderen Zellsysteme, die nichts mit dem Knochenmark zu tun haben, der Monocyten als „Monocytaire Abwehr- oder Überwindungsphase“ und der Lympho-

Milz und Leber, sieht man histologisch parallele Bilder der Verarbeitung der vom Entzündungsherd in den Körper eingedrungenen Fremdstoffe durch Neutrophile. Besonders anschaulich läßt sich der celluläre Vorgang nach der ÖLLERSCHEN Technik verfolgen. Injiziert man ein Meerschweinchen mit Hühnererythrocyten und macht es dadurch überempfindlich, so sieht man bei einer 10 Tage späteren Injektion die Verarbeitung der erkennbaren Vogel-Erythrocyten durch die Leukocyten und Endothelien in ausgedehnten Organbezirken; man sieht den Verbrauch der Leukocyten an Ort und Stelle im Blutkreislauf und kann durch Serienuntersuchungen vieler zu verschiedenen Zeiten getöteter Tiere von Minute zu Minute daneben die Umgestaltung des Knochenmarkes, seine anfäng-

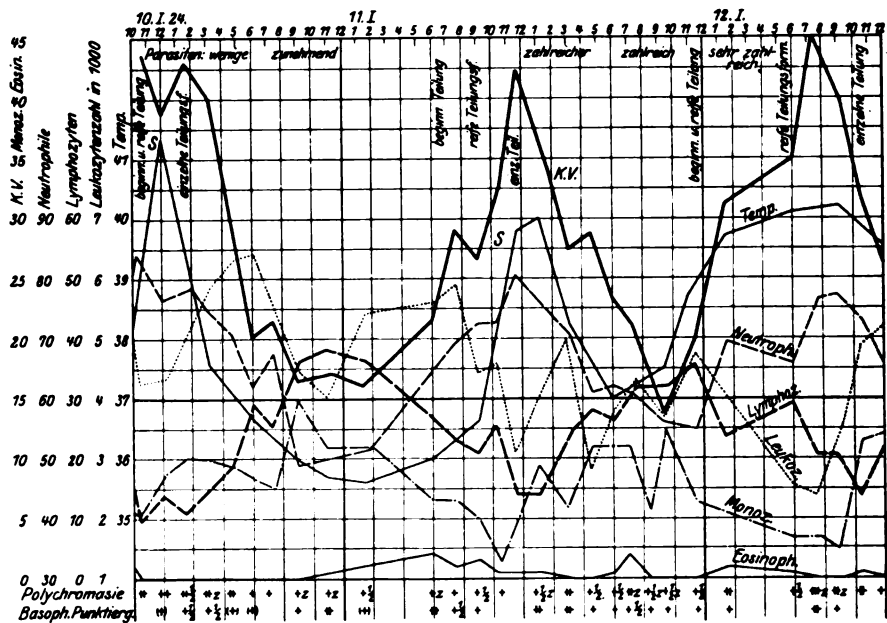


Fig. 7. Wiederholte Kurve bei täglichen Malariaanfällen. Zwei- bis dreistündliche Festlegung (Verf. mit RUBITSCHUNG). Die Kurve zeigt die jedesmalige Wiederholung des Vorganges der Kurve 6 bei jedem Schüttelfrost, doch bleibt die „neutrophile Kampfphase“ trotz Überlagerung durch Mono- und Lymphocyten auch im Intervall als übernormale Kernverschiebung erhalten (starke Linien). Das Intervallbild entspricht einer chronischen Infektion.

cyten als „lymphatische Heilphase“ in den Vordergrund, während die Neutrophilen nach Zahl, Prozentwert und Kernverschiebung dann zurückgehen (s. Fig. 6 u. 7, Kurven).

Das Paradigma bildet der entzündliche Prozeß, der auch *zunächst* die Anreicherung besonders neutrophiler Leukocyten in den erweiterten Gefäßen durch Chemotaxis, ihre Wandständigkeit und Auswanderung nach dem Herde zu zeigt, in schwereren Fällen bis zur Eiterbildung aus fast rein neutrophilen Leukocyten. Dieser Verlust muß durch erhöhte Zelltätigkeit im Mark ausgeglichen werden und wird rasch überkompensiert, wodurch die neutrophile Leukocytose aufschiebt. In allen Organen, besonders denen des Abbaus, wie Lunge,

liche Entleerung reifer Zellen und seine rasch entwickelte verjüngte Neubildung riesiger Zellherde verfolgen [Untersuchungen mit Fr. LÖWE (5)] (Fig. 8 u. 9).

Wenn man bedenkt, daß z. B. schon ein kleines Panaritium genügt, um diesen gewaltigen Apparat im ganzen Körper in Aktion zu setzen und das gesamte Knochenmark histologisch vorübergehend umzuwandeln, wird man sich die fundamentale Bedeutung dieser Vorgänge klarmachen können, an deren Funktion der Verlauf der kleinsten Infektion für den Gesamtorganismus mit hängt.

Tief verborgen in seinen Knochenhöhlen, selbst dem ärztlichen Vorstellungskreise noch entrückt, vollzieht das Knochenmarkorgan in 1—2 Tagen,

ja beginnend schon nach Minuten und ausgeprägt erkennbar nach Stunden, Umwandlungen, die uns an einem sichtbaren Organe in größtes Erstaunen versetzen würden. In wunderbarer Weise stellt es sich innerlich um für die mannigfaltigsten Aufgaben, bald zum größten Teile erythropoetisch, wenn rote Blutverluste es notwendig machen, bald granulopoetisch, wenn toxische und infektiös-toxische Produkte zu beseitigen sind, neutrophil, wenn Eiterherde oder allgemeine Sepsis chemotaktisch zur neutrophilen Einstellung reizen, eosinophil gesteigert, wenn Anaphylaxie, Wurmintoxikationen und verwandte Prozesse eosinotaktische Funktionen auslösen. Man stelle sich vor, daß ein locker gefügter Gefäß- und Fettschwamm von Lebergröße mit spärlichen Zellherden in kurzen Zeiten Zelldichte und Konsistenz der Milz etwa annimmt (Fig. 1 d), in wenigen Stunden

Krankheit oder Tod abhängen, hinstellt, sobald nur das Blutsystem überhaupt von den krankhaften Vorgängen tangiert wird. Kennen wir erst die Funktion der verschiedenen Blutzellen ganz, die Wirkung ihrer spezifischen Granula, wie wir heute die des Hämoglobins übersehen, so wird unser Verständnis für die Bedeutung der pathologisch-biologischen Umstellungen des Körpers weiter gewinnen, denn zweifellos sind die meisten dieser Vorgänge gesteigerte Physiologie, kausale Umgestaltungen, ohne die der Organismus seine lebensnotwendige Harmonie nicht wiedererlangen könnte.

Nicht als gewaltsame Katastrophen, sondern als biologische Kette von Vorgängen rollen sich die geschilderten Veränderungen vor dem Auge des Beobachters ab und erlauben ihm, als Forscher oder Arzt den augenblicklichen Stand einer In-

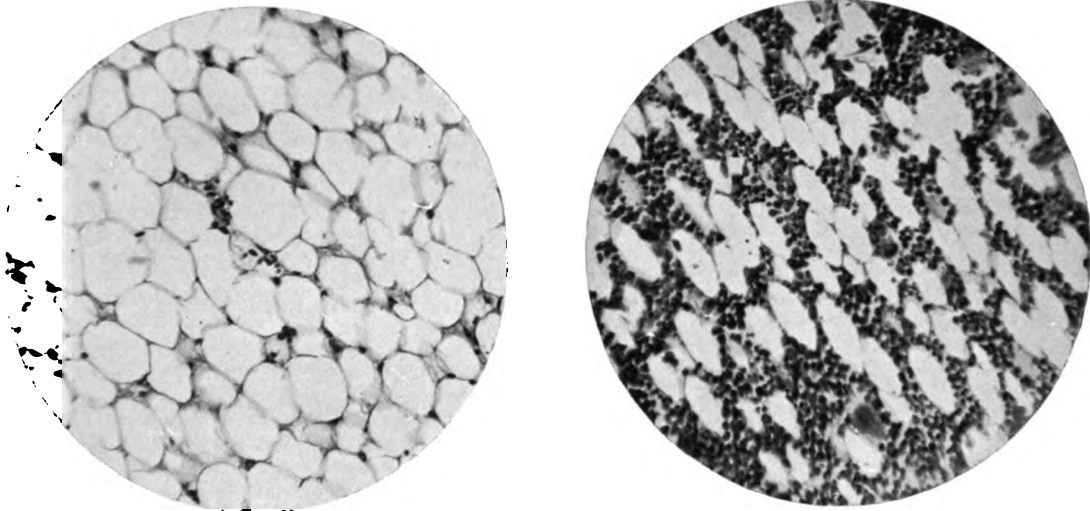


Fig. 8 und 9. *Knochenmark beim anaphylaktisierten Kaninchen* (Hühnerblutvorinjektion) 3 Minuten und 4 Stunden nach Wiedereinspritzung von Hühnerblut 10 Tage später. Man erkennt die fast völlige Entleerung des Markes von Zellen im anaphylaktischen Schock und die mächtig vorhandene Neubildung wenige Stunden später.

das Fett eliminiert, seine ganze innere Zellgruppierung verändert und in einigen Tagen sich dabei noch um sehr erhebliche Anteile voluminös ausdehnt; man beachte dabei, daß sich diese Veränderungen durchaus geregelt in vorauszubestimmender Weise bei bekannten Ursachen abspielen; man vergesse nicht, daß wir Schritt für Schritt die wichtigsten der Umgestaltungen am roten oder weißen Blutbilde verfolgen und klinisch kontrollieren können, und man wird anfangen zu erfassen, wie wesentlich und direkt wir mit diesen Methoden in das innere Leben des gesunden und kranken Organismus hineinsehen. *Es ist das Schicksal der Zelle selbst, das so unmittelbar zu uns spricht und das für den kundigen Blick ein Abbild der Lage des ganzen Organismus im Kampfe um sein inneres Gleichgewicht, von dem Gesundheit,*

fektion oder Intoxikation und ihrer Abwehr zu erkennen, in wiederholter Beobachtung als Kurve den weiteren Verlauf bedingt abzuschätzen. Er vermag den Augenblick zu erkennen, in dem das Mark als reaktivstes Organ seine Aufgabe erfüllt hat und sie nach besieger Gefahr an die anderen Organe, das retikulo-endotheliale System und endlich an das Lymphsystem weitergibt (Fig. 6 u. 7), oder er sieht mit Besorgnis, wie die ständig sich steigernde Marktätigkeit dennoch der Schädigung nicht Herr wird und sich schließlich bis zur Insuffizienz überstürzt, worauf der Zusammenbruch des Organismus erfolgt (Fig. 10). Oder endlich, er sieht den Körper in chronischem Siechtum dauernd erhöht mit seinem Markorgan arbeiten, neben Ansätzen von Abwehr und Heilung in den anderen Systemen im Blutbilde, bis endlich doch

noch Überwindung, neue Exacerbation des Prozesses oder kachektischer Tod erfolgt. Der Maßstab ist die „neutrophile Kampfphase“, das *Symptom der pathologischen Markttätigkeit*; ihr Anstieg oder ihre Rückkehr zum Normalen, ihr Fortbestehen im Kernbilde trotz zahlenmäßiger Überlagerung durch Mono- oder Lymphocyten

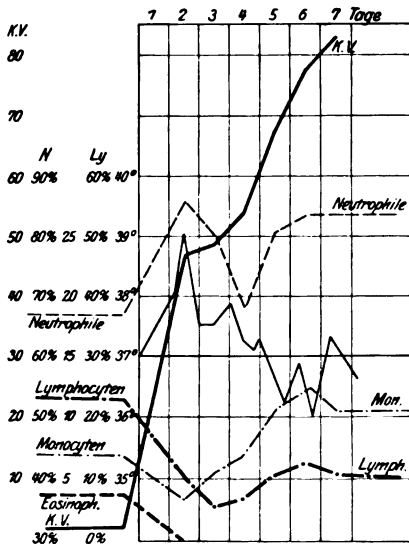


Fig. 10. Dauernd steigende „neutrophile Kampfphase“. Böser Verlauf bei tödlicher Bauchfellentzündung. Hier versagte die Temperaturkurve völlig.

gestattet als direkter Ausdruck der neutrophilen Markttätigkeit viele für die Beurteilung der erwähnten Krankheitszustände sehr wichtige Schlüsse und enthüllt die elementare Bedeutung einer der Aufgaben des Knochenmarkes für den Organismus:

Das Knochenmark ist durch die Bildung der

roten Blutkörper eine fundamentale Stütze der Atmungsprozesse; es wird durch Sinken der Erythrocytenzahlen oder Behinderung der Atmungstätigkeit direkt in Aktion gesetzt. Es ist weiter durch die Bildung der weißen Blutkörper einer der wichtigsten Faktoren im Kampfe des Körpers gegen gewebsschädigende Einflüsse, da seine Zellen in erster Linie giftabbauend tätig sind. Es wird in dieser Beziehung in Aktion gesetzt durch humorale Stoffe, die von Entzündungen oder entzündungsähnlichen Prozessen in das Blut übertreten, Proliferation und Auswanderung der Zellen chemotaktisch anregen und das Mark für seine Aufgabe umgestalten. Die Reaktion und Umbildung wird anscheinend durch vegetativ-nervöse Gefäßregulierungen beschleunigend unterstützt.

Literatur:

Die vorstehende Übersicht bildet eine kurze Zusammenfassung der in den folgenden Arbeiten enthaltenen und literarisch eingehend belegten Studien zum Thema:

1. Verfasser, Das Blutbild und seine klinische Verwertung, 5. und 6. Auflage. Jena: G. Fischer 1926.
2. BANTZ, Vergleichende Untersuchungen über Blutbild und Knochenmark im Leben und nach dem Tode. Inaug.-Diss. Berlin 1920.
3. Verfasser, Zelltheorie des Erythrocyten als Grundlage der klinischen Wertung anämischer Blutbefunde. Virchows Arch. f. pathol. Anat. u. Physiol. 234. 1921.
4. Verfasser, Leukocyten, Leukocytose und Infektion. Ergebn. d. ges. Med. 3. 1922.
5. Verfasser, Das Knochenmark als Organ. Dtsch. med. Wochenschr. 1925, H. 7, 9, 12, 13, 15.
6. YAMAMOTO, Die genauere Histologie des Knochenmarkes als Ursache der Verschiebung des neutrophilen Blutbildes. Virchows Arch. f. pathol. Anat. u. Physiol. 258. 1925.
7. Verfasser, Das Blut als Spiegel somatischer Vorgänge. Referat auf dem Wiesbadener Kongreß für Innere Medizin. 1926. Verhandlungsberichte.

Besprechungen.

HONCAMP, F., und O. NOLTE, **Agrikulturchemie**. Wissenschaftliche Forschungsberichte, Naturwissenschaftliche Reihe, herausgegeben von RAPHAEL ED. LIESEGANG, Bd. X. Dresden und Leipzig: Theodor Steinkopff 1924. VIII, 160 S. Preis RM 4.—.

Der Verlag Theodor Steinkopff bringt in seinen wissenschaftlichen Forschungsberichten die Forschungsergebnisse verschiedener Zweige der Geistes- und Naturwissenschaften, um so allen denjenigen, welche im letzten Jahrzehnt die in- und ausländische Literatur nicht verfolgen konnten, Gelegenheit zu geben, das Versäumte nachzuholen.

F. HONCAMP und O. NOLTE haben es im Bd. X, **Agrikulturchemie**, verstanden, das gesteckte Ziel zu erreichen. Die Verfasser betonen selbst, daß es sich nicht um eine lückenlose Aufzählung sämtlicher, innerhalb dieses Zeitraumes erschienenen agrikulturchemischen Arbeiten handelt. Nichtsdestoweniger sind die Literaturangaben reichhaltig und wertvoll für denjenigen, der angeregt durch das Gelesene tiefer in ein bestimmtes Arbeitsgebiet eindringen will.

Jeder einzelne Abschnitt, I. Boden, II. Pflanzenernährung und Düngung, III. Tierernährung und Fütterung, IV. Untersuchungsmethoden, schildert zunächst die geschichtliche Entwicklung der betr. Disziplin und beschäftigt sich dann eingehender mit den Hauptproblemen und den Arbeitsergebnissen der Jahre 1914–1920.

Das Buch stellt eine wissenschaftliche Revue dar und birgt deshalb, wie alle Revuen, die Gefahr in sich, schnell zu veralten. Es ist zu hoffen, daß die Absicht der Herausgeber, durch Neuauflage der einzelnen Bändchen zeitgemäße Ergänzungen zu schaffen, zur Ausführung gelangt. M. v. WRANGELL, Hohenheim. HAUROWITZ, FELIX, **Biochemie des Menschen und der Tiere seit 1914**. Dresden und Leipzig: Theodor Steinkopff 1925. VII, 148 S. und 4 Abb. 15 × 22 cm. Preis RM 8.20.

Verf. hat sich der dankenswerten Aufgabe unterzogen, in gedrängter Form einen Überblick über die biochemische Forschungsarbeit der letzten 10 Jahre zu geben. In getrennten Kapiteln werden die einzelnen

Probleme in leicht verständlicher Form behandelt. Durch Gegenüberstellung der Arbeiten und Hypothesen der verschiedenen Autoren gewinnt der Leser eine allgemeine Übersicht über den Stand der Forschung, und reichliche Literaturangaben erleichtern die Auffindung der Originalarbeiten.

Im allgemeinen Teil weist der Verf. auf die Wichtigkeit der physikalisch-chemischen Erforschung der lebenden Materie hin. Er behandelt die Bedeutung der Kolloide, der Membrane, der Mineralstoffe und in einem besonders ausführlichen Abschnitt den erst im letzten Dezennium erkannten wesentlichen Einfluß der Wasserstoffionenkonzentration auf alle biologischen Vorgänge. Ein weiteres Kapitel ist der Chemie der Muskelkontraktionen und der Gewebsatmung sowie der Hefengärung gewidmet. Zu wenig hervorgehoben erscheint die eminente Bedeutung des Acetaldehyds für alle biologischen Vorgänge. Beim Abfangverfahren sind Literatur und Abfangmittel unzutreffend angegeben. Bei der Behandlung der biologischen Oxydationen wird besonders die Theorie der Schwermetallkatalyse und die Dehydrierungstheorie eingehend erörtert.

Der spezielle Teil bringt einen Bericht über den Fortschritt der Forschung in der Chemie der Bausteine der lebenden Substanz. Kohlenhydrate, Fette, Sterine, Eiweiß, Nucleoproteide, Glykoproteide, Blutfarbstoffe und schließlich Hormone und Toxine sind herangezogen. Ergänzt wird die Ausführung noch durch eine kurze Behandlung des Ernährungsproblems unter besonderer Berücksichtigung der Vitamine. Ein Schlußkapitel enthält die für den Biochemiker wichtigen mikroanalytischen Neuerungen.

M. KOBEL, Berlin-Dahlem.

FUHRMANN, FRANZ, **Einführung in die Grundlagen der technischen Mykologie.** II. Auflage. Jena: Gustav Fischer 1926. VIII, 554 S. Preis geh. RM 26.—, geb. RM 28.—.

Da selbst der letzte Band des bekannten Handbuches der technischen Mykologie von LAFAR nur bis zum Jahr 1914 den Stoff behandelt, so ist es wichtig, daß

sich der Verf. zur Herausgabe seiner „Einführung“ entschlossen hat. Ausgezeichnet gelungen sind die Kapitel über Morphologie, Physiologie und Systematik; die ständigen Hinweise auf die technischen Probleme verleihen dem Werke Bedeutung. Wie es bei der Reichhaltigkeit des Stoffes unausbleiblich ist, sind einige Kapitel zu kurz gekommen, auch haben sich einige kleine Ungenauigkeiten eingeschlichen, die künftighin leicht ausgemerzt werden können. Die Angabe, daß α -Methylglucosid durch Invertin gespalten werde (Seite 86), ist ein Versehen, ebenso (Seite 102), daß bisher eine Bildung von Glucuronsäure auf dem Gärungswege festgestellt sei; die entsprechende Säure, die der Autor wohl meint (BOUTROUXSche Säure), ist eine isomere Ketosäure. Die Behauptung, daß Dioxyaceton als Zwischenprodukt bei der Gärung isoliert sei (S. 106), ist längst von HARDENS Schüler CHICK u. a. widerlegt. Die auf Seite 156 verzeichnete Oxydation der Glucose, die nach der Gleichung $C_6H_{12}O_6 + 6O = C_3H_6O_3 + 3CO_2 + 3H_2O$ verlaufen und Triosen neben Kohlendioxyd nebst Wasser ergeben soll, ist tatsächlich niemals verwirklicht worden. Die Anschauungen, die der Autor über die Entstehung der Milchsäure als Zwischenprodukt bei der alkoholischen Zuckerspaltung sowie über die Bildung von Bernsteinsäure und Glycerin (Seite 221—222) entwickelt, erscheinen nicht in allen Punkten mehr haltbar. Es ist wohl lediglich ein Druckfehler (S. 97), daß Raffinose nur durch Oktosporushefe hydrolysiert werde, während sie doch durch alle Unterhefen total zerlegt wird. Über die Acetongärung, die Bildung von Glycerin, über die technische Butylalkoholgewinnung sowie über die industrielle Buttersäureerzeugung auf den Gärungswegen möchte man Angaben wünschen. Bei der Fülle des Vortrefflichen, die das Buch bringt, fallen die erwähnten kleinen Unschönheiten jedoch nicht ins Gewicht. Besonders hervorgehoben werden muß die anziehende Darstellung sowie die anschauliche Erläuterung des Textes durch gute Abbildungen von Apparaturen und Mikroorganismenformen.

C. NEUBERG, Berlin.

Biologische Mitteilungen.

Neue Untersuchungen über den Farbensinn der Fische. Unter allen Lebensvorgängen nehmen gewisse Erscheinungen der menschlichen Sinnesphysiologie eine Sonderstellung ein, soweit sie als Empfindungen unmittelbar ins Bewußtsein fallen oder doch jederzeit zum Bewußtsein gebracht werden können. Indem die Physiologie sich dieses Umstandes als eines Forschungsmittels von großer Bedeutung und höchst einfacher Handhabung bediente, hat sie eine Fülle *tatsächlicher Kenntnisse* zusammentragen können, wie sie wohl auf kaum einem anderen Teilgebiet der Physiologie zu verzeichnen ist. Es liegt aber in der Natur dieser Methode der Selbstbeobachtung, daß sie in die stofflichen Vorgänge, auf denen die Lebenserscheinungen sich aufbauen, nur höchst indirekte Einblicke gestattet, und so sind denn auch unser Wissen und die einheitliche Durchbildung unserer *theoretischen Vorstellungen* über die physischen Vorgänge bei den Sinneswahrnehmungen umgekehrt weit hinter dem Stande vieler Arbeitsgebiete der Physiologie zurück. Sucht man nun durch vergleichend-physiologische Studien unsere Kenntnis der Lebensvorgänge zu erweitern und zu vertiefen, so erscheint es aussichtsreich, sich den in der menschlichen Sinnesphysiologie am weitesten geförderten Gebieten zuzuwenden. Da wir uns über die Empfindungen der Tiere kein unmittelbares Urteil bilden

können, tritt im Tierversuch an Stelle des Vergleichs der Empfindungen der Vergleich der Reaktionen.

Der Farbensinn der Fische ist auf dieser Linie in letzter Zeit eingehend nach verschiedenen Richtungen hin durchforscht worden. Schon früher hatten eine Reihe von Untersuchungen, hauptsächlich diejenigen von v. FRISCH und MAST über die Farbenanpassung der Ellritze bzw. der Plattfische, und weiterhin die Dressurversuche v. FRISCH's mit gefärbtem Futter ein Farbenunterscheidungsvermögen der Fische bewiesen. v. FRISCH hat dann die Dressurmethode dazu verwandt, in einer glänzenden Untersuchung eine entscheidende Stütze der Duplizitätstheorie zu schaffen, nach der das farblose Dämmerungsssehen durch den Stäbchenapparat, das farbige Tagessehen dagegen durch den Zapfenapparat des Wirbeltierauges vermittelt wird. Auf Grund dieser Versuche wissen wir heute über den Farbensinn der Fische in einer Hinsicht besser Bescheid als über den des Menschen. Eine Reihe anderer, im Göttinger zoologischen Institut ausgeführter Arbeiten geht dagegen in der oben angedeuteten Weise von den beim Menschen bekannten Gesetzmäßigkeiten des Farbensehens aus und hat eine ganze Reihe höchst bemerkenswerter Übereinstimmungen, andererseits aber auch eine wichtige Verschiedenheit zwischen dem Farbensinn des Menschen und dem der Fische ergeben.

Die KÜHN-POHLSche Methode der Dressur auf reine Spektrallichter verhalf SCHIEMENZ zu dem Nachweis, daß die Ellritze Rot, Gelb, Grün, Blau, Violett und Ultraviolett unabhängig von der Intensität der Farben unterscheidet. Durch die Wahrnehmung des Ultraviolett, das für den Menschen nur unter günstigsten Bedingungen als äußerst schwacher Lichtschimmer ohne charakteristische Farbqualität sichtbar ist, unterscheidet sich also das Farbsehen der Fische von dem des Menschen. WOLFF bearbeitete nun in seiner Untersuchung „*Das Farbenunterscheidungsvermögen der Ellritze*“ (Zeitschr. f. vergl. Physiol. 3, H. 3. 1925) mittels der gleichen Methode zunächst die Frage, ob auch die Ellritze wie der Mensch noch *weitere Farbabstufungen* als die von SCHIEMENZ ermittelten innerhalb des Spektrums unterscheidet. Er dressierte jeweils mehrere Fische auf 0,5 cm breite Ausschnitte des Prismenspektrums einer Bogenlampe, von denen drei im Rot, einer im Gelb, fünf im Grün, sechs im Blau, zwei im Violett und drei im Ultraviolett lagen. Zur Prüfung wurden dem Fisch nun von diesen zwanzig jeweils zehn im Spektrum hintereinander liegende Streifen, unter denen der Dressurstreif etwa in der Mitte lag, in Form einer „Spektralleiter“ gleichzeitig dargeboten. Diese wurde dadurch hergestellt, daß aus dem kontinuierlichen Spektrum der Bogenlampe durch äquidistante, je 0,5 cm breite Ausschnitte in einem vorgestellten Karton die einzelnen Sprossen der Farbleiter durchgelassen und auf die Rückwand des Versuchsaquariums projiziert wurden, an der bei der Fütterung der Dressurfarbstreif mit dem Futterbrocken allein erschienen war. Die Wellenlängen einer bestimmten Leitersprosse wurden stets genau innegehalten, so daß also von zwanzig immer gleichen Wellenlängenbezirken jeweils zehn in einem Versuch gleichzeitig dargeboten wurden. Bei der Prüfung besprangen nun die hungrigen Fische jeweils ihren Dressurfarbstreif am häufigsten, daneben aber auch benachbarte Farbstreifen, und zwar um so seltener, je weiter sie von dem Dressurstreif entfernt, d. h. je unähnlicher sie diesem waren. Die Reaktionen aller auf eine bestimmte Wellenlänge dressierten Fische vor der Spektralleiter stellten eine typische Fehlerkurve dar, die sich auf Grund einer Zählung der auf jeden Streifen entfallenden Sprünge graphisch darstellen und rechnerisch auswerten ließ. Ihr Maximum lag stets auf dem Streifen der Dressurwellenlänge. Die Fische vermochten also diesen, wenn auch nicht mit absoluter Sicherheit, von jedem anderen Farbstreifen zu unterscheiden, da sie ihn stets am häufigsten besuchten. Daß hierbei die Lage des Dressurstreifs innerhalb der dargebotenen Leiter keine Rolle spielte, wurde durch Kontrollversuche sichergestellt. Da die Dressur auf alle zwanzig verwandten Ausschnitte grundsätzlich das gleiche Ergebnis hatte, war bewiesen, daß die Fische mindestens zwanzig verschiedene Farbtöne im Spektrum zu unterscheiden vermögen. Dabei erstreckt sich der farbig gesehene Bezirk des Spektrums am langwelligen Ende mindestens ebenso weit, am kurzwelligen, wie das ja schon SCHIEMENZ nachgewiesen hatte, erheblich weiter als für den Menschen, mindestens bis 305 μ .

Die Sicherheit, mit der die Fische ihren Dressurfarbstreifen von den benachbarten unterscheiden, ist nun in den verschiedenen Spektralbezirken nicht gleich: wie beim Menschen, so wechseln auch für den Fisch im Spektrum Bezirke mit verschieden starkem *Farbqualitätsgefälle* miteinander ab. Die oben erwähnten Fehlerkurven, welche aus den Verwechslungen der Dressurfarbe mit anderen Farbstreifen gewonnen

wurden, gestatteten nun, das Qualitätsgefälle im Spektrum für das Fischauge quantitativ zu erfassen und mit demjenigen des Menschen zu vergleichen. Es ist in jedem Spektralbezirk um so größer, je steiler die zugehörige Fehlerkurve, d. h. je kleiner ihre zahlenmäßig ausdrückbare Streuung ist, und umgekehrt. Konstruierte WOLFF nun aus den für den Menschen sichtbaren, als Dressurfarben verwandten Wellenlängenbezirken als Abszissen- und den Streuungen der zugehörigen Fehlerkurven als Ordinatenwerten eine Kurve, so entstand eine mehrfach auf- und absteigende Linie, deren Maxima Spektralbezirke mit hoher Streuung, also geringem Farbtongefälle und relativ geringem Unterscheidungsvermögen, deren Minima Bezirke niederer Streuung mit starkem Farbtongefälle und hohem Unterscheidungsvermögen bezeichneten. Diese Kurve stimmt nun mit derjenigen des Menschen ganz auffallend überein. Die hervorstechendsten Gebiete deutlicher Farbtonunterscheidung liegen in beiden Fällen im Gelb und im Grünblau, und diese beiden schmalen Bezirke teilen das Spektrum in die drei großen Abschnitte der rot-, grün- und violettähnlichen Farben. Der einzige deutliche Unterschied liegt an der Grenze des für uns sichtbaren Spektrums im äußersten Violett, wo die Ellritze besser unterscheidet als der Mensch, offenbar im Zusammenhang mit ihrer hohen Ultravioletttempfindlichkeit.

Ganz allgemein nimmt also für Mensch und Fisch die Ähnlichkeit zweier Farben mit zunehmendem Abstand im Spektrum ab. Indessen findet diese Erscheinung für uns ihre Grenze in der *Geschlossenheit des Farbenkreises*: vom Indigoblau zum Violett hin werden die Spektralfarben, die von Gelb bis Blau dem Rot durchaus unähnlich sind, wieder rotähnlich, und die noch verbleibende Lücke läßt sich durch eine Reihe von Purpurtönen völlig schließen, die im Spektrum nicht vorkommen aber durch Mischung verschiedener Mengen von Rot und Violett herstellbar sind. WOLFF konnte nun zeigen, daß für die Ellritze das gleiche gilt. Es war möglich, die Tiere auf purpurfarbenes Filterlicht zu dressieren, und wenn ihnen nun ihre Dressurfarbe neben dem kurz- bzw. dem langwelligen Ende der Spektralleiter geboten wurde, so bevorzugten sie stets den Purpurstreif, reagierten aber daneben auch auf beide Enden des Spektrums. Weiterhin besprangen alle auf kurze Wellenlängen dressierten Tiere auch das langwellige Ende der Spektralleiter, und umgekehrt. Die Ellritze unterscheidet also außer den reinen Spektrallichtern noch eine weitere Farbe, die sowohl dem Rot als dem Violett ähnlich ist, und ihr Farbenkreis ist über diese, unserem Purpur entsprechende Farbe geschlossen.

Mit der Untersuchung der Purpurtöne hatte WOLFF bereits das Gebiet der Farbmischung betreten. Unser Farbsehen kennt nun außer dem Purpur noch eine weitere charakteristische Mischfarbe, das Weiß, und das Studium der Wirkung weißer Lichter auf das Fischauge hat HAMBURGER in seiner Arbeit „*Versuche über Komplementärfarben bei Ellritzen (Phoxinus laevis)*“ (Zeitschr. f. vergl. Physiol. 4, H. 2. 1926) in Angriff genommen.

Für das menschliche Auge entstehen durch Mischung irgendwelcher Spektrallichter entweder Farben, welche den reinen Tönen des Farbkreises nahezu gleichen, oder Weiß oder aber solche Farben, die gleichzeitig einem bestimmten Glied des Farbkreises und dem Weiß mehr oder weniger ähnlich sind. Jede dieser „weißverhüllten“ Farben kann ebenso wie das Weiß selbst durch unendlich viele verschiedene Mischungen hergestellt werden: das Auge vermag nicht wie das

Ohr aus einer Summe gleichzeitig und räumlich nicht getrennt dargebotener Reize die einzelnen Komponenten herauszuanalysieren. Unter allen Mischfarben nimmt das reine Weiß insofern eine Sonderstellung ein, als es mit keinem Glied des Farbkreises irgend verglichen werden kann, d. h. der farbenempfindliche Apparat unseres Auges ist so abgestimmt, daß gerade das Mischlicht der Sonne, der hervorragendsten natürlichen Lichtquelle, eine eigene Farbqualität besitzt, die nun ebenso wie jede andere Mischfarbe auch durch unendlich viele andere Lichtmischungen hergestellt werden kann.

HAMBURGER prüfte nun zunächst, ob auch die Ellritze das uns *rein weiß* erscheinende Lichtgemisch einer Bogenlampe von *allen Spektralfarben* zu *unterscheiden* vermag, indem er eine größere Anzahl von Fischen auf einen Streifen unzerlegten Bogenlichtes dressierte, der an wechselndem Ort innerhalb einer WOLFFschen Spektralleiter dargeboten wurde. Um eine Dressur auf maximale Helligkeit statt auf Weiß zu verhüten, wurde die Intensität des Weißstreifens so gewählt, daß er nach allem, was wir über die Helligkeitsempfindlichkeit des Fischeauges wissen, für die Ellritze etwa die Mitte zwischen den hellsten und den dunkelsten Teilen des Spektrums hielt. Die Dressur gelang bemerkenswerterweise schwerer als bei den Versuchen mit reinen Lichtern, aber trotzdem mit völliger Sicherheit: bei der Prüfung ohne Futter besprangen die Fische den Weißstreifen, an welcher Stelle der Spektralleiter er immer liegen mochte, durchschnittlich fast zwanzigmal so häufig wie das nächst Weiß am meisten besuchte Gelb, und zehnmal so oft wie alle Spektralstreifen zusammengekommen. Damit war bewiesen, daß der Fisch auch ein uns weiß erscheinendes Lichtgemisch von allen Spektralfarben mit großer Sicherheit unterscheidet, eine weitere Übereinstimmung in dem Farbsehen von Mensch und Fisch.

Endlich behandelte HAMBURGER noch die Frage der *Komplementärfarben*. Die Farbmischungsgesetze des Menschen lassen sich kurz dahin zusammenfassen, daß mit großer Annäherung alle vorkommenden Farben (abgesehen von den schwärzlichen, die ein eigenes Problem bieten) einerseits aus drei bestimmten reinen Lichtern: rot, grün und violett durch geeignete Intensitätsabstufungen dargestellt werden können, andererseits aber auch von jedem beliebigen Punkt des Farbkreises aus durch Zumischen eines zweiten, durch die Wahl des ersten festgelegten reinen Lichtes bzw. Purpurtons. Diese Tatsachen charakterisieren das normale menschliche Sehen gegenüber den verschiedenen Formen der Farbenblindheit. Wenn nun, entsprechend der Wirkung einer Mischung von Komplementärfarbpaairen auf das menschliche Auge, auch beim Fisch durch die Mischung verschiedener Paare reiner Lichter die gleiche Reaktion wie durch unzerlegtes Licht ausgelöst wird, dann stimmen auch die Farbmischungsgesetze des Fischeauges mit den für das menschliche Auge geltenden in einem entscheidenden Punkt überein. Zur Prüfung dieser Frage bot HAMBURGER seinen auf unzerlegtes Bogenlicht dressierten Ellritzen verschiedene, für den Menschen übereinstimmend rein weiße Mischungen von Komplementärfarbpaairen innerhalb der Spektralleiter dar. In einer Versuchsreihe wurde das Komplementärweiß aus Gelb und Cyanblau, in einer anderen aus Rot und Grün, in einer dritten endlich aus Orange und Grün hergestellt. Auf jedes solche Mischlicht entfielen nun trotz seiner Konkurrenz mit 9 Farbstreifen ungefähr 50% aller Sprünge der auf Weiß dressierten Ellritzen, während der Orangestreif der Spektralleiter, der in diesen

Versuchen nächst dem Komplementärweiß den stärksten Besuch aufwies, nur 26% aller Sprünge erhielt. Wenn also auch die verschiedenen komplementären Mischungen der Farbe des unzerlegten Lichtes, das in derselben Situation etwa 90% aller Sprünge erhielt, nicht völlig glichen, so waren sie ihr doch übereinstimmend ähnlicher als irgendeiner Farbe des Spektrums, und das besagt, daß der Gesichtssinn der Fische auch hinsichtlich der Mischungsgesetze mit dem des Menschen weitgehende Ähnlichkeit zeigt.

K. HENKE.

Die Giftproduktion bei den Tieren wird von den Biologen meist recht stiefmütterlich behandelt. Systematische Untersuchungen haben ihr fast nur Pharmakologen gewidmet. Man pflegte sich mit der Feststellung zu begnügen, daß von einem Tier ein Stoff erzeugt wird, der bei anderen Organismen, meist schon in kleinen Dosen, wesentliche Störungen oder den Tod herbeiführt, und setzte diese Gifterzeugung in teleologischer Deutung zu einer Schutz- oder Angriffsfunktion in Beziehung. In der Tat liegt ja diese Funktion offen zutage bei den sog. „phanerotoxischen“ Tieren, bei denen, wie bei Schlangen, Bienen, Skorpionen, das Gift durch Drüsen entleert wird, die mit spitzen, zur Verwundung anderer Organismen führenden Hartgebilden (Zähnen, Stacheln usw.) in Verbindung stehen. Auch viele „kryptotoxische“ Tiere, die Giftstoffe in ihren Geweben enthalten oder, ohne zu verwunden, nach außen entleeren, können durch die Erzeugung dieser Produkte Schutz erfahren. Aber diese teleologische Beurteilung löst die physiologischen Probleme keineswegs, die sich an die Entstehung des Giftstoffes im Stoffwechsel seines Erzeugers und an die Giftwirkung knüpfen, ja sie lenkt sogar leicht von der kausalen Betrachtung der Probleme ab. Für das physiologische und das phylogenetische Verständnis ist es von entscheidender Bedeutung, daß wir einsehen, wie die Giftproduktion aus dem gesamten Stoffwechselgetriebe des Organismus herauswächst. Hierauf weist J. STROHL in einer sehr anregenden Schrift (Die Giftproduktion bei den Tieren vom zoologisch-physiologischen Standpunkt. Leipzig 1926) hin. Es ist überraschend, aus STROHLS reicher Zusammenstellung zu sehen, welche ungeheure Mannigfaltigkeit die Giftproduktion in den verschiedensten Tiergruppen zeigt, und wie vielerlei Tiergifte auch vom Menschen, besonders von Naturvölkern als Pfeilgifte, verwendet wurden: Säfte von Schnecken, Spinnen, Tausendfüßlern, Wanzen, Ameisen, Hummeln, Käfern, Fischen, Kröten, Eidechsen und Schlangen. Den Pfeilgiften gegenüber treten die zu Heilzwecken versuchten tierischen Gifte, im Gegensatz zu pflanzlichen, sehr zurück. Über die chemische Natur der tierischen Giftstoffe ist noch verhältnismäßig wenig bekannt. In einigen Fällen leiten sich die giftigen Substanzen wohl unmittelbar oder mittelbar durch Abbau aus pflanzlicher Nahrung der Tiere her; meist entstammen sie dem tierischen Stoffwechsel. Ganz verschiedenartige stickstoffhaltige und stickstofffreie organische und anorganische Substanzen sind nachgewiesen oder werden mit mehr oder weniger Recht vermutet, unter anderen freie Schwefelsäure, Jod, Blausäure, Chinon, Adrenalin, Merkaptan. Das wirksame Stink- und Giftgas des Skunks (einer Marderart) ist Butyl-Merkaptan. Von ganz verschiedenen Organismen können gleiche oder sehr ähnliche Stoffe erzeugt werden; verblüffend ist die chemische Ähnlichkeit zwischen dem Krötengift Bufotoxin und den Pflanzengiften der Digitalisgruppe.

In vielen Fällen wissen wir, daß die Gifte im Stoffwechselhaushalt ihrer Erzeuger selbst eine Rolle spielen;

und diese dürfte wohl die primäre, ursprüngliche sein. Gifte können im Stoffabbaugetriebe entstehen und als Exkrete abgegeben werden. Bei den Schlangen spielt der Giftspeichel auch eine Rolle bei der Verdauung. Gifte treten für andere Tiere giftig wirkende Stoffe in bestimmten inneren Organen auf, manchmal in periodisch wechselnder Menge, nicht selten im Zusammenhang mit der Geschlechtsfunktion. Bei einem Wurm (*Bonellia*) wird von der Rüsselloberfläche der Weibchen ein Stoff abgesondert, der für verschiedene Tiere giftig wirkt, bei den Larven der eigenen Art, die mit dem Rüssel in Berührung kommen, aber eine geschlechtliche Differenzierung zu Männchen zur Folge hat. Bei den phanerotoxischen Tieren ist eine Kuppelung zwischen der primären Funktion giftsezernierender Organe und anderen Organen und Funktionen (Körperhaltungen und Bewegungen) zustande gekommen, die durch Reflexmechanismen zur Geltung gebracht wird.

Ganz besonders charakteristisch für den Begriff des Giftes ist sein relativer Charakter. Er spricht sich zunächst darin aus, daß derselbe Stoff, der in einer bestimmten Dosis das Lebensgeschehen stört, in geringerer oder in Kombination mit anderen Stoffen stimulierend, regulierend wirken kann. Der relative Charakter des Giftbegriffes wird dadurch verstärkt, daß die Höhe des Schwellenwertes weitgehend mitbedingt wird durch die Konstitution des Organismus, auf den der Giftstoff wirkt. So zeigen gewisse Schmetterlinge (*Zygaeniden*) und Würmer (*Ascariden*) eine ungewöhnliche Widerstandsfähigkeit gegen Blausäure; manche Raupen sind ganz unempfindlich gegen Wespenstiche, die andere Raupen lähmen und töten. Diese Abhängigkeit der Wirkung von der Natur des betroffenen lebenden Systems führt STROHL zu einem originellen Vergleich zwischen der Wirkung der Gifte und anderer „Relatoren“-Substanzen, von Hormonen und Riechstoffen. Bei diesen wie bei den Giften liegt das Hauptgewicht auf der „Affinität des rezipierenden Organes“, dem Zustand des für die betreffende Substanz empfänglichen Gewebes, Organes oder Organismus. Die Giftigkeit einer Substanz wird um so allgemeiner verbreitet sein und ursprünglicher erscheinen, je elementarere Lebensvorgänge zu ihr Affinität besitzen. Der verschiedenen Empfänglichkeit der Organismen müssen wesentliche Stoffwechselunterschiede zugrunde liegen. Sicher verspricht eine künftige Analyse der Physiologie der Gifterzeugung und Giftwirkung in diesem Sinne wichtige biologische Aufschlüsse.

A. KÜHN.

Zur Frage der Funktion der Insektenocellen. Nachdem bisher alle Versuche fehlgeschlagen waren, auf experimentellem Wege Aufschluß über die Funktion der Insektenocellen zu erhalten, ist es jetzt E. BOZLER in seiner Arbeit „Experimentelle Untersuchungen über die Funktion der Stirn- und Seitenocellen der Insekten“ (*Zeitschr. f. vergl. Physiol.* 1925, 3. H. 2) gelungen, ein geeignetes Objekt und richtige Fragestellungen zu finden, um einen Blick in die Tätigkeit dieser rätselhaften Organe zu tun. Nachdem HOMANN, wie in „Naturwissenschaften“ Heft 5 dieses Jahrganges berichtet, durch physikalische Untersuchungen die Unmöglichkeit einer Bildperzeption mittels der Ocellen erwiesen hatte, blieb von den mancherlei bisher geäußerten Hypothesen nur noch diejenige von v. HESS übrig, daß die Ocellen vermöge ihrer hohen Lichtstärke zur Auslösung von phototaktischen Reaktionen

bei sehr schwachem Licht dienen könnten, in dem die lichtschwächeren Appositionsaugen versagten. BOZLER prüfte nun zunächst diese Annahme, kam aber zu keinem positiven Ergebnis. Wurden bei *Drosophila* oder Drosophila die Facettenaugen lackiert, so vermochten die Tiere nicht mehr, wie das normale in gereiztem Zustand stets tun, zum Licht zu fliegen. Die Ocellen allein vermögen also keine Orientierung gegen gerichtetes Licht zu bewerkstelligen. Weiterhin wurde die niedrigste Lichtintensität ermittelt, bei der normale Tiere und solche, deren Ocellen schwarz lackiert waren, noch durch mechanische Reize zu einer Bewegung gegen die Lichtquelle veranlaßt werden konnten. Sie war in beiden Fällen gleich, während nach der v. HESS'schen Hypothese zu erwarten gewesen wäre, daß die Tiere mit intakten Ocellen noch schwächere Lichter aufsuchten als diejenigen, denen nur die Facettenaugen zur Verfügung standen.

Wichtiger als diese negativen Befunde sind aber natürlich die positiven, die sämtlich an *Drosophila* erhoben wurden. Da eine Orientierung gegen gerichtete Lichtreize mit Hilfe der Ocellen nicht nachzuweisen war, prüfte BOZLER ihre Bedeutung für die *Photokinese*, und in den hierzu angestellten Versuchen ergaben sich nun deutliche Unterschiede im Verhalten normaler Tiere und solcher mit verdeckten Ocellen. Am wichtigsten erscheint ein Versuch, in dem zwei Gläser mit je einer der beiden Sorten von Versuchstieren für einige Zeit dem direkten Sonnenlicht ausgesetzt und dann plötzlich beschattet wurden. Die anfängliche Belichtung wirkt photokinetisch, sie ruft in beiden Gläsern starke Bewegungen der Tiere hervor. Bei der nun folgenden Beschattung verlangsamten sich die Bewegungen der normalen Fliegen nur wenig, diejenigen der Tiere mit ausgeschalteten Ocellen dagegen außerordentlich stark, ja die letzteren können sogar zum größten Teil völlig zur Ruhe kommen. Bei plötzlicher Herabsetzung der Lichtintensität, wie sie in der freien Natur mit ihren oft starken Beleuchtungsschwankungen vielfach vorkommen muß, erlischt also die photokinetische Wirkung der Facettenaugen mehr oder weniger vollständig, während die Ocellen wirksam bleiben. BOZLER erklärt diese und andere Erscheinungen mit der Annahme, daß die Ocellen rascherer Adaptation fähig sind als die Facettenaugen, jedenfalls ist aber eine Beziehung der Ocellen zur Photokinese sichergestellt.

Noch ein weiterer Versuch ist bemerkenswert. Werden die Tiere für längere Zeit dem direkten Sonnenlicht ausgesetzt, alle anderen Reize aber nach Möglichkeit ferngehalten, so verschwindet die anfänglich sehr starke Phototaxis allmählich, aber bei normalen Tieren erheblich langsamer als bei denjenigen mit ausgeschalteten Ocellen. Wenn also die Ocellen auch nicht allein eine topische Orientierung zum Licht ermöglichen, so lehren doch dieser und andere Versuche, daß sie unter Umständen die Phototaxis verstärken können. BOZLER führt dies darauf zurück, daß die durch die Ocellen gesetzten, lediglich erregenden Reize eine Bahnung in den von den Facettenaugen ausgehenden Reflexbögen erzeugen, durch welche die ohne sie unterschwelligen Orientierungsreize der letzteren wirksam werden können. Die eigentümlichen Innervierungsverhältnisse der Augen sind dieser interessanten Hypothese günstig.

K. HENKE.

Humboldtstrom, Corriente del Niño und die Unwetter in Peru.

(*Geographical Review, Published by The American Geographical Society of New York, January 1926, S. 26—54: ROBERT CUSHMAN MURPHY, Oceanic and Climatic Phenomena along the West Coast of South America during 1925. Vergleiche auch: Geographical Review 13, 64—85. 1923, und ROBERT CUSHMAN MURPHY, Bird Islands of Peru [The Record of a Sojourn on the West Coast], G. P. PUTNAM'S SONS, New York and London, The Knickerbocker Press 1925, 362 Seiten.*) An der für regenlos geltenden Küste von Peru sind im Winter 1924—25 durch Änderungen im Laufe der Meeresströmungen, „abnorme“ Erhöhung der Temperaturen des Seewassers und unerwartet stürmische Regenfälle dem Bestande des marinen Lebens und der Wirtschaft des Landes schwere Schäden zugefügt worden. Der Vizepräsident der New York Academy of Sciences, R. C. MURPHY, der um diese Zeit als Ornithologe in dem Gebiete arbeitete, gibt auf Grund eigener und fremder Beobachtungen ein lebendiges Bild von den Vorgängen.

Über die „normalen“ klimatischen und hydrographischen Erscheinungen der zentralen Zone der pazifischen Küste von Südamerika sind wir im allgemeinen gut unterrichtet. An der ganzen Küstenstrecke von den äußeren Teilen des Golfes von Guayaquil südwärts bis in die Gegend von Valparaíso in Chile herrschen südliche Winde vor, sind die küstennahen Wasser des nordwärts fließenden Humboldtstromes bemerkenswert kühl und in der Richtung beständig und die seeseitigen Hänge der Gebirge wie das ganze litorale Gebiet des Ozeans bis weit über hundert Meilen hinaus im gewöhnlichen Sinne des Wortes regenlos. Diese Bedingungen machen es verständlich, daß das Leben auf dem Lande relativ arm, das Leben im Meere aber außerordentlich reich (and delicately adjusted to the environment) ist. Alljährlich um Weihnachten erscheint im nördlichen Peru zu dem kalten Humboldtstrome ein warmer und südwärts fließender Gegenstrom: el Niño, das Kind (gemeint ist das Christkind). Gewöhnlich sind die Wirkungen dieses Gegenstromes nur im nördlichsten Peru spürbar. Alle 7 Jahre, wie man glaubt, (jedoch in letzter Zeit weniger deutlich als früher) sind seine Wirkungen stärker und weiterreichend. In noch größeren Intervallen (gegenwärtig in einem Rhythmus von 34 Jahren) erreicht el Niño im Verein mit den von ihm abhängenden Erscheinungen seine höchste Kraft. Seine Gesamtwirkung war während der ersten Monate 1925 weit größer als zu irgend einer Zeit seit 1891 und wahrscheinlich größer als überhaupt bisher berichtet worden ist.

Anfang Dezember 1924 war die Seewassertemperatur im nördlichen Peru wie sonst, nämlich $1\frac{1}{2}^{\circ}$ nördlich des Äquators $26,11^{\circ}\text{C}$ (79°F), 3° südlich nur noch $24,44^{\circ}\text{C}$, in der Höhe von Cap Blanco in dem aufquellenden Küstenwasser des Humboldtstromes maß sie $18,89^{\circ}\text{C}$, und bei 9° südlich nur $17,78^{\circ}\text{C}$ (64°F). Auch noch während der ersten 2 Wochen des Januar 1925 waren die Erscheinungen an der ganzen Küste von Peru völlig normal, d. h. wie in den Jahren vorher. Aber am 18. Januar 1925 erreichte der Gegenstrom von Norden her die Breite von Talara, $5^{\circ}45'\text{S}$, wie plötzliches Anschwellen der Temperatur an der Oberfläche andeutete. In den nächsten 10 Tagen stieg das Thermometer bis auf $25,55^{\circ}$. Am 21. Januar spürte man eine starke Strömung des Niño bei Punta Pariñas. Am 19. Januar hatte Talara die ersten Spritzregen, und vom 27. Januar ab regnete es ununterbrochen. Die Niederschläge bestanden nicht aus einzelnen Schauern, sondern fielen

dicht und zusammenhängend. In der 2. Woche des März zeigte der Strom unerhört hohe Temperaturen an der Oberfläche, wie $26,67^{\circ}\text{C}$ im Hafen von Callao, $26,11^{\circ}$ bei Mollendo und $21,67^{\circ}$ in oder nahe den Häfen Antofagasta und Valparaíso. (Die normalen Temperaturen siehe bei COKER, Geogr. Rev. 5, 127—135. 1918.) Um die Mitte des April begann die Wendung zur Norm, zuerst im Süden, und im Mai war sie überall wieder ganz hergestellt. Im Hafen von Talara fiel das Thermometer im Mai wöchentlich um $3\frac{1}{3}^{\circ}$. Pisco hatte Ende April $18,89^{\circ}$ und Callao 20° . Ein Schiffsbericht aus Chile von Ende Mai besagt: „Der Humboldtstrom geht gradweis zur Norm zurück. In der Höhe der Vorgebirge fanden wir das Wasser wieder kühl und wir trafen kräftig nach Norden setzenden Strom.“ Kühle Wasser vor den Vorgebirgen ist immer ein Zeichen aufquellenden Küstenwassers. Die niederen Temperaturen des Humboldtstromes nahe der Küste kommen von daher. Die Routen der 7 Schiffe, die in der fraglichen Zeit Temperaturbeobachtungen geliefert haben, liegen alle in dem Bereich des Auftriebwassers, und wenn sie also dort unerwartet hohe Temperaturen gefunden haben, so heißt das, daß sich die Küstenwasser zu dieser Zeit in einem außergewöhnlichen Zustande befunden haben: die hohen Temperaturen haben keine Beziehung zu den Bedingungen des küstenfernen ozeanischen Wassers, 50 Seemeilen und mehr abseits der Küste, wo warme Oberflächentemperaturen das ganze Jahr herrschen.

Einige der Tabellen zeigen, daß während der Herrschaft des Niño das Oberflächenwasser entlang den Dampferlinien zwischen Panama und Golf von Guayaquil etwas, jedoch gleichmäßig kühler war als das weiter südlich, was das Gegenteil ist von dem, was zu erwarten war, aber bestätigt wird durch Beobachtungen HEILNERS und MURPHYS in der äquatorialen Region nördlich von Cap San Lorenzo in Ecuador (1°S). Es ist interessant als Hinweis auf die Herkunft des warmen Wassers, das die peruanische Küste bespült. Auf der südlichen Halbkugel pflegen nördliche Winde das Wasser der Oberfläche nicht gerade vor sich herzutreiben, sondern nach links zu verschieben. Das erklärt das Anhäufen von warmem, pazifischem Wasser vor der Küste von Peru nach dem Aufhören des Aufquellens, das immer eintritt und anhält, wenn südliche Winde herrschen. Andererseits: nördlich vom Äquator haben Winde aus einem nördlichen Quadranten die Neigung, das Wasser der Oberfläche nach rechts zu verschieben, also von einer westlichen Küste abzutreiben. Dieses, zusammen mit dem alsdann möglichen Andrängen des kühlen Wassers der Tiefe gegen die Küste von Columbien und des nördlichen Ecuador ist zweifellos der Grund für die niedrigen Temperaturen der Oberflächen in der großen Bucht zwischen Ecuador und der Landenge von Panama.

Daß der Gegenstrom eine aktive Erscheinung war und nicht einfach eine notwendige Folge zeitweisen Aufhörens oder Verlagerens des Humboldtstromes, wird durch die Schifffahrt bewiesen. Von Ende Januar bis April blieben alle Dampfer, die von chilenischen und peruanischen Häfen nach Panama fuhren, hinter ihrem Fahrplan zurück. Die Schnelligkeit des Niño lag zwischen $\frac{1}{2}$ und etwas mehr als 2 Knoten. Die höchste Geschwindigkeit wurde am 11. März bei Callao beobachtet. Leider liegen keine Tiefentemperaturen für das peruanische Litoral während der Dauer des Gegenstromes vor, so daß sich nicht sagen läßt, ob der Humboldtstrom während der Zeit aufhörte, oder ob er

nach Westen verdrängt war, oder ob er seinen Lauf unter einem nur relativ flachen Gegenstrom fortsetzte.

Die sekundären Auswirkungen des Gegenstromes waren die auch schon sonst beschriebenen, nur daß 1925 alle Erscheinungen in gesteigertem Maße auftraten. Das Plankton des Humboldtstromes starb ab, vielleicht, wie ALLEN vermutet, weil el Niño außer den den *Diatomeen* und *Dinoflagellaten* unzuträglichen höheren Temperaturen schädliche chemische Stoffe mit sich führte. Die Fischereien an der Küste feierten, weil der gewohnte Fang hinstarb oder ausblieb. *Fliegende Fische*, *Delphine* (*Coryphaena*) und andere tropische Fische stießen gegen die Küsten vor und drangen selbst in die Häfen ein. Von Ende Januar an erkrankten und starben im nördlichen Peru die *Guano-Vögel*, und das Sterben breitete sich rapid südwärts aus, so daß bald ungezählte Tausende von Leichen die ganze Küstenlinie des Landes bedeckten. Zu Anfang März scharten sich um die Feuerschiffe von Callao und Salaverry abgezehrte, von *Ungeziefer* gequälte Seevögel, die zu schwach waren, die Wände zu erklimmen. Andererseits sah man, wie die Vögel die gewohnten Brutplätze auf den Lobos und Gualaño-Inseln verließen, und sich im März in den chilenischen Gewässern in ganz ungewöhnlichen Mengen *peruanische Kormorane*, *Tölpel* und andere *guanoproduzierende Arten* anhäuften. Wo es früher kaum einen Schwimmvogel gab, sah man jetzt alle Baken von solchen besetzt. Aus dem nördlichen Peru wurde die sehr bemerkenswerte Tatsache gemeldet, daß der Fregattvogel *Fregata magnificens* nicht von dem großen Sterben ergriffen wurde. Das stimmt ganz mit den Gesetzen seiner marinen Verbreitung überein, denn der Fregattvogel ist ein echt tropischer Vogel, dem Ozeanwasser von hoher Temperatur trefflich angepaßt und anscheinend am meisten in Peru zu Hause, wenn dort *el Niño* einbricht, dem er dann bis Punta Aguja (16° S.) folgt. Andere Vögel aus dem Gebiete der warmen Meere, die in diesem Januar über die Südgrenze ihres Vorkommens hinausgegangen waren, sind der große intertropische Tölpel *Sula dactylatra* und der rötlichbälgige Tropikvogel *Phaeton aethereus*. Von nordamerikanischen Wandervögeln, die gewöhnlich die Südgrenze ihres Winterquartiers schon in der äquatorialen Region finden, wie die Lachmöve *Larus atricilla* und die königliche Seeschwalbe *Sterna maxima*, wurden südlich Paíta beobachtet, unmittelbar nachdem der Gegenstrom dorthin vorgestoßen war. Endlich war wohl auch eine Wirkung der Entfaltung des Gegenstromes auf die Verbreitung der Seevögel die völlige Abwesenheit subantarktischer Petersvögel, wie *Daption*, *Priocella*, *Procellaria* und *Macronectes*, die in einem anderen Jahre zur selben Zeit im nördlichen Peru häufig angetroffen worden waren.

Die Beziehungen zwischen Temperatur und Regen. Südliche Brisen, die für Talara und Punta Pariñas am 19. und 20. Januar notiert worden waren, sind für viele Wochen die letzten anhaltenden Winde aus dieser Richtung gewesen, denn um diese Zeit war der Gegenstrom in diese Breiten vorgedrungen. Von da ab blies der Wind sowohl im nördlichen Peru wie an der äußeren Küste von Ecuador zumeist aus einem nördlichen Quadranten mit gelegentlichen Rückschlägen von wenigen Stunden Dauer. Berichte von der langen Küste von Peru besagen, daß sich dort dasselbe Kräftepiel nach Süden hin entwickelte. Kleine Unterschiede in den Temperaturen des Ozeans scheinen große Wandlungen im Luftdruck zu bewirken. Ein kritisches Studium der wenigen Beobachtungsreihen über Luft und Wasseroberfläche im nördlichen Peru zeigt, daß Wetterumschlag und Regen zu der Zeit eintraten, wo die Temperatur des Ozeans gleich wurde der mittlere

ren Temperatur der Atmosphäre oder sie überschritt, und daß der außerordentliche Regenfall gerade so lange anhielt, wie dieses gestörte Verhältnis andauerte.

Einer der Faktoren, auf denen die meteorologische Stabilität der trockenen Westküste von Südamerika beruht, ist, daß die mittlere Temperatur der Oberfläche des Wassers dicht an der Küste normalerweise nicht nur niedriger als die der offenen See ist, sondern auch entschieden niedriger als die über dem benachbarten Lande. Das trifft für das nördliche Peru (wenigstens bis Cap Blanco), wie für die zentralen Teile der Küste zu. Nur in 2 Monaten, April und November, ist das absolute Minimum der Luft niedriger als das Maximum des Wassers (bei Negritos). Die höchste Wassertemperatur des ganzen Jahres war (bei Negritos) 1924 nur ein einziges Mal (am 27. Januar) 22,78°. Wassertemperaturen von 21,11 und mehr Graden kamen nur an 14 Tagen des ganzen Jahres vor, und zwar von Dezember bis März. Für 1925 wiesen die Daten für dieselbe Zeit beträchtliche Abweichungen auf, nicht nur bestand zwischen den durchschnittlichen Maximaltemperaturen des Wassers ein Unterschied von 5°, es zeigten sich auch in dem Verhältnis der Maße zu den Lufttemperaturen Störungen in den kritischen Monaten Februar, März und April.

Das Unwetter von 1925 erinnert lebhaft an die Verheerungen von 1891. In den ersten Tagen des März folgten auf steigende Temperaturen der Luft steigende Temperaturen des Wassers (dieses stieg von 15,55° C auf 23,89° C), und die in freiem Wasser verankerten Schiffe zeigten durch ihr Schwingen, daß sie in einem nach Süden setzenden Strome lagen, d. h. daß die *Corriente del Niño* sich eingestellt hatte. Zugleich begann es zu regnen. Während Trujillo in den 7 Jahren 1918 bis 1925 im ganzen 35 mm Regen hatte, fielen sonst im März 1925 allein 395 mm. Der barometrische Druck war vom 1. bis 4. März ähnlich dem im Jahre vorher, fiel am 5. um 4 mm und blieb dann hinter dem Durchschnitt derselben Periode des vergangenen Jahres zurück. Zur Zeit der heftigsten Niederschläge wehten die Winde aus E, N und NW, und ihre Geschwindigkeit betrug nur 18–33 km in 24 Stunden. In den letzten Regentagen wehten die Winde aus E, SE und WSS bei einer Geschwindigkeit bis zu 35 km. Die normalen Winde der gleichen Periode im Jahr vorher kamen aus SSW und SW und ihre Geschwindigkeit betrug 180 bis 300 km. Die ansteigenden Fluten zerstörten Wege, Eisenbahnen, Brücken und legten Häuser nieder. Die Flüsse und Trockenbetten schwellen zu rasenden Strömen an. Anfang April waren kühle, erfrischende Brisen spürbar, womit sich der Umschwung vorbereitete und die Ozeantemperaturen wieder der Norm entgegengingen.

Fortschritt und Folge der Fluten. Schwere Wirkungen des Regens durch Ausufern der Wasserläufe scheinen schon an den seeseitigen Hängen der Gebirge aufgetreten zu sein, bevor an der Küste meßbare Niederschläge spürbar waren. In der sonst wolkenlosen Region von Chile machte feuchtes Wetter schon den ganzen Januar hindurch Sonnenbeobachtung unmöglich. Arequipa, das sonst 100 mm Niederschläge im Jahre hat, hatte Ende Januar 1925 in 10 Tagen allein 132 mm. Vom 23. Januar ab zerstörten die Fluten der Bergströme weite Flächen im Gebiete der südlichen Eisenbahn von Peru. Bald spotteten die Ströme überall jedem Widerstande, und Lima und Callao wurden isoliert und konnten nur notdürftig durch Transporte auf Maultieren und Lamas verpflegt werden. Aus den entstehenden Sümpfen stiegen Myriaden von Moskitos hervor, Malaria trat auf, rheumatische Leiden stellten sich ein, Beriberi brach unter den zunehmenden Ernährungsschwierigkeiten aus und viele Menschen starben an Darmentzündungen. Als dann aber die

Wässer sich verliefen sproß gute Weide hervor, wo sonst Wüste war, selbst *Baumwolle* konnte gepflanzt werden und *Wassermelonen* gediehen vorzüglich. Solange noch Wasseransammlungen vorhanden waren, entwickelten sich Millionen von *Libellen*, die Feinde der Moskitos. Mit den Winterwinden und Sandstürmen des Juni kamen *Grillen* und fielen über die neue Vegetation her. Noch schädlicher aber war der Tod der alten Guanovögel auf der Höhe der Brutzeit.

Unter dem Einfluß der höheren Temperatur und vielleicht auch des veränderten Salzgehaltes des Meeres fingen die Schiffsböden zu faulen an. Eine Vorstellung von der Menge des dem Meere beigemischten Süßwassers gibt der Piura, dessen Bett während der größten Zeit des Jahres trocken liegt, aber zur Zeit des Unwetters 70 Millionen Kubikmeter Wasser in 1 Tage in das Meer ergoß, was $\frac{1}{10}$ des normalen jährlichen Ausflusses andauernd fließender Ströme, wie Rimac und Pisco, ausmacht. Das Küstenwasser zeigte am 28. Januar schon zwischen Cap Blanco und dem Tumbes eine Dichte von 1,0247 (reduziert auf 15° C), aber am 4. März vor Zorritos eine Dichte von nur 1,0211, von 1,0213 vor Punta Sal und von nur 1,0180 vor Máncora Cove.

Anfang März war die sonst wüste Küstenstrecke grün wie eine Landschaft der humiden Zone, und nur höher gelegene Strecken und der See ausgesetzte Partien waren wie sonst frei von Pflanzenwuchs. Der Botaniker FRANK M. CHAPMAN sah am 8. Dezember 1918 bei Mollendo schon nach 76 Stunden andauernden Regens die Pampa ganz erblühen und fand blühende Pflanzen an der Küste, die in 40 Jahren niemand in Blüte gesehen hatte. Er zählte 20 blühende Arten, deren Blütezeit eigentlich schon vorbei war und sah Pflanzen Samen reifen, die „gewiß wieder 40 Jahre auf ihre Auferstehung zu warten hatten“. Der Fuß der Hügel war grüner als die Pampa, saftig grün, nicht bloß grünlich.

Im nördlichsten Peru trieben im März die Küste entlang in Ansammlungen schmutzigen, gelblichgrünen Wassers Zweige, Blätter, Wurzeln und anderes Genist, wie man es sonst gelegentlich in Buchten findet, und dazwischen kleine Fische und andere Tiere. In den Straßen von Talara, die trotz aller Bemühungen wie ein Morast waren, trieben sich Scharen junger *Mugil* herum, die sich vom Ozean her gegen die Strömungen vorgearbeitet hatten. Der Hafen war häufig vom Niño verstopft mit flottierenden Pflanzenmassen, in denen Körper von Vögeln, Fischen und anderen Tieren, tot oder lebendig, trieben, darunter die Giftschlange *Lachesis lanceolatus* und die ameisenartige Eidechse *Dicrodon lentiginosus*, die bisher nur von einer Insel im Golf von Guayaquil bekannt war. Eidechse wie Schlange wurden lebendig in dem Genist erbeutet. Die Schlange ist identisch mit der *fer-de-lance* von Martinique unter den niederen Antillen. Die Geier lebten in dulci júbilo.

Bedingungen im westlichen Ecuador. Zu derselben Zeit wie das trockene Peru hatte die halbtrockene Küste von Ecuador ihre Regenzeit. Dort haben die inneren

Partien des Landes alljährlich Regen, und nur die Vorberge ragen in das Gebiet der Regenzeiten mit größeren Intervallen hinein. Die vorgeschobenen Posten sind mit xerophytischer Vegetation bedeckt, sehr arm an Zahl und Arten im Süden, reicher im Norden, wo die kleine Platainsel schon einen recht bemerkenswerten Bestand von Bäumen, Sträuchern, Wäldern von baumartigen Kakteen und eine reiche Flora von krautigen Pflanzen hat. Im Frühjahr 1925 nun hatte dasselbe Gebiet nur 1 regenlosen Tag und 1 regenlose Nacht! Auch in den Bergen waren um diese Zeit die Regen ungewöhnlich schwer, so daß der Chanchan-Fluß in einer einzigen Nacht um 6 m stieg.

Die Frage der Periodizität. Daß im westlichen Ecuador wie im nördlichen Peru der Regenfall einer 7jährigen Periode unterliegt, die aber nicht ganz frei ist von Schwankungen in den Intervallen und Intensitäten, ist schon mehrfach bemerkt worden (CLOUGH 1920). Genaue Nachrichten über den Regenfall und das Eindringen des Gegenstromes in das Gebiet sind außerordentlich schwer zu erhalten, immerhin ist bekannt, daß die eine oder beide Erscheinungen (die alsdann erst für untrennbar gelten müssen) mehr oder weniger deutlich die Jahre 1878, 1884, 1891 und 1918 auszeichnen. Das Jahr 1925 jedoch übertrifft alle anderen Jahre im Gedächtnis der Lebenden. Das Intervall 1891–1925 erinnert sichtlich an BRÜCKNERS 35jährige Wetterperioden, doch stimmen die Enddaten nicht mit den von BRÜCKNER angenommenen nassen Epochen überein.

Immerhin: wir wissen, daß die Bewegungen des Niño jahreszeitlich und rhythmisch begrenzt sind und daß das auf meteorischen Ursachen im breitesten Sinne beruht. Obwohl wir also über die Jahre des *Regenfalles* und des *Gegenstromes* nur die vagsten Nachrichten haben, ist es doch wahrscheinlich, daß der Siegeszug, der Pizarro von Piura nach Cuzco führte, nur möglich war, weil er das wüste Küstengebiet in einem der seltenen *años de abundancia* betrat.

Die Stratigraphie glaubt Zeichen dafür zu haben, daß im nordwestlichen Peru Perioden nasser Jahre bereits zur Tertiärzeit auftraten (EDWARD G. BERRY).

Über die wahrscheinlich letzten Ursachen der hier erörterten Erscheinungen urteilt der Meteorologe H. H. CLAYTON: Untersuchungen über den Einfluß des Wechsels in der Ausstrahlung der Hitze der Sonne auf unsere Atmosphäre haben gezeigt, daß die Gebiete hohen und niederen Luftdruckes der Atmosphäre hin und her geschoben werden, je nachdem die solare Radiation schwankt. Wenn die Ausstrahlung stark ist, werden die Gebiete hohen Druckes nahe den 30. Parallelen nach den Polen zu verschoben, und wenn sie gering wird, rücken sie wieder gegen den Äquator vor. Nun gab es 1922 und 1923 ein deutliches Verlagern der nördlichen Gebiete hohen Druckes gegen den Äquator, und so ist es wohl um dieselbe Zeit auch südlich des Äquators gewesen. Die solare Radiation war ungewöhnlich niedrig während der Jahre 1922 bis 1924. KRUMBACH.

Aus den Sitzungsberichten der Akademie der Wissenschaften in Wien 1925.

Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse.

12. Januar.

LUDWIG SIEGL: Über die quantitative Messung der Radiumemanation im Schutzringplattenkondensator. In Fortführung einer vor mehr als einem Jahrzehnt begonnenen Arbeit, welche bezweckt, die Radiumstandards und Normallösungen entbehrlieh zu machen, wird der Ionisationsstrom gemessen, den die Radiumemanation mit ihren Folgeprodukten im Gleichge-

wichtszustand unterhält. Als Meßraum wird ein sehr genau gearbeiteter und luftdicht ausgebildeter Schutzringplattenkondensator verwendet, da er allein der theoretischen Behandlung vollkommen zugänglich ist.

12. Februar.

ADOLF BACHOFEN-ECHE: Die Entdeckung von Iguanodontenfahrten im Neokom der Insel Brioni. Die besterhaltene Reihe sind 5 Tritte, die genau vermessen

werden konnten und von einem mittelstarken Individuum stammen. Der Fuß war dreizehig, wobei die Mittelzehe und die äußere Zehe (3, 4) frei standen, während die zweite offenbar bis zu ihrer Spitze durch Haut mit der Mittelzehe verbunden war. Wir erhalten den Eindruck, daß Iguanodon ein gesellig lebendes Tier war und daß erwachsene und junge Individuen ein Rudel bildeten.
19. Februar.

GERHARD KIRSCH und HANS PETTERSSON: **Atomzertrümmerung durch α -Strahlen.** (Vorläufige Mitteilung.) Die Atomfragmente (H-Teilchen) und reflektierten α -Teilchen, welche von verschiedenen, insgesamt 25, Elementen (Be, C, Mg, Al, Cl, Ti, V, Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, Se, Zr, Ag, In, Sn, J, Pt, Au, Hg, Tl, Pb, Bi) unter Bestrahlung mit schnellen α -Teilchen von RaC und ThC unter größeren Winkeln (um 140°) gegen die Richtung der Primärstrahlung ausflogen, wurden nach schon beschriebenen Methoden untersucht. Die schon früher bei Ni und Cu gefundene Tatsache, daß die reflektierten α -Teilchen eine kleinere Reichweite besitzen, als die nach RUTHERFORDS Theorie unter Voraussetzung eines elastischen Stoßes berechnete, wurde bei den untersuchten Elementen bestätigt, indem die vorgefundenen Abweichungen immer in demselben Sinn ausfielen und, mit wenigen Ausnahmen, die möglichen Messungsfehler bedeutend überstiegen. Bei V, Cr und Fe sowie bei Se und J sind die Abweichungen von den theoretischen Reichweiten besonders groß. Eine lineare Abhängigkeit zwischen Abweichung und Atomgewicht scheint nicht zu bestehen. Bei sämtlichen untersuchten Elementen traten auf H-Teilchen deutende schwächere Szintillationen auf, auch bei Absorptionen, welche die Reichweite der reflektierten α -Teilchen übertrafen. Das Vorkommen von H-Teilchen ließ sich aber nicht bei allen Elementen einwandfrei feststellen. Bei den folgenden Elementen sind H-Teilchen retrograder Richtung mit Sicherheit nachgewiesen worden: Be, C, O, Mg, Al, Cl, Ti, V, Cr, Fe, Cu, Se und Zr. Die Resultate, über welche in einer künftigen Mitteilung ausführlich berichtet werden wird, bestätigen unsere vor zwei Jahren ausgesprochene Auffassung, daß Zertrümmerbarkeit unter Abgabe von H-Teilchen wahrscheinlich eine allgemeine Eigenschaft sämtlicher Elemente ist.
12. März.

A. Z. SONNENSCHN: **Die Heimkehr führerloser Bienen, ein Beitrag zum Orientierungssinne der Honigbiene (*Apis mellifica* L.)** Es wurden Versuche darüber angestellt, ob neben dem Gesichtssinn als Orientierungsvermittler bei der Heimkehr zum Stock und in demselben auch noch der Geruchssinn vorhanden sein muß. Bienen, welche zwischen Stock und Versuchsfutterstelle seit einigen Tagen regelmäßig verkehrten und zu diesem Behufe auf Farbe dressiert waren, wurden beide Fühler amputiert. Die auf diese Weise operierten Bienen fanden ohne weiteres zum Stocke zurück, wurden nach einigen Stunden im Innern des Stockes beobachtet und schienen sich dort zu orientieren, da sie ihren anormalen Zustand durch nichts im Benehmen verrieten. Sie flogen aber meist nicht mehr aus. Gleich nach dem Fortfliegen der operierten Bienen von der Versuchsstelle wurden Beobachtungen am Flugbrett unternommen, um das Benehmen der angeflogenen, operierten Bienen zu kontrollieren. Einige erreichten das Flugloch im Fluge und gelangten direkt in das Innere des Stockes, andere setzten sich auf das Flugbrett und krochen langsam in das Flugloch hinein, welches sie aber nicht immer gleich erreichten, da sie von anderen aus dem Innern kommenden und sie revidierenden Bienen gestoßen wurden. Gewöhnlich wird nämlich fast jede ankommende Biene, speziell

eine unsicher sich bewegende, wie dies die der Fühler beraubte außerhalb des Stockes ist, einer Revision durch andere Bienen unterzogen. Wurde der Stock derart verschoben, daß das Flugloch um 75° von seiner früheren Stellung verstellt war, so stützten die ankommenden operierten Bienen, suchten herum, fanden aber in durchschnittlich 9 Minuten doch hinein. Aus allen diesen Beobachtungen geht hervor, daß die Bienen zur Orientierung sich des Gesichtssinnes nicht nur zur ungefähren Auffindung des Stockes, sondern auch zur Heimkehr in denselben bedienen und der Geruchssinn hierzu entbehrlich ist.

19. März.

E. HEINRICHER: **Viehweide, ein am Formwechsel und der Artbildung bei Pflanzen mitwirkender Faktor.** *Centaurea Jacea* L., var. *pygmaea* ein Beispiel hierfür: Auf Weidegebiet bei Medraz im Stubi fand der Verf. von der häufigen Wiesenpflanze *Centaurea Jacea* L. herrschend eine Zwergform, deren Entstehung unmittelbar als mit der Viehweide in Zusammenhang stehend vermutet werden konnte. Die Frage, ob der Weidebetrieb nur die Auslese besorgte und eine zwergige Mutation zu alleiniger Herrschaft auf solchem Gelände führte, oder ob er auch einen unmittelbaren Einfluß auf die Entstehung ausübte, kann nicht als entschieden gelten. Verf. neigt mehr zur letzteren Ansicht. — KARL HOROVITZ und JOSEF ZIMMERMANN: **1. Untersuchungen über Ionenaustausch an Gläsern.** Versuche an schwer angreifbaren SCHOTTschen Gläsern zeigen, daß Silberionen vom Glase in einem solchen Ausmaße aufgenommen werden, daß die Gläser wie reversible Silberelektroden wirken. Durch Ausfällung des Silbers mit verschiedenen Chloriden lassen sich die Vorgänge der Säure-Alkalkette am Glase nachahmen. Für jedes Glas und für jede Ionenart ist eine bestimmte Konzentration in der Lösung erforderlich, um die für das betreffende Ion reversible Elektrodenfunktion zu erhalten. Diese Tatsache wird durch Ausbildung von Mischelektroden an der Phasengrenze gedeutet und diese Deutung durch Messungen in Elektrolytmischungen bestätigt. **2. Die Charakterisierung der Gläser durch ihre elektromotorischen Eigenschaften.** Von KARL HOROVITZ (nach Versuchen mit F. HORN, J. ZIMMERMANN und J. SCHNEIDER). Messungen der elektrischen Phasengrenzkräft an Bleigläsern verschiedenen Bleigehaltes und verschiedener Leitfähigkeit (F. HORN) haben gezeigt, daß alle diese Gläser das Verhalten einer H-Elektrode für den gesamten Konzentrationsbereich der H-Ionen zeigen. An allen diesen Gläsern ergeben Zusätze von Metallkationen Änderungen der elektromotorischen Kräft, die durch Änderung der H-Ionenaktivität durch Elektrolytzusatz zu deuten sind; dies wird für Bleinitratlösungen auch durch colorimetrische Messungen bestätigt. Zusammen mit den Versuchen von J. ZIMMERMANN an dem schlecht leitenden SCHOTTschen T 222 zeigen die Versuche, daß die Leitfähigkeit in keinem direkten Zusammenhang mit der Ausbildung der H-Elektrodenfunktion steht. Es werden zwei Methoden angegeben, um Glaskombinationen in einer solchen Form herzustellen, daß die Messung der elektrischen Phasengrenzkräft der Kombination möglich ist: dazu werden entweder Deckgläser der einen Sorte an Röhren der anderen Glassorte im elektrischen Ofen angeschmolzen oder Kölbchen, die aus beiden Glassorten bestehen, vor dem Gebläse geblasen. Wird das eine Glas in so dünner Schicht verwendet, daß sein Widerstand als klein gegen den der anderen Sorte anzusehen ist, so ist nur die dünne Schicht potentialbestimmend. Es ist so möglich, auch die Elektrodenfunktionen von Gläsern, die nicht in Röhrenform erhältlich sind, zu messen.

30. April.

M. R. WEGSCHEIDER: **Die elektrolytische Leitung in geschmolzenen Metallegierungen. X. Mitteilung.** Versuche der Rückdrängung der Diffusion von Metallen in Quecksilber durch Gleichstrom" von ROBERT KREMANN und ALEXANDER HRASOVEC. Die bei der Elektrolyse geschmolzener Metallegierungen beobachteten Elektrolyseeffekte kommen zustande durch die entgegengesetzten Einflüsse der eine Konzentrationsverschiebung bedingenden Stromwirkung und der derselben entgegenwirkenden Diffusion. Wenn man beispielsweise Metalle in Quecksilber diffundieren läßt, muß es möglich sein, bei Anwendung eines entsprechend gerichteten Gleichstromes die Diffusion zu verzögern. In Verfolgung dieser Aufgabe wurde die Wanderung von Zn, Cd, Sn, Pb und Bi in capillaren Hg-Fäden elektrometrisch-analytisch zunächst ohne Stromdurchgang verfolgt und festgestellt, daß jeweils eine relativ schmale Diffusionsschicht fortschreitet. Bei Wiederholung der Versuche mit Stromdurchgang stellte sich heraus, daß, tatsächlich eine Rückdrängung der Diffusion bei der Wanderung von Zn, Cd und Pb in Hg stattfindet. Eine solche ist jedoch nicht zu beobachten bei Wanderung von Sn und Bi in Hg, jedenfalls weil hier die Joule-Wärme-wirkung auch bei recht geringen Stromdichten nicht überkompensiert war.

25. Juni.

ADOLF SMEKAL: **Über den Einfluß der Festkörperporen auf Molekülbeweglichkeit und Festigkeit** (vorläufige Mitteilung). Nach grundlegenden Experimentaluntersuchungen von GERHARD C. SCHMIDT senden feste elektrolytische Leiter bereits bei Temperaturen von wenigen hundert Graden Ionenstrahlen aus, deren Träger mit jenen der elektrolytischen Leitung im festen Zustande übereinstimmen. Damit ist bewiesen, daß an den freien Oberflächen solcher Festkörper bei diesen und voraussichtlich auch bei tieferen Temperaturen bewegliche Ionen vorhanden sind. Überträgt man diese Erkenntnis auf die inneren Oberflächen der Festkörper, so findet man, daß die gewöhnliche elektrolytische Leitfähigkeit des festen Aggregatzustandes bei Vorhandensein genügend zahlreicher wegsamer Porenoberflächen größenordnungsmäßig allein durch die Beweglichkeit derartiger Oberflächenionen bedingt sein muß. Wenn es gelingt, eine universelle Verbreitung solcher Poren nachzuweisen, so wird damit die bisherige Auffassung widerlegt, wonach die elektrolytische Leitung durch einen im Inneren idealregelmäßiger Krystallgitterbereiche stattfindenden gegenseitigen „Platzwechsel“ der Moleküle, bzw. Ionen ermöglicht werden soll. In der Tat sprechen alle Einzelzüge der Beobachtungen über elektrolytische Zersetzung fester Körper, insbesondere aber von Einzelkrystallen zugunsten eines inneren Oberflächenvorganges: etwa die „Faden-“ und „Brückenbildung“, welche durch Ausarbeitung der meistbenutztesten Porenwege deren räumlich wohl-unterschiedene Anordnung sichtbar macht, oder das Wandern bloß einer der vorhandenen Ionensorten, welches auf labile, einseitige chemische Oberflächen-veränderungen hinweist, während für „selektive“ Platzwechselvorgänge der Ionen keinerlei Anhaltspunkte gegeben sind. Da die Geschwindigkeit der Selbst-diffusion in festen Salzen auf Grund ihrer elektrolytischen Leitfähigkeit zutreffend vorausberechnet werden kann, lassen die obigen Überlegungen erkennen, daß auch diese Erscheinung auf innere Oberflächenvorgänge und nicht auf elementare „Platzwechsel“-prozesse im Inneren kristallographisch ungestörter Krystallgitter-bereiche zurückzuführen ist. Das oben vorausgesetzte Vorhandensein von Festkörperporen kann auf den

verschiedensten Wegen nun tatsächlich als eine uni-verselle Eigenschaft des festen Aggregatzustandes nachgewiesen werden.

9. Juli.

GERHARD KIRSCH und HANS PETTERSSON: **Über die Reflexion von α -Teilchen an Atomkernen II.** Es wird über größeres Versuchsmaterial mehr orientierenden Cha-rakters nach der retrograden Methode berichtet, aus dem hervorgeht, daß bei innigen Zusammenstößen zwischen α -Teilchen und Atomkernen auch bis zu den schwersten Elementen hinauf der Energie- und Impulssatz nicht gilt, wenn man nur das α -Teilchen und den getroffenen Kern als unveränderliches Gebilde in Betracht zieht. Die Versuche ergaben ferner, daß „Atomzertrümmerung“ unter Abgabe von Protonen wahrscheinlich bei allen Elementen ein mit den heutigen Hilfsmitteln (Be-schießung durch α -Strahlen) erzielbarer Vorgang ist, der überdies in viel größerem Umfange vor sich geht, als man dies bisher angenommen hat.

22. Oktober.

E. STEINACH, H. HEINLEIN und B. P. WIESNER: **Auslösung des Sexualzyklus, Entwicklung der Ge-schlechtsmerkmale, reaktivierende Wirkung auf den senilen Organismus durch Ovar- und Placentaextrakte. Versuche an Ratten und Meerschweinchen.** Die Ver-fasser haben in den letzten 2 Jahren Versuche mit Keimdrüsen- und anderen Organextrakten ausgeführt und bei der Prüfung der Wirkung dieser Extrakte nicht nur die Entwicklung der Geschlechtsmerkmale bei infantilkastrierten Tieren sowie die reaktivierende Wirkung auf senile Weibchen (STEINACH), sondern auch die Auslösung des Sexualzyklus als Test gewählt; denn die Ovarfunktion kann nur durch solche Extrakte ersetzt werden, welche den für die inkretorische Funk-tion der weiblichen Keimdrüse charakteristischen Zy-klus hervorzurufen imstande sind. Die Verfasser haben aus Ovar- bzw. aus Placenta, eine haltbare Substanz hergestellt, welche diesen Anforderungen entspricht; die Injektion dieser Substanz ruft einerseits bei Infantil-kastraten den Sexualzyklus in gesetzmäßigem Ablauf hervor und bewirkt die damit verbundene Entwicklung der Geschlechtsmerkmale, andererseits führt sie bei den Spätkastraten den stets erloschenen Zyklus wieder herbei, verhindert die Kastrationsatrophie oder stellt, bei verzögerter Aufnahme der Injektionen, den Normal-zustand wieder her. Der von uns bereitete Extrakt vermag ferner das seit Monaten inaktive Ovar seniler Weibchen zu neuer inkretorischer Tätigkeit anzu-regen; das wieder funktionierende Ovar übt dann reaktivierende Wirkungen auf den Gesamtorganismus aus. — ADOLF SMEKAL: **Über die Konstitution des ein-krystallinen Aggregatzustandes.** Der Verf. hat gezeigt, daß aus der elektrolytischen Leitfähigkeit, der Selbst-diffusion und den Festigkeitseigenschaften der Fest-körper auf das grundsätzliche Vorhandensein von Poren und anderen Störungsbereichen im Krystallgitter auch der idealsten wirklichen Einkristalle geschlossen werden muß. Der weitere Ausbau dieser Vorstellung hat nun ergeben, daß ihre Hinzunahme zur BORNSchen Gitter-theorie unumgänglich erscheint, wenn man auch alle von dieser Theorie bisher mangelhaft oder überhaupt nicht wiedergegebenen Eigenschaften wirklicher Krystalle von einer einheitlichen Grundlage aus einer theoretischen Behandlung zugänglich machen will. Die BORNSche Theorie setzt das Gitter beliebig dimensionierter Krystalle von idealer Regelmäßigkeit voraus. Be-stehen die Gitter der wirklichen Krystalle hingegen aus sehr zahlreichen submikroskopischen, im Sinne der BORNSchen Theorie ideal-regelmäßigen, nahezu gleich orientierten „Gitterblöcken“, welche das Zu-standekommen von Störungszonen und Porenwegen

ungeordneten Verlaufes ermöglichen, so gelingt es, die aufgezählten Schwierigkeiten zu überwinden, ohne damit auf die bisherigen Erfolge der BORNschen Gittertheorie verzichten zu müssen.

5. November.

BERTOLD P. WIESNER: **Über die Funktion der Keimdrüse vor der Pubertät.** (Versuche an Ratten.) I. Untersuchungen an männlichen Neonatkastraten. Um die Funktion des Hodens so früh als möglich auszuschalten, wurden die Tiere spätestens 12 Stunden nach der Geburt in Äthernarkose unter der binokularen Lupe kastriert; dann wurden sie, ohne daß die Wunden verschlossen worden waren, für 12–24 Stunden in einen Thermostaten (zirka 24°) gebracht. Nach der beiderseitigen Kastration sistierte die Entwicklung der Glans penis, der Samenblasen usw. fast vollständig; schon in der zweiten Lebenswoche besteht daher ein deutlicher Unterschied im Entwicklungsgrad der Geschlechtsmerkmale gegenüber den hodentragenden Tieren und diese Differenz vergrößert sich in den nächstfolgenden Wochen immer mehr. Genaue Messungen haben erwiesen, daß das Wachstum der Geschlechtsmerkmale noch einige (4 bis 7) Tage nach der Kastration andauert und erst dann sistiert. BERTOLD P. WIESNER: **Über die Funktion der Keimdrüse vor der Pubertät** (Versuche an Ratten). II. Untersuchungen an weiblichen Neonatkastraten. Es wurden neugeborene *Rattenweibchen* kastriert und an ihnen wie an Kontrolltieren die Entwicklung des Uterus, der Vagina sowie anderer Geschlechtsmerkmale verfolgt. Versuchsanordnung usw. war die gleiche wie bei den Versuchen an Männchen. Es zeigte sich, daß die ersten Entwicklungsstadien der Geschlechtsmerkmale, soweit sie die Kindheit angehören, *unabhängig vom Ovar* verlaufen. Die angeführten Unterschiede zeigen einen wesentlichen Unterschied in den Entwicklungsbedingungen der sekundären Geschlechtsmerkmale bei

Männchen und Weibchen der Ratte auf: bei den männlichen Tieren besteht keine endokrine Funktion der Keimdrüse von Geburt an; es lassen sich nämlich Ausfallserscheinungen als Kastrationsfolgen schon in frühester Kindheit feststellen; dementsprechend verläuft die Entwicklung zur Vollreife, die Pubertät, *allmählich*. Beim weiblichen Tier hingegen ist aus dem Mangel an Ausfallserscheinungen auf eine unabhängige Entwicklung der Geschlechtsmerkmale während der Kindheit zu schließen; dann erst beginnt *ohne Übergang* die Inkretion des Ovars und führt mit dem Sexualzyklus sprunghaft die Reife herbei. Zur selben Zeit treten bei den kastrierten Weibchen Ausfallserscheinungen ein.

17. Dezember.

O. ABEL: **Ein Lösungsversuch des Flyschproblems.** Die verschiedenen Versuche, die Entstehung der Flyschsedimente im Bereiche der Alpen und Karpathen zu erklären, hatten bisher zu keinem durchaus befriedigenden Ergebnisse geführt. Auf einer Reise nach Florida und Westindien im Frühjahr 1925 habe ich den Mangrove-sümpfen in Südfloida und auf Cuba besondere Aufmerksamkeit zugewendet. Die dort angestellten Untersuchungen haben mich zu der Schlußfolgerung geführt, daß die Hauptmasse der alpinen und karpathischen Flyschbildungen, insbesondere die der Oberkreide angehörenden Inoceramenschichten, im Bereiche eines breiten, den Außenrand der Alpen und Karpathen umsäumenden marinen *Mangrovegürtels* abgelagert worden sein müssen. Da sich bei dem Prozeß der Zerstörung organischer Substanz im Bereiche des Mangrovegürtels auf dem Wege der Verfaulung bituminöse Substanzen bilden, ist das Vorkommen der *Erdölbildungen* im Bereiche der Flyschzone erklärt. Die Existenz der Mangroven ist heute mit wenigen Ausnahmen strenge an den Tropengürtel gebunden. Wir müssen auch für Mitteleuropa für die Zeit der oberen Kreide und des untersten Eozäns ein Tropenklima annehmen.

Aus den Sitzungsberichten der Bayerischen Akademie der Wissenschaften 1925.

Mathematisch-naturwissenschaftliche Abteilung.

10. Januar.

R. WILLSTÄTTER und K. SCHNEIDER: **Über die Analyse von Enzymen.** Während die Enzyme auch in ansehnlichem Reinheitsgrad noch mit Eiweißspaltungsprodukten adsorptiv verbunden auftreten, gelingt es, zum Beispiel die Saccharase durch Adsorptions- und Fällungsmethoden von Peptiden vollständig zu befreien. Die Untersuchung führt zu schärferer Unterscheidung zwischen natürlichen Enzymkomplexen und den Enzymen selbst.

7. Februar.

F. BROILI: **Ein Fund von Pterodactylus mit teilweise erhaltener Flughaut.** Es handelt sich um das erste Exemplar eines Pterodactylus mit Flughaut in der Münchener Paläontologischen Staatssammlung, das außerdem auch noch deshalb von besonderem Interesse ist, weil es erstmals bei Flugsauriern die Verbindung der Flughaut mit dem Rumpf deutlich zu erkennen gibt.

7. November.

A. GLASER: **Über die beim Magnetismus der Gase beobachtete Anomalie.** In einer früher der Akademie vorgelegten Arbeit war mitgeteilt, daß die Gase Wasserstoff, Stickstoff und Kohlensäure eine merkwürdige magnetische Anomalie zeigen, indem bei niedrigen Drucken das Gasmolekül eine etwa dreimal so große magnetische

Konstante hat als bei hohen Drucken. Bei der weiteren Fortsetzung der Untersuchung ergab sich dasselbe Verhalten beim Kohlenoxyd, während sich der paramagnetische Sauerstoff normal verhielt. Die Anomalie scheint daher auf die diamagnetischen Gase beschränkt zu sein, und der Druck, bei dem sie auftritt, scheint, so weit die noch unvollständigen Beobachtungen erkennen lassen, von der Feldstärke, dem Trägheitsmoment und der Elektronenzahl der Moleküle abzuhängen.

5. Dezember.

R. WILLSTÄTTER: I. Gemeinsam mit CH. D. LOWRY und E. BAMANN ausgeführte Untersuchungen: **Über direkte Vergärung zusammengesetzter Zucker.** Für das Beispiel der Saccharose wird es wahrscheinlich gemacht und für die Maltose bewiesen, daß die Hefe die Biosen ohne vorangehende Hydrolyse zu vergären vermag. 2. Eine gemeinsam mit E. BAMANN ausgeführte Arbeit: **Über Trennung von Carbohydrasen durch Adsorptionsmethoden.** Die auf Saccharose und Maltose wirkenden Enzyme lassen sich voneinander trennen durch auswählende Adsorption mit bestimmten Hydrogelen der Tonerde oder durch fraktionierte Elution mit Hilfe von Phosphaten verschiedener Acidität aus den Gesamtadsorbaten.

Berichtigung. Die Ankündigung des Vortrages von SCHRÖDINGER (Quantenmechanik) in den Mitteilungen der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte (1926, S. 18) beruht auf einem Irrtum.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Handbuch der speziellen pathologischen Anatomie und Histologie

Herausgegeben von Prof. F. Henke-Breslau und Geh. Med.-Rat Prof. Dr. O. Lubarsch-Berlin

Vor kurzem erschienen:

Erster Band**Blut · Knochenmark · Lymphknoten · Milz**

Bearbeitet von

M. Askanazy, E. Fraenkel †, K. Helly, P. Huebschmann, O. Lubarsch, C. Seyfarth, C. Sternberg

Erster Teil: Blut, Lymphknoten

382 Seiten mit 133 zum Teil farbigen Textabbildungen. 1926. RM 63.—; gebunden RM 66.—

Inhaltsübersicht: **Blutkrankheiten.** Von Prof. Dr. Carl Sternberg-Wien. — **Fremde Blutbeimengungen.** Von Prof. Dr. P. Huebschmann-Düsseldorf. — **Die Malaria.** Von Prof. Dr. C. Seyfarth-Leipzig. **Die Lymphknoten.** Von Prof. Dr. C. Sternberg-Wien. — **Lymphomatosis granulomatosa.** Von Prof. Dr. Eugen Fraenkel †-Hamburg

Vor kurzem erschienen:

Achter Band**Drüsen mit innerer Sekretion**

Bearbeitet von

W. Berblinger, A. Dietrich, G. Herzheimer, E. J. Kraus, A. Schmincke, H. Siegmund, C. Wegelin

1160 Seiten mit 358 zum Teil farbigen Abbildungen. 1926. RM 165.—; gebunden RM 168.—

Inhaltsübersicht: **Schilddrüse.** Von Prof. Dr. Carl Wegelin-Bern. — **Die Glandula pinealis (Corpus pineale).** Von Prof. Dr. Walter Berblinger-Jena. — **Pathologie des Thymus.** Von Prof. Dr. Alexander Schmincke-Tübingen. — **Die Hypophyse.** Von Prof. Dr. E. J. Kraus-Prag. — **Die Nebenniere und das chromaffine System (Paraganglien, Stieldrüse, Karotisdrüse).** Von Prof. Dr. A. Dietrich-Köln und Prof. Dr. H. Siegmund-Köln

Früher erschienen:

Zweiter Band:

Herz und Gefäße

Bearbeitet von

C. Benda, L. Jores, J. G. Mönckeberg, H. Ribbert †, K. Winkler

1171 Seiten mit 292 zum Teil farbigen Abbildungen. 1924 RM 90.—; gebunden RM 92.40

Vierter Band:

Verdauungsschlauch

Bearbeitet von

H. Borchardt, R. Bormann, E. Christeller, A. Dietrich, W. Fischer, E. v. Gierke, G. Hauser, C. Kaiserling, M. Koch, W. Koch, G. E. Konjetzny, O. Lubarsch, E. Mayer, H. Merkel, S. Oberndorfer, E. Petri, L. Pick, O. Römer, H. Siegmund, O. Stoerk

Erster Teil:

**Rachen und Tonsillen. Speiseröhre
Magen und Darm. Bauchfell**

1141 Seiten mit 377 zum Teil farbigen Abbildungen. 1926 RM 156.—; gebunden RM 159.—

Sechster Band:

**Harnorgane
Männliche Geschlechtsorgane**

Erster Teil:

Niere

Bearbeitet von

Th. Fahr, Georg B. Gruber, Max Koch, O. Lubarsch, O. Stoerk

800 Seiten mit 354 zum Teil farbigen Abbildungen. 1925 RM 84.—; gebunden RM 86.40

Zwölfter Band:

Gehörorgan

Bearbeitet von

A. Eckert-Möbius, M. Koch, W. Lange, H. Marx, H. G. Runge, O. Steurer, K. Wittmaack

Fachherausgeber: K. Wittmaack

Direktor der Ohrenärztlichen und Poliklinik Jena

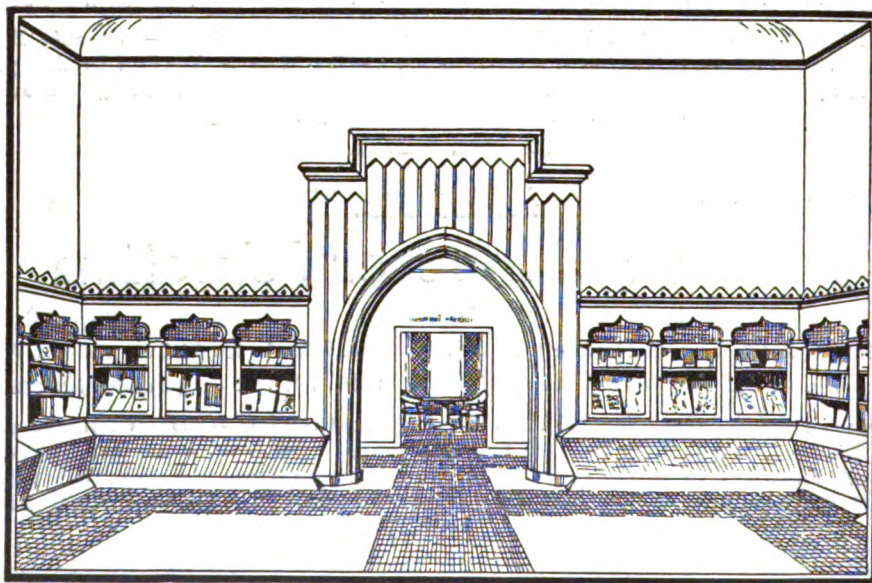
814 Seiten mit 640 Abbildungen. 1926

RM 84.—; gebunden RM 87.—

*Jeder Band des Handbuches ist einzeln käuflich,
jedoch verpflichtet die Abnahme eines Teiles eines Bandes zum Ankauf d. ganzen Bandes*

HIRSCHWALD-BÜCHERHAUS AUF DER GESOLEI

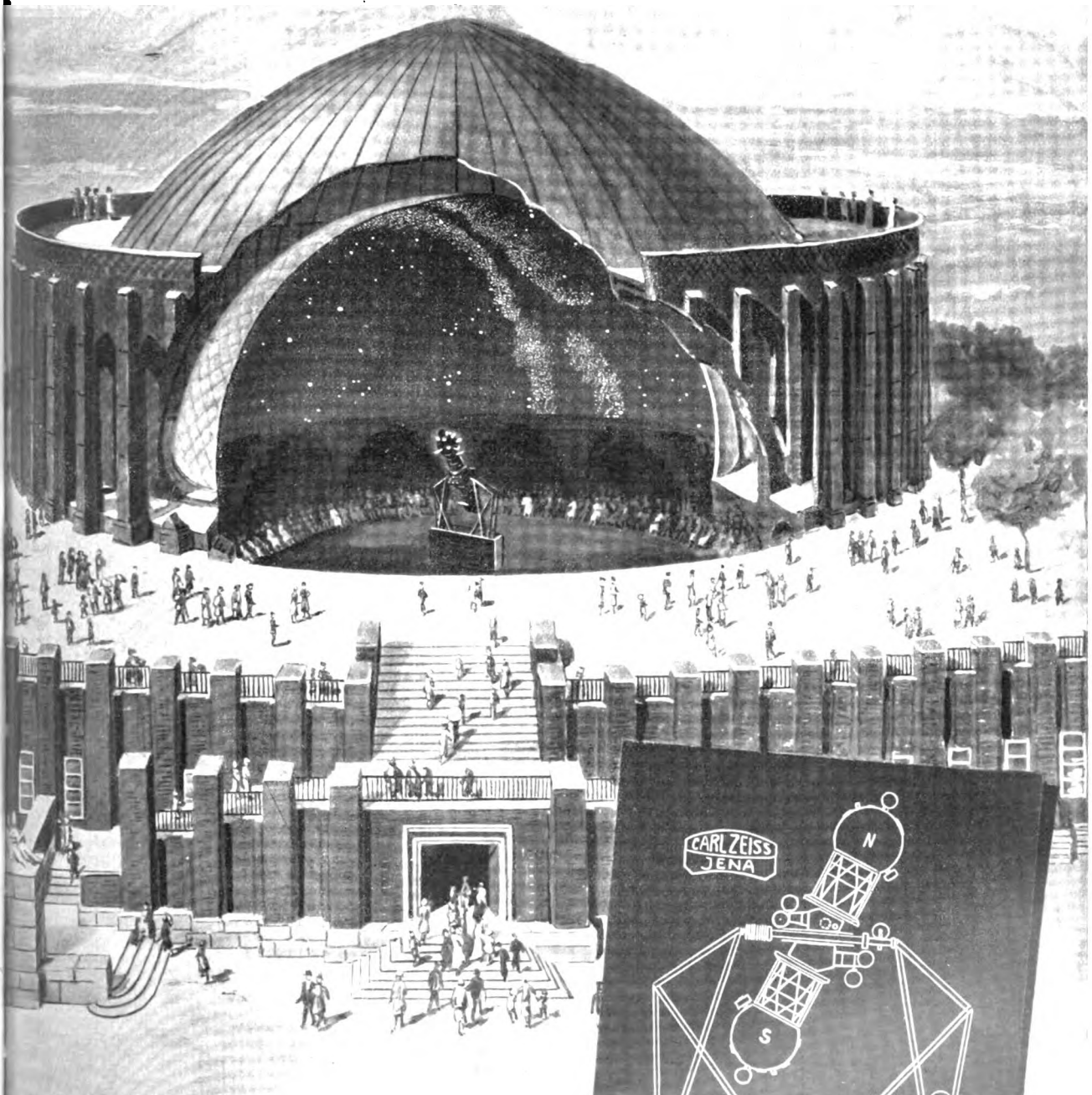
DÜSSELDORF MAI–OKTOBER 1926



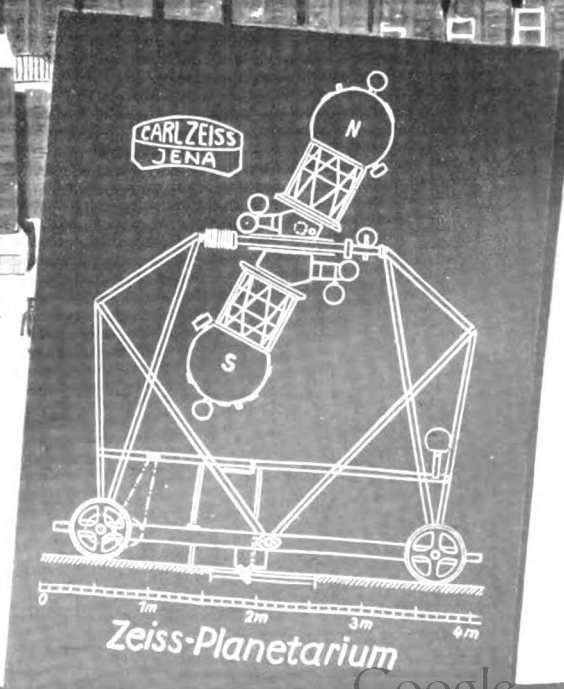
Saal der seltenen alten Drucke zur Geschichte der Medizin und Naturwissenschaften mit Durchblick zum Zeitschriften-Lesesaal, in dem alle wichtigen Zeitschriften ausliegen. Das Hirschwald-Bücherhaus enthält ferner eine Ausstellung der deutschen und ausländischen Literatur nach Fachgebieten geordnet und eine Ausstellung großer wissenschaftlicher Verleger, getrennt nach Firmen.

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE UND
ORGAN DER KAISER WILHELM-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN



89. Versammlung
der Gesellschaft Deutscher Naturforscher
und Ärzte
Düsseldorf 1926



SRV

Röntgen- Einrichtungen

Diagnostik-Apparate / Therapie-Apparate / Universal-
Apparate (für Diagnostik und Therapie) / Trag-
bare Röntgen-Einrichtungen / Röntgenröhren, Unter-
suchungs- und Bestrahlungsgeräte / Röntgenhilfsgeräte
Blendern nach Dr. Bucky / Dunkelkammereinrich-
tungen / Röntgendosismesser / Schutzeinrichtungen

Elektromedizinische Einrichtungen

Elektrokardiographen / Temperaturmeßgeräte / An-
schlußapparate (für Kaustik, Endoskopie, Galvani-
sation, Faradisation, Elektrolyse, Vibrationsmassage,
chirurgische Operationen) und alles Zubehör / Apparate
für Galvanisation und Faradisation für Betrieb mit
Akkumulatoren oder Elementen / Diathermie-Appa-
rate mit Wolfram-Funkenstrecken und Zubehör
Apparate für Arsonvalisation und Franklinisation
Massage-Apparate / Augenmagnete / Heißluft-Apparate
Lichtteil-Apparate

★

Günstige Zahlungsbedingungen innerhalb Deutschlands

★

Verlangen Sie Sonderangebote

★

SIEMENS-REINIGER-VEIFA

Gesellschaft für medizinische Technik m. b. H.

Berlin W 8, Mohrenstraße 58/59

Über die Grenzgebiete der Chemie¹⁾.

Von F. HABER, Berlin-Dahlem.

Geehrte Zuhörer! Fachliches und persönliches Interesse haben Sie nach Deutschland geführt. Sie haben die Fortschritte der Medizin und ihrer naturwissenschaftlichen Nachbarggebiete sehen und die Einrichtung der Menschen unter den neuen Verhältnissen der Nachkriegszeit kennen lernen wollen.

Nun kehren Sie zurück, wie ich hoffe, in alter Freundschaft gefestigt und von neuer Zuneigung erfüllt, aber vermutlich geteilt in Ihrem Urteile über vieles, was Sie im politischen Deutschland gesehen und gehört haben. Wie könnten Sie auch in Ihrem Urteil einig sein, da wir hier zu Lande selbst voller Widerspruch und Zwiespalt sind!

Sie leben in einem Lande, in dem die persönliche Freiheit das höchste Gut ist. Ihre Tradition feiert den Pionier, der mit friedlicher Arbeit eine gefährvolle Wildnis in eine Wohnstätte fleißiger Menschen verwandelt. Ihr Staat ist dazu da, um seinen Bürgern zu dienen. All das zusammen verschmilzt in Ihrem Empfinden zu einer Einheit und heißt Republik.

Aber in unserer Vergangenheit war nicht die persönliche Freiheit, sondern die bürgerliche Ordnung das höchste politische Gut. Unsere Tradition feiert nicht die Tatkraft, sondern die Treue gegen Pflicht und Menschen, und unser Staat diente nicht seinen Bürgern, sondern die Bürger dem Staat. Darum ist unsere Republik anders wie die Ihrige. Denn die Staatsformen ziehen ihr Leben aus dem politischen Geiste der Bevölkerung und die politischen Auffassungen ändern sich nicht wie wissenschaftliche Meinungen durch neue Tatsachen, sondern nur durch neue Menschen.

Den Boden unserer Republik hat ein dreißigjähriger Klassenkampf zwischen dem Industriearbeiter und dem Bürger vorbereitet, dessen gleichen Sie nie gekannt haben. Der Zusammenbruch des Landes nach dem langen Kriege gegen eine ungeheure Übermacht hat die Republik entstehen lassen. Sie hat in den ersten Jahren nach ihrer Begründung das Härteste erlitten, was ein Staatswesen erleiden kann: die Herrschaft fremder Gewalt auf dem heimischen Boden und die Zerstörung allen Vermögens durch die Entwertung des Geldes. Wie sollten die Menschen in unserem Lande in einer neuen traditionsfremden Staatsform nach solchen schweren Erlebnissen nicht im heftigsten Streit miteinander sein? Wer in Not ist, streitet, und wie die Geschichte lehrt, bedarf es Jahrzehnte des Einlebens, ehe Menschen in

einer neuen Ordnung der Verhältnisse zur Ruhe kommen.

Wenn Sie diesen Besuch vor 3 Jahren unserem Lande abgestattet hätten, so konnten Sie wohl den Eindruck in die Heimat mit zurücknehmen, daß eine große Gefahr neuen Umsturzes, ja vielleicht neuer Kriege bestand. Heute werden Sie guttun, das zu vergessen, was etwa an leidenschaftlichen, politischen Worten an Ihr Ohr gedrungen sein mag. Der Umsturz lebt nur im Munde derer, die nicht die Verantwortung tragen, und wer immer an das Ruder kommt, gleichviel welcher Richtung er angehört, muß Frieden, Gesetzlichkeit und Arbeit aufrecht erhalten, weil sie die einzigen Wege zu neuer Wohlfahrt und der gemeinsame Wille der überwältigenden Mehrheit des Volkes sind.

Die Arbeit ist die Zuflucht der Menschen, die seelisch und materiell leiden. Wer auf einem wissenschaftlichen Gebiete zu Hause ist, flüchtet gern von der Bühne unfruchtbaren politischen Streites in den Bereich der Forschung, in dem jede solide Arbeit Nutzen bringt. Das ist der geistige Zusammenhang, auf Grund dessen sich in den letzten Jahren bei uns trotz des schweren Drucks der Verhältnisse ein großer neuer Eifer zur wissenschaftlichen Arbeit in den Gebieten entfaltet hat, die Ihnen und mir fachlich gemeinsam naheliegen.

Dabei zeigt sich, daß inmitten des Umsturzes der politischen und wirtschaftlichen Verhältnisse das geistige Leben in der Naturwissenschaft große Veränderungen erfahren hat.

Lassen Sie mich Ihnen einige Züge dieser Verwandlung schildern, die sich dem Chemiker besonders aufdrängen, in der Hoffnung, daß die Gemeinsamkeit des naturwissenschaftlichen Interesses und die zahlreichen Verbindungen zwischen der Medizin und der Chemie Ihnen diese Schilderung der Aufmerksamkeit wert erscheinen lassen. Gewähren Sie mir zugleich die Erlaubnis, von jener pflichtmäßigen Vorsicht abzusehen, mit der der Naturforscher, wenn er im Kreise engerer Fachgenossen von einzelnen Beobachtungen spricht oder theoretische Vorstellungen entwickelt, bis ins Einzelne die Grenze bezeichnet, wo das Bewiesene endet und das Glaubhafte anfängt. Denn diese völlig genaue Trennung des Bewiesenen und des Vermuteten fordert ein Eingehen auf die einzelnen speziellen Tatsachen und Begriffe, für das im Rahmen dieses Vortrages nicht Raum wäre.

Die Chemie, die Physik und die Biologie waren von jeher getrennte Äste desselben Baumes. Aber diese Äste standen weit auseinander und die Zweige waren nur an wenigen Stellen verflochten. Jetzt sind Chemie und Physik auf einmal einander so

¹⁾ Vortrag gehalten auf Einladung der medizinischen Fakultät der Universität vor den amerikanischen Ärzten bei deren Besuche am 16. Juni 1926 in Berlin.

nahe gerückt, daß die Blätter ein einziges grünes Dach bilden und der Beobachter unsicher ist, wo das Laub zum einen und wo es zum anderen Aste gehört.

Das ist hier bei uns im wesentlichen durch das Zusammentreffen zweier Umstände ganz verschiedener Art gekommen. Das eine ist eine wissenschaftliche Erkenntnis, deren Ursprung etwa 20 Jahre zurückliegt und deren Durchbildung in die Nachkriegszeit fällt. An ihr haben PLANCK, RUTHERFORD und BOHR den entscheidenden Anteil. Das andere ist eine Einsicht in die veränderten Bedürfnisse der industriellen Arbeit auf chemischem Gebiete, die von den führenden Kreisen der deutschen chemischen Industrie ausgeht und erst vor wenigen Monaten hervorgetreten ist.

Die wissenschaftliche Erkenntnis, deren Gang ich nicht schildern, sondern nur durch die Namen der drei großen Physiker, die ich genannt habe, kennzeichnen will, hat die Grenze unseres Wissens, die früher bei den Atomen lag, ein großes Stück weiter hinausgeschoben. Wir haben innerhalb weniger Jahre gelernt, uns im Innern der Atome nahezu ebenso gut zurechtzufinden wie früher in der Zusammensetzung der chemischen Verbindungen, deren letzte unteilbare Bestandteile die Atome zu sein schienen. Aus den unzerlegbaren Atomen sind Sonnensysteme geworden, bei denen Atombruchstücke um einen Atomkern umlaufen, wie die Planeten im Sonnensystem um die Sonne. Diese Systeme sind einfacher als unser Sonnensystem, weil die umlaufenden Gebilde nicht wie der Mars, die Venus, die Erde ungleiche Maße haben, sondern alle übereinstimmend gleiche Elementarteilchen der Elektrizität (negativelektrische Ladungen) darstellen, die, wie wir gelernt haben, nur in Form dieser stets gleichen Elementarteilchen existiert. Diese Elementarteilchen der Elektrizität, die Elektronen, sind bei jedem chemischen Element der Zahl nach verschieden. Ordnet man aber alle Elemente in einer Reihe, so besteht der Unterschied eines jeden Elementes von den vorangehenden darin, daß der Planetenschwarm ein solches Elektrizitätsteilchen, ein Elektron, mehr enthält. So führt eine stetige Folge von dem Wasserstoff, bei dem nur ein einziges Elektron um den positiven Kern kreist, bis zu dem Uran, bei dem 92 Teilchen planetarisch um die schwere, positive Kernmasse sich herumbewegen. Der Raum, den der Kern erfüllt, ist gering, ähnlich wie der Raum klein ist, den die Sonne in unserem Sonnensystem einnimmt. Die Unterschiede der chemischen Elemente aber, die den Inhalt der Chemie ausmachen, gehen alle zurück auf die Zahl und die Bewegung der Elektrizitätsteilchen in diesen Planetenschwärmen. Nun kennen wir die Bewegungsweise nicht entfernt mit der Vollständigkeit, mit der wir die Bewegung der Planeten um die Sonne kennen, und die Hoffnung, sie in absehbarer Zeit rechnerisch so zu beherrschen, daß wir die chemischen Vorgänge komplizierter Gebilde wie Himmelskonstellationen voraussagen

können, ist ganz gering. Aber wir kennen immerhin die Bewegungsart. Wir wissen zunächst, daß die Elektrizitätsteilchen um den Atomkern Ellipsen beschreiben, wie die Planeten nach dem Keplerschen Gesetz um die Sonne. Wir wissen zu zweit, daß die von den Bahnen umschriebenen Flächen selber eine Drehung im Atom ausführen; wir wissen zu dritt, daß diese Bahnen gegeneinander geneigt sind wie die Planetenbahnen gegen die Ekliptik und eine letzte Gruppe von Schwierigkeiten, die bis in die allerjüngste Zeit bestand, scheint sich durch die Erkenntnis zu lösen, daß die Elektronen bei ihrer Bewegung schließlich wie unsere Erde noch um sich selbst rotieren. Das bedeutsamste an dieser neuen Vorstellungsweise ist, daß ihre physikalisch-mathematische Verfolgung die chemischen und elektrischen, die optischen und die magnetischen Eigenschaften der Elemente gleichmäßig aufhellt und damit ein mannigfaltigeres Gebiet von Naturscheinungen einer gemeinsamen zahlenmäßigen Behandlung unterordnet, als es mit Ausnahme der Sätze von der Erhaltung der Energie und der Zunahme der Entropie jemals eine physikalische Erkenntnis vermocht hat¹⁾.

Der eindrucksvollste Erfolg experimenteller Natur aber, der sich an diese Erkenntnis geschlossen hat, ist der Nachweis der Verwandelbarkeit chemischer Elemente ineinander. Diese Lösung des uralten alchimistischen Problems ist vorerst mit der Begrenzung behaftet, daß die umgewandelten Mengen unter der Schwelle des analytischen Nachweises bleiben und nur mit besonders verfeinerten physikalischen Hilfsmitteln nachgewiesen werden können. Die Nachricht, die durch die Zeitungen der ganzen Welt gegangen ist, daß die Chemie die richtige Goldmacherei gemeistert und gelernt habe, Quecksilber in wägbaren Mengen willkürlich in Gold zu verwandeln, war voreilig. Da sie hier von Deutschland ausgegangen war, so ist sie hier auch besonders eingehend nachgeprüft worden. Vier unabhängige und im Ergebnis übereinstimmende wissenschaftliche Untersuchungen aus allernüester Zeit haben sie als irrig dargetan.

Neben diesem großen wissenschaftlichen Impuls, der die Chemie und die Physik viel enger zusammenrückt, tritt nun hier bei uns der andere, der aus der Industrie kommt. Auf keinem naturwissenschaftlichen Gebiete hängen Industrie und Wissenschaft bei uns so nahe zusammen wie in der Chemie. Die eintausend jungen Chemiker, die jetzt jährlich nach abgeschlossenem Hochschulstudium die deutschen Universitäten und technischen Hochschulen verlassen, um in das Leben hinauszutreten, sind bis auf einen unbedeutenden

¹⁾ Wir sind nicht ohne Zweifel, ob der anschauliche Inhalt dieser Lehre dauernden Bestand haben wird, insbesondere seit SCHROEDINGER in allerneuester Zeit dargetan hat, daß die unanschaulichen, quantitativen Beziehungen auf einem ganz anderen Wege übereinstimmend herauskommen. Aber es ist zu früh für den Versuch, die neue Betrachtungsweise elementar zu erläutern.

Bruchteil darauf angewiesen, technische Stellungen zu finden. Unsere technische Chemie hat ihre Weltstellung auf organisch-chemischem Boden errungen. Die Farbstoffe haben sie groß gemacht. Aber nun kämpft sie mit dem Erfolg ihrer eigenen Leistungen. Was sie in erloschenen Patenten beschrieben hat, deren Arbeitsweisen Allgemeingut geworden sind, das genügt weitgehend dem gewöhnlichen Bedürfnis der Textilindustrie, und nur spezielle Spitzenleistungen geben unseren Fabrikationsstätten einen wirtschaftlich wichtigen Vorrang.

Neue Dinge sind in den Vordergrund getreten, unter denen am bekanntesten die Hochdrucksynthese des Ammoniaks ist, durch deren Entwicklung unsere Erzeugung an nutzbarem Stickstoff der chilenischen Salpeterproduktion an Umfang ähnlich geworden ist. Die Entwicklung der Stickstoffindustrie hat in den letzten 10 Jahren der Technik neue Arbeitshilfsmittel geläufig gemacht, mit denen sie nun an synthetische Aufgaben der organischen Chemie heranzutreten vermag, an die man vorher nicht gedacht hat. In der ganzen langen Blütezeit der organischen Chemie, die hinter uns liegt, hat sich die Synthese in der Großindustrie fast ganz auf Erzeugung von aromatischen Verbindungen beschränkt. Die aliphatischen Stoffe hat man im großen wesentlich durch den Abbau von Naturprodukten hergestellt. Nach dieser Hinsicht scheint sich ein Wandel zu vollziehen. Das erste Beispiel haben uns die letzten Jahre in der Erzeugung des Holzgeistes gebracht, den man immer auf dem Wege des Abbaus durch Destillation des Holzes gewann. Heute wird er bei uns in Deutschland durch den Aufbau aus Wassergas gewonnen, das man aus Wasser und glühenden Kohlen bereitet. Aber die Methodik, die zu solchen Erfolgen leitet, lernt man nicht, ohne neben der präparativen Chemie von der Physik und ihren Anwendungen auf die Chemie mehr zu verstehen, als man noch vor wenigen Jahren in unserer deutschen chemischen Industrie für notwendig hielt.

Die engere neue Verbindung der organischen Chemie und der technischen Chemie mit der Physik beansprucht das Interesse des Naturforschers. Aber dem speziellen Interesse des Biologen steht sie einigermaßen fern. Auf der anderen Seite hat gerade die Medizin sich mit besonderem Eifer das zunutze gemacht, was in den beiden letzten Jahrzehnten des vergangenen Jahrhunderts an wichtigen physikalisch-chemischen Zusammenhängen entdeckt worden ist. Man darf ohne Übertreibung behaupten, daß sie eifriger bemüht war, die Lehre vom osmotischen Druck und von der elektrolitischen Dissoziation für ihre Aufgaben nutzbar zu machen als die synthetische Chemie irgendein Stück physikalisch-chemischer Erkenntnis, abgesehen von den Methoden der Molekulargewichtsbestimmung. In der Tat hat die Zurückhaltung, mit der HELMHOLTZ, und die Ablehnung, mit der OSTWALD der Atomvorstellung gegenüberstanden,

seinerzeit den Widerstand der synthetisch chemischen Richtung geweckt, die alle ihre großen Erfolge Grundvorstellungen über die atomistische Struktur der chemischen Stoffe verdankte. Der Gegensatz jener älteren Physik zur Atomlehre stammte von den großen Erfolgen der Thermodynamik, deren Anwendung auf die Chemie HELMHOLTZ geglückt war. Die Thermodynamik brauchte die Atomvorstellung nicht und zog aus ihr keinen Nutzen. Die organische Chemie aber war davon durchdrungen, daß die Thermodynamik wegen dieser in ihrem Wesen begründeten Eigenheit den chemischen Erscheinungen nur zu einem kleinen Teile würde gerecht werden können, und daß die eigenen atomistischen Vorstellungen vom Aufbau der Stoffe trotz ihrer offenbaren Unvollkommenheit für den Einblick in die Welt der organischen Stoffe fruchtbarer bleiben würden als die atomfremden thermodynamischen Aussagen. In der Tat steht die Thermodynamik zu den chemischen Vorgängen wie ein Beobachter auf der Straße, der wissen will, was in einem Hause vorgeht und dazu alles mit Genauigkeit ermittelt, was an Menschen und Dingen in das Haus hineingeht und aus ihm herauskommt. Er lernt dadurch vom Leben des Hauses nach mancher Richtung erstaunlich viel und hie und da mehr als der, der ins Innere eindringt. Aber seine Kenntnis bleibt notwendig lückenhaft und in wichtigen Hinsichten gering.

Für die Biologie aber lagen die Dinge anders. Ihr Grundinteresse ging ja nicht auf das chemische Molekül, sondern auf die Zelle, die mit und ohne Atomvorstellungen gleichschwer verständlich war. Sie brachte kein grundsätzliches Opfer, indem sie einer wissenschaftlichen Lehre folgte, die sich von der Atomistik entfernte. Ihre Bereitwilligkeit hat ihr wunderbare Bereicherung gebracht. Ich darf mich begnügen, statt aller sachlichen Aufzählung den Namen des unlängst verstorbenen JACQUES LOEB zu nennen, der Ihnen, geehrte Zuhörer, und uns gemeinsam gehörte. Aber die letzte Grundfrage nach dem Zusammenhang von chemischer Substanz und lebendiger Form blieb unzugänglich. Für diese Grundfrage lieferte die vergangene thermodynamische Periode der Entwicklung nichts, was von entscheidender Wichtigkeit gewesen wäre. Jetzt aber sind in den allerletzten Jahren in den Instituten der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft in Berlin-Dahlem neue Ansätze physikalischer Natur gefunden worden, die freilich mit der geschilderten neuen Erkenntnis über den Atombau verglichen, noch ganz winzig und klein erscheinen, aber doch eine neue Tür öffnen, wo vorher nichts war wie eine undurchdringliche Mauer. Sie lassen die Hoffnung entstehen, dem Problem des Wachstums zunächst in dem einfachen Falle der Gerüststoffe, also bei der Zellulose, der Horn- und Knorpelsubstanz und damit dem Verständnis des Lebens auf Grund von physikalischen und chemischen Gesetzmäßigkeiten näher zu kommen.

Die Erscheinung des Wachstums kennen wir

von jeher in der unbelebten Natur bei den Krystallen; aber es war kaum die Andeutung eines Zusammenhanges mit dem Wachstum in der organisierten Welt bis zu den letzten Jahren vorhanden. Dann kamen einige einfache Versuche von SCHERRER am Samenhaar der Baumwollpflanze, also an der gewachsenen Cellulose, und von R. O. HERZOG an verschiedenen Fasern, an Nerven und Sehnen, die zeigten, daß die festen Anteile dieser gewachsenen Gebilde des organisierten Lebens ähnliche gesetzmäßige Atomstrukturen besitzen wie anorganische Krystalle. Es verblieben bei manchen dieser organisierten Gebilde Zweifel, ob die Beobachtungen einen Aufbau ihrer festen Gesamtmasse nach Art der Krystalle bewiesen oder ob es sich um Einbettung krystallisierter Anteile zufälliger Art in eine nichtkrystallisierte Grundmasse handelte. Aber vorwiegend war doch der Eindruck des geordneten Aufbaus der ganzen festen Masse nach krystallographischen Gesetzen. Daraus aber war zu schließen, daß Wachsen und Krystallisieren zwei Vorgänge sind, die in letzter Linie von denselben physikalischen Gesetzen beherrscht werden.

Wenn man indessen diesem Gedanken nachzugehen versuchte, so stieß man auf die Mauer, durch welche kein Durchgang war. Was nützte es, von den im einzelnen unbekannten Molekülen der belebten Natur auszusagen, daß sie nach ähnlichen krystallographischen Grundsätzen wie die Gesteine der Erde aufgebaut seien, wenn man bei den geläufigen Individuen der organischen Chemie, die viel besser bekannt und viel leichter in reiner Form zugänglich sind, den Zusammenhang der chemischen Konstitution mit dem Krystallbau nicht angeben konnte! Dieser Zusammenhang war in der Tat so dunkel, daß die Chemiker aufgehört hatten, älterem Gebrauch entsprechend die Krystallform ihrer neuen Präparate nach den Methoden der Mineralogie zu bestimmen, weil nicht erheblich mehr herauskam, als eine Fülle entbehrlichen Zahlenmaterials. Als dann die ersten Röntgenaufnahmen an reinen Substanzen organisch-chemischer Natur gemacht wurden, da schien es nicht besser, sondern schlimmer zu werden. Denn es sah so aus, als ob die Atome der chemischen Verbindungen in den Krystallen auseinandergerissen seien, während alle chemische Erfahrung bewies, daß die chemischen Verbindungen mit ihren Eigentümlichkeiten beim Krystallisieren und Schmelzen erhalten blieben. Nun scheint sich in allerneuerster Zeit der Widerspruch zu lösen und ein Durchgang durch die Wand aufzutun.

Wir haben als Grundvorstellung in der Chemie der organischen Verbindungen ein Symmetrieprinzip, das Ihnen allen bekannt ist: das Prinzip der Tetraedersymmetrie beim Kohlenstoff. Die einfachste Verbindung der organischen Chemie, das Methan, das ein Kohlenstoffatom und vier Wasserstoffatome enthält, pflegen wir uns dadurch zu versinnlichen, daß wir eine schwarze Kugel nehmen, die das Kohlenstoffatom darstellen soll,

vier gleichlange Stäbchen daran schrauben, die von der Kugel als Mittelpunkt nach den vier Ecken eines Tetraeders laufen und die Wasserstoffatome, dargestellt durch vier weiße Kugeln, an die Enden der vier Stäbchen setzen. Die Stäbchen stellen die Bindungen zwischen den Wasserstoffatomen und dem mittleren Kohlenstoff dar, und das Ganze ist ein Modell für den Aufbau der Verbindung, das allen Tatsachen gerecht wird, die ohne ein näheres Eingehen auf den inneren Bau der Atome durch ein Modell ausgedrückt werden können. Nun ersetzen wir die Wasserstoffatome durch andere Atome oder Atomgruppen, bauen Kohlenstoffketten zusammen und lassen sie sich zu Ringen schließen. Dabei benutzten wir als leitenden Gedanken immer die symmetrische Anordnung der Substituenten des Kohlenstoffs nach den Richtungen der Tetraederecken. Lassen sich die Modelle nicht zusammenbauen, ohne daß sich die Stäbchen verbiegen, so stellen wir uns grobmechanische Spannungen vor, die in der Verbindung bestehen, weil uns die Tetraedersymmetrie die entscheidende Grundeigentümlichkeit bei diesen Kohlenstoffverbindungen zu sein scheint. Gehen wir aber den Gründen nach, die dieser Verallgemeinerung die Stütze geben, so erscheint uns ausschlaggebend der außerordentliche Erfolg, mit dem VAN'T HOFF und LE BEL das ganze Gebiet der optischen Aktivität chemischer Verbindungen widerspruchsfrei mit Hilfe dieser Vorstellung aufklären konnten.

Dennoch führt dieses einfache Prinzip vor die Mauer ohne Durchgang, von der wir vorher gesprochen haben. Denn aus ihm ergibt sich sofort, daß alle einfachen Abkömmlinge des Methans, bei denen die vier Wasserstoffatome durch vier gleiche organische Gruppen ersetzt sind, ebenso einfache Tetraeder sein sollten, wie das Methan selbst. Sind sie das aber, so sollten sich ihre Krystalle aus Tetraedern als Bausteinen aufbauen lassen. Es gibt aber eine Anzahl solcher einfacher Methanderivate, die einen ganz anderen Krystallbau haben, insbesondere den einer vierseitigen Pyramide. Ein solcher tetragonaler Bau läßt sich aus Tetraedern, d. h. aus dreiseitigen Pyramiden, schlechterdings nicht herleiten. Nimmt man in einem solchen Falle die Untersuchung der Lage der Atome im Krystall mit monochromatischem Röntgenlicht zu Hilfe, so kommt nun in der Tat heraus, daß sich die Kohlenstoffatome und die daran gebundenen substituierenden Gruppen gar nicht zu Molekülen zusammenfassen lassen, die tetraedischen Bau haben. Aber sie lassen sich ganz leicht und ganz eindeutig zu Molekülen vereinigen, die tetragonalen Bau haben, wie der makroskopische Krystall selber. Sie stellen also nicht mehr dreiflächige Pyramiden dar mit dem zentralen Kohlenstoffatom in der Mitte, sondern vierflächige mit den vier Substituenten an den vier Ecken der Pyramidenbasis und mit dem Kohlenstoffatom, das die vier Substituenten bindet, in der Spitze der Pyramide. Das ist eine Tatsache,

die mit der größten Kraft für den Zusammenhang von Molekülbau und Krystallbau spricht; aber es ist zugleich eine Tatsache, die uns bei der ersten Bekanntschaft vollständig unverständlich erscheint. Denn wie soll man verstehen, daß die vier Valenzen eines Kohlenstoffatoms in diesen Fällen alle nach derselben Seite, nämlich von der Spitze einer vierseitigen Pyramide nach den vier Ecken ihrer Grundfläche verlaufen und nicht, wie es anscheinend Vernunft und Erfahrung für alle Methanderivate mit gleichem Nachdruck fordern, vom Mittelpunkt eines Tetraeders aus gleichmäßig im Raume verteilt nach seinen vier Ecken. Die Lösung bringt ein Gedanke von K. WEISSENBERG, dem wir den hier geschilderten Fortschritt verdanken. Unsere Symmetriebetrachtung ist zu eng, wenn sie sich nur auf die Frage beschränkt, wie sich vier Atome symmetrisch um ein Kohlenstoffatom anordnen, das sie bindet. In diesem engbegrenzten Fall beantwortet sich die Frage freilich eindeutig durch die Symmetrie des Tetraeders. Aber wenn man nicht vier gleiche Atome als Substituenten wählt, sondern vier gleiche Atomgruppen, dann ergibt sich in vielen Fällen dieses eindeutige und einfache Resultat nur durch eine willkürliche Vernachlässigung. Man sieht das leicht, wenn man mit denselben einfachen Hilfsmitteln, die ich für den Aufbau des Methanmodells erwähnt habe, ein substituiertes Methan zusammensetzt, bei dem an Stelle der vier Wasserstoffatome viermal die Gruppe CH_2OH steht. Man kann das Modell drehen, wie man will; man überzeugt sich immer, daß bei der Anordnung der substituierenden Gruppen in den Tetraederecken zwar die Kohlenstoffatome, aber nicht die Sauerstoffatome (und Wasserstoffatome) symmetrische Lagen einnehmen. Die Symmetrie des regulären Tetraeders besteht also in diesem Fall nur fort, wenn man willkürlich erklärt, daß es auf den Sauerstoff (und Wasserstoff) nicht ankommt. Aber in der Natur kommt es auf den Sauerstoff (und Wasserstoff) ebenso an wie auf den Kohlenstoff. Wir können nun fragen, ob es Symmetrielagen gibt, die allen Atomen der Verbindung gleichmäßig gerecht werden, ohne daß eine Sorte ausgezeichnet wäre, auf die es ankommt, und eine andere, die wie ein mißliebiger Fremder in einer geschlossenen Gesellschaft zusehen mag, wo sie einen Platz findet. Es gibt in der Tat mehrere solche Lagen, und unter ihnen ist eine, bei welcher das Modell gerade die Form der vierseitigen Pyramide mit dem bindenden Kohlenstoff an der Spitze besitzt, die durch die Röntgenanalyse und durch die makroskopische Krystallform übereinstimmend als die wirkliche Anordnung gekennzeichnet ist. Die Natur läßt lieber die vier Bindungen eines Kohlenstoffatoms nach derselben Richtung wirken, als daß sie beim Aufbau des Moleküls eine Gruppe von Atomen aus der Symmetrie herausfallen ließe.

Das ist der erste Schritt. Er kennzeichnet den einfachsten Fall, in welchem die Symmetrie des Molekülbau und die des Krystallbau identisch

ist, und in dem wir imstande sind, die Molekularstruktur direkt aus dem makroskopischen Bilde des Metalls zu entnehmen. Es ist ein wichtiger Fall, aber kein sehr häufiger Fall. Er findet sich nur dort, wo das Molekül einen vergleichsweise einfachen Bau und eine hohe Symmetrie besitzt. Bei den komplizierten und unregelmäßig gebauten Molekülen ahmt die Natur nicht den verwickelten Aufbau im Krystall nach, sondern sie reiht die Moleküle nach einer neuen einfachen Symmetrie aneinander. Ihre beliebteste Anordnung ist die nach einer Schraube, wo längs einer geraden Linie immer um einen Schraubengang getrennt ein Molekül dem anderen auf derselben Seite der Schraube folgt, während auf der anderen Seite der Schraube eine gleiche Reihe von Molekülen um 180° verschieden auf der halben Höhe der Schraubengänge sitzt. Jedes Molekül hat bei dieser Anordnung genau dieselbe Lage gegen das vorangehende wie gegen das folgende. Alle ungeraden Moleküle einer solchen Folge und alle geraden stehen untereinander parallel. Mit Hilfe solcher Schraubenachsen bauen sich die monoklinen und die rhombischen Krystalle auf, die zusammen rund zwei Drittel der Formen ausmachen, die bei komplizierten anorganischen und organischen Verbindungen festgestellt worden sind.

Es ist schwer, sich die Geometrie solcher Bauprinzipien ohne genauere Beschäftigung mit den Modellen völlig deutlich zu machen. Deshalb beschränke ich mich auf den einen Hauptfall.

Wenn Sie jetzt im Frühling an einer Buchenhecke vorbeigehen, einen Zweig abreißen und nachsehen, wie die Blätter an dem Zweige ansetzen, so finden Sie diese Ansatzstellen nach derselben Symmetrie angeordnet, die ich eben geschildert habe, und Sie gewinnen damit einen unmittelbaren Eindruck von der Gleichheit der Bauprinzipien, die die Natur bei der Krystallisation der unbelebten Stoffe und beim Wachstum in der belebten Welt verwendet.

Nun sind die Blätter freilich weit verschieden von Molekülen, aber wenn Sie die gewachsene Zelleulose mit Röntgenstrahlen untersuchen, so finden Sie die Einfachmoleküle $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ nach demselben Prinzip darin angeordnet, wie die Buchenblätter an ihren Zweigen.

Die Erkenntnis der Bauprinzipien ist ein großer Schritt, wenn auch noch genug Schwierigkeiten bleiben.

Ich möchte die wichtigsten Schwierigkeiten nicht in den Dingen erblicken, die von alters her hervorgehoben werden. Man pflegt zu betonen, daß die Krystalle so fortwachsen, wie sie begonnen haben, während die organisierten Gebilde sich beim Wachstum differenzieren. Aber die Krystalle wachsen nur unverändert fort, wenn die chemische Beschaffenheit des Mediums, aus dem sie sich bilden, und die physikalischen Bedingungen, unter denen das Wachstum vor sich geht, unverändert bleiben. Man führt auch an, daß die Krystallisation ein umkehrbarer Vorgang ist, während die ge-

wachsenen Strukturen der lebendigen Welt sich nicht wieder auflösen. Das ist indessen ein künstlich geschaffener Gegensatz, der nichts mit der Krystallstruktur der festen Gebilde, sondern mit der Löslichkeit der einzelnen strukturbildenden Substanzen zu tun hat. Es gibt genug Fälle in der unbelebten Natur, in denen Krystallisation ohne merkliche Löslichkeit beobachtet wird. Die kolloidalen Lösungen, auf die ich gleich zurückkomme, bieten insbesondere dafür Beispiele. Es gibt andererseits genug organisierte Strukturen, die unter biologischen Bedingungen wieder einschmelzen.

Als wesentlichere Lücke empfinde ich, daß bei den Krystallen der unbelebten Natur eine regelmäßige Anordnung nach allen drei Richtungen des Raumes sich zeigt. Die gitterbildenden Elementarteile, seien es Ionen, Atome oder Moleküle, reihen sich nach jeder Richtung in molekularem Abstand an einander, und wo dies seine Grenze findet, hört die Ordnung überhaupt auf und macht dem Zufall Platz. In der lebenden Welt aber ordnen sich, wie R. O. HERZOG besonders betont hat, die Primärkrystalle zu Sekundärstrukturen und diese wieder zu den sichtbaren, gegliederten Formen. Die lebende Welt zeigt uns bei der Röntgenstrahluntersuchung also Kriställchen, an deren Grenze die Ordnung nicht dem Zufall Platz macht. Diese Kriställchen haben vielmehr z. B. bei der Zellulose wenigstens nach einer Richtung eine regelmäßige Lage zueinander, während sie nach den anderen Richtungen willkürlich geordnet sind. Die Primärteilchen sind also wie die anorganischen Krystalle aus völlig geordneten Molekülen aufgebaut, die untereinander molekulare Abstände haben. Darüber hinaus aber sind sie wieder nach einem geometrischen Prinzip gegeneinander geordnet, obwohl sie Abstände haben, die über die Molekulardimension hinausgehen. Diese Bausteine der lebenden Natur ordnen sich also, ohne sich zu berühren. Physikalische Prinzipien, nach denen eine krystallartige Ordnung von Teilchen eintritt, die sich nicht berühren, sondern durch amorphe, z. B. flüssige Zwischenschichten getrennt sind, ließen sich auch früher denken, waren aber in der unbelebten Natur bisher nicht durch klare Beispiele belegt. In der belebten Natur scheint es ihrer für das Verständnis der Erscheinungen zu bedürfen.

Hier greift ein Fortschritt in der Kenntnis der kolloidalen Lösungen ein, dessen Kennzeichnung ich dem Hinweis auf den neuen Zusammenhang von Molekularbau und Krystallbau hinzufügen möchte.

Man hat früher gemeint, daß in den kolloidalen Lösungen ungeformte Teile nach dem Zufall herumswimmen und durch die Wärmebewegung am Absitzen gehindert werden. Die schwimmenden Teile waren zu klein, um mit den älteren Hilfsmitteln ihren krystallisierten Charakter zu erkennen. Die Anwendung der Röntgenuntersuchung auf diese kolloidalen Lösungen hat gezeigt, daß die schwimmenden Teilchen besonders häufig den

krystallisierten Charakter besitzen. Die Ausdehnung eines solchen submikronischen Teilchens kann nach allen drei Richtungen im wesentlichen dieselbe sein, wie es bei einem makroskopischen kubischen Krystall der Fall zu sein pflegt. In diesem Falle erscheinen sie ihrer Kleinheit wegen kugelig. Aber je feiner sich die ultramikroskopischen Beobachtungen entwickeln, um so häufiger zeigt sich bei ihnen bevorzugte Entwicklung nach einer Richtung zu Stäbchen oder nach zwei Richtungen zu Plättchen, gerade wie bei Makrokrystallen mit niederer Symmetrie. Stäbchen dieser Art hat man zuerst gelernt durch äußere Einwirkung, nämlich die Strömung der kolloidalen Lösung nach einer Richtung oder durch elektrische oder magnetische Kraft in geordnete Lagen zu bringen. Aber beim Wegfall der äußeren Kräfte kehrten sie wieder zu ungeordneter Verteilung zurück. Schließlich aber fand ZOCER in jüngster Zeit im Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie Fälle, in denen sie sich freiwillig zu Schwärmen ordnen und freiwillig in diese Ordnung zurückkehren, wenn man sie auf mechanische Weise in Unordnung bringt. In diesen Schwärmen liegen die submikronischen Krystallstäbchen mit der Längsrichtung parallel wie Bleistifte in einer Schachtel. Nach den anderen Richtungen aber sind sie ungeordnet. Diese Ordnung nach einer Richtung und die Unordnung nach den beiden anderen kann man sich leicht an den Bleistiften in einer Schachtel deutlich machen. Unsere Bleistifte haben an einem Ende einen Aufdruck, der den Fabrikanten nennt und die Sorte bezeichnet. Die Bleistifte können parallel in der Schachtel liegen, aber die Aufschrift kann bei dem einen am vorderen und bei dem anderen am hinteren Ende sein, und diese Aufschrift kann bei jedem der parallelen Bleistifte nach einer anderen Richtung weisen. Ist dies der Fall, so sind die Bleistifte nur nach einer Richtung geordnet und nach den anderen Richtungen in Unordnung wie die submikronischen Kryställchen in den besprochenen kolloidalen Lösungen. Gleichartiges hat sich bei submikronischen Kryställchen gefunden, die plättchenförmig sind. Diese Plättchen ordnen sich in günstigen Fällen nebeneinander zu größeren Scheiben. Die Plättchen sind in den Scheiben so wenig miteinander fest verwachsen, wie die Stäbchen in den Schwärmen. Sie behalten selbständige Flimmerbewegungen. Aber ihre Ordnung geht unter Umständen noch weiter. Solche Scheiben nämlich wiederholen sich bei dem freiwilligen Aufbau in streng gesetzmäßigen Abständen von der Größenordnung einer Lichtwellenlänge. Damit verraten sie zugleich die wahrscheinliche Quelle ihrer gesetzmäßigen Anordnung. Denn diese Abstände erweisen sich abhängig vom Salzgehalt der Lösung und damit von den elektrischen und osmotischen Kräften der Ionen. Das einzelne Kolloidteilchen ist, wie man lange weiß, im allgemeinen geladen. Die entgegengesetzte Ladung sitzt in der Flüssigkeit, in der es schwimmt, und zwar so, daß die

Dichte der Ionen, die das entgegengesetzte Vorzeichen tragen, in der unmittelbaren Umgebung des Teilchens vergleichsweise erheblich ist und mit der Entfernung von der Oberfläche um so rascher abnimmt, je weiter man sich von dieser Oberfläche entfernt. Die gegenseitige Beeinflussung der Kolloidteilchen mit ihren geladenen Hüllen bereitet der strengen rechnerischen Behandlung Schwierigkeiten, die noch nicht behoben sind. Aber das Gesamtbild der Erscheinungen drängt zu der Auffassung, daß die geordneten Strukturen durch die ungleiche Verteilung der Ladungen in der Flüssigkeit rings um die nichtkugeligen Teilchen zustande kommen und durch die Verschiebung dieser Ladungen bei den zufälligen Bewegungen der geladenen Gebilde.

Hier haben wir, wenn mich mein Gefühl nicht täuscht, einen zweiten Ansatzpunkt zum Verständnis des Zusammenhanges zwischen geometrischen Strukturen in der unbelebten Welt und biologischem Wachstum.

Auch jetzt bleibt noch eine gewaltige Kluft zu überbrücken, um über die Gerüststoffe der belebten Welt hinaus zum intrazellularen Wachstum und damit an die Erfahrungen der Entwicklungsmechanik heranzukommen. Die Entwicklungsmechanik hat bekanntlich ursprünglich gemeint, daß die Erbfaktoren alle fertig gebildet und geordnet in der Keimzelle sitzen und sich im Fortgang der Zellteilung nur abzugliedern und ins Große auszuwachsen haben. Dann kam die Erkenntnis, daß ein Teil der Keimzelle die Rolle des anderen übernehmen kann. Die Teile waren nach dem Ausdruck von DRIESCH, der diese Gesetzmäßigkeit entdeckte, äquipotentiell. Sie waren aber auch harmonisch, weil die verstümmelte Keimzelle sich nicht zu einem verstümmelten Gebilde auswuchs, sondern aus ihrem verbliebenen wachstumsfähigen Stumpfe die verlorenen Teile derart ersetzte, daß ein kleineres, aber vollständig ausgebildetes Individuum sich entwickelte. Jetzt wissen wir durch die neuesten Untersuchungen von SPEMANN, daß einzelne Teile in der Entwicklung voraneilen und formgebend auf die anderen wirken. Die früher entwickelten „determinieren“ ihre Nachbarn.

Liegen hier Wirkungen auf molekularem Abstand vor, wie bei der Krystallisation eines Stoffes auf einer artfremden Unterlage, bei der der Krystallbau der Unterlage der aufwachsenden Masse oft genug die eigene Anordnung aufzwingt? Oder handelt es sich um Zochersche Schwärme, nur mit dem Unterschiede, daß die ordnende Wirkung räumlich getrennter Teilchen hier nicht solche der gleichen Art, sondern solche gleicher und fremder Art zu einer gemeinsamen Struktur vereinigt?

Fragen dieser Art lassen sich unabsehbar aneinanderreihen. Was wir erreicht haben, ist nichts als ein ganz kleiner Anfang. Aber vielleicht werden die vorgebrachten Fälle genügen, um zu zeigen, daß die Physik nicht nur mit der Chemie enger zusammengerückt ist, sondern daß beide gemeinsam der Biologie wieder ein Stück näher gekommen sind.

Die Folge dieser Annäherung ist in der ganzen Breite der Naturwissenschaft eine feinere Gliederung der wissenschaftlichen Arbeit. Die Mannigfaltigkeit der Gedanken, der Methoden und der Ergebnisse wächst, und das Bedürfnis steigert sich, im persönlichen Verkehre Denk- und Arbeitsweise des anderen kennen zu lernen, die sich aus dem gedruckten Wort oft unvollkommen versteht.

Dazu aber bedarf es eines Friedens unter den wissenschaftlichen Geistern. Es ist endlich Zeit für diesen Frieden, nachdem die Waffen des Weltkrieges seit mehr als 7 Jahren zur Ruhe gekommen sind. Aber es scheint, daß die Gelehrten schwerer als die Völker über die Kriegsgegensätze hinwegfinden. Überall wuchern noch zwischen den Ansätzen der Versöhnung nachwirkende Gehässigkeiten. Der Gelehrte gehört im Kriege wie jedermann seinem Vaterlande, im Frieden aber gehört er der Menschheit. Die Menschheit hat den Anspruch auf unser Zusammenwirken in allen Ländern, weil dies Zusammenwirken ihren Fortschritt beschleunigt, für den wir da sind.

Möge dieser Besuch, den Sie, geehrte Herren, unserem Lande gemacht haben, dem Frieden in der Wissenschaft dienen, dann wird er eine Quelle des Dankes sein, den das deutsche und das amerikanische Volk und alle Menschen Ihnen schulden.

Die Metallforschung in ihren Beziehungen zu anderen naturwissenschaftlichen Forschungsgebieten.

Von FRIEDRICH KÖRBER, Düsseldorf.

Eine planmäßige wissenschaftliche Erforschung der Metalle, ihrer Eigenschaften und ihrer Erzeugungs- und Verarbeitungsverfahren, wie wir sie heute unter dem Namen „Metallforschung“ zusammenfassen, reicht erst wenige Jahrzehnte zurück. Dieser Zeitraum muß überraschend klein erscheinen gemessen an den Jahrtausenden, die seit der Einführung der Metalle als Werkstoff für Gegenstände des täglichen Gebrauches, zunächst

vornehmlich für Waffen, Schmuckgegenstände und Werkzeuge, verstrichen sind. Stetig fortschreitend, immer wachsend in ihrer wirtschaftlichen Bedeutung und richtunggebend für die Kultur-entwicklung ganzer Völker, hat sich ihre Verwertung und Verwendung immer vielseitiger und umfangreicher gestaltet bis zu der durch die Maschine und damit durch ihren wichtigsten Baustoff, das Metall, beherrschten Gegenwart.

Diese glänzende Entwicklung hat ihren langen Weg zum weitaus überwiegenden Teil auf rein empirischer, vielfach handwerksmäßiger Grundlage genommen. Entscheidend für deren Fortgang war allein die Notwendigkeit, die Eigenschaften des Erzeugnisses jeweils den an dasselbe im praktischen Gebrauche gestellten Anforderungen anzupassen. Solange es der Metall erzeugenden und verarbeitenden Technik gelang, dieser Bedingung ohne Schwierigkeit zu entsprechen, war weder für den Hersteller noch für den Verbraucher Anlaß zu planvoll wissenschaftlicher Durchforschung des ganzen großen Gebietes gegeben. Die stetig steigenden Anforderungen, die jedoch mit der in immer schnellerem Tempo fortschreitenden Entwicklung der Technik an die Baustoffe für die Maschinen und Apparate gestellt wurden, ließen eine tiefere Erforschung der Metalle und ihrer Herstellungs- und Verarbeitungsverfahren immer dringender geboten erscheinen. Die Bewährung im praktischen Betriebe konnte nicht mehr als alleiniges Merkmal der Güte des Werkstoffes und seiner Eignung für den betreffenden Verwendungszweck dienen. Es galt vielmehr, Prüfverfahren zu entwickeln, die die Feststellung von Eigenschaftswerten gestatteten, die als Gradmesser der Werkstoffgüte dienen konnten. Auf diesem Wege sind die in der Metalltechnik bereits allgemein gebräuchlichen oder noch in der Ausgestaltung begriffenen Verfahren zur Feststellung der Eigenschaften der Metalle als Grundlage der Güte- und Abnahmeprüfung entwickelt worden, denen der Erzeuger, der Hüttenmann, wie der Verbraucher, der Bauingenieur, der Maschinenbauer, der Elektrotechniker usw. ganz außerordentlich wichtige Kenntnisse über das Verhalten des metallischen Werkstoffes in Abhängigkeit von chemischer Zusammensetzung, Herstellungsverfahren und Vorbehandlung verdankt.

Eine der Hauptaufgaben der Metallforschung ist es nun, die so bestimmten recht komplexen technologischen Eigenschaften auf grundlegende spezifische Werkstoffeigenschaften zurückzuführen, in ihrer Mannigfaltigkeit die gesetzmäßigen Zusammenhänge mit dem inneren Aufbau klarzustellen, und damit die Möglichkeit zu gewinnen, Mittel und Wege anzugeben, die zur Veränderung der Struktur und damit zur Erzeugung bestimmter Eigenschaften zur Verfügung stehen.

Von einer wissenschaftlichen Metallforschung können wir daher erst sprechen, als man sich bemühte, den inneren Aufbau, die Konstitution, der Metalle und Legierungen und die denselben beeinflussenden Faktoren aufzuklären. Eine erfolgreiche Bearbeitung dieser Probleme konnte erst einsetzen, nachdem physikalische und chemische Forschung, vornehmlich aber Forschungen der letzten Jahrzehnte des vorigen Jahrhunderts im Grenzgebiete der physikalischen Chemie gewisse theoretische Grundlagen sichergestellt hatten. Alle früheren Bemühungen mußten von vornherein mehr oder weniger ergebnislos bleiben. Gar

manche ausgezeichnete ältere Untersuchung, besonders physikalischer Art, die über die Eigenschaften von metallischen Stoffen durchgeführt worden ist, muß heute in ihrem Wert für die Zwecke der Metallforschung eine starke Einschränkung erfahren, weil der zur Untersuchung gekommene Stoff infolge der zu jener Zeit noch herrschenden Unkenntnis der Bedeutung der Konstitution und der Wege zu ihrer Feststellung nicht mit ausreichender Genauigkeit gekennzeichnet werden konnte. Indem sich so die Entwicklung der Metallforschung in stärkstem Maße mit den Fortschritten der Erkenntnisse auf anderen Gebieten der Naturwissenschaften verknüpft zeigt, kann es uns nicht mehr wundernehmen, daß sie, wie eingangs gekennzeichnet, erst zu einem auf den ersten Blick so überraschend späten Zeitpunkt eingesetzt hat. Es soll nun versucht werden, diese innigen Wechselbeziehungen der Metallforschung zu anderen naturwissenschaftlichen Forschungsgebieten an einigen Beispielen zu belegen.

Während die analytische Chemie mit der Entwicklung der Verfahren zur Bestimmung der anteiligen Mengen der in dem metallischen Werkstoffe enthaltenen Elemente den ersten grundlegenden Schritt zur wissenschaftlichen Erforschung der Metalle tat, brachte das Studium metallischer Bruchflächen im Verein mit der Beobachtung wohl ausgebildeter Krystalle im natürlichen Vorkommen gediegener Metalle und in den Hohlräumen großer Gußstücke die ersten Aufschlüsse über den strukturellen Aufbau. Die planmäßige weitere Erforschung hat zu der Erkenntnis geführt, daß alle im festen Zustand befindlichen Metalle aus Krystallen aufgebaut sind. Eine Unterbindung der Krystallisation durch Beschleunigung der Abkühlung aus dem Schmelzfluß zum glasig amorphen Zustande ist bisher auch bei schroffster Abschreckung bei keinem metallischen Stoff, weder reinem Metall noch Legierung, gelungen. Die gebildeten Krystalle sind im allgemeinen aber so klein, daß zu ihrer Feststellung das Mikroskop zu Hilfe gezogen werden muß. Das Wesen der mikroskopischen Gefügeuntersuchung besteht darin, daß auf einer auf Hochglanz polierten ebenen Schliifffläche mit Hilfe eines geeigneten Ätzmittels der Aufbau des Metalles aus vielen krystallographisch einheitlichen Körnern (Krystalliten) sichtbar gemacht wird.

Mit der gegen die Schliifffläche wechselnden krystallographischen Orientierung der einzelnen Krystallite ist der Ätzangriff derselben ein verschiedener, so daß sie sich im Ätzbild durch verschieden starke Dunkelfärbung unterscheiden (Fig. 1). Die Auflösung von Krystallen erfolgt unter Bildung von Ätzgrübchen bestimmter krystallographischer Orientierung und Ausbildungsform. Dieser Vorgang ist seit langem Gegenstand eingehender Untersuchungen der Krystallographen und Mineralogen. Deren Erfahrungen und Kenntnisse galt es, für die Metallforschung nutzbar zu machen. Nachdem die Gesetzmäßigkeiten der Reflexion eines auf den geätzten Metallschliff

schräg auffallenden Lichtstrahlenbündels in ihrem ursächlichen Zusammenhang mit der Art der Ätzgrübchen und damit mit der kristallographischen Orientierung der einzelnen Krystallkörner zur Schlifffläche erkannt worden sind, ist ein Untersuchungsverfahren gegeben, um die gegenseitige

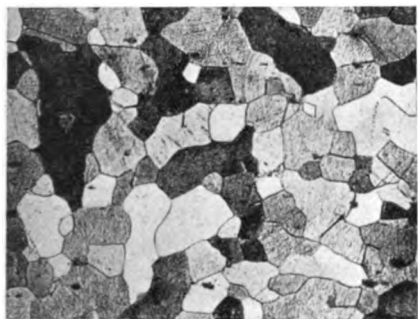


Fig. 1. Gefügebild von reinem Eisen (Krystallflächenätzung).

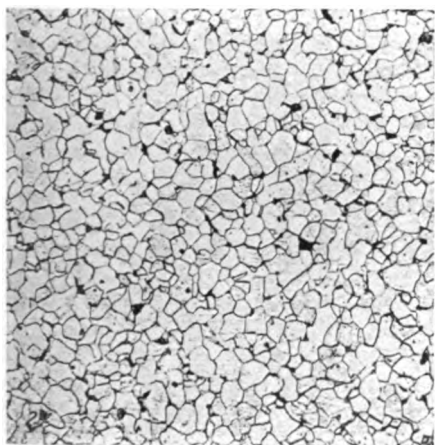


Fig. 2. Gewalzter normal feinkörniger Stahl.

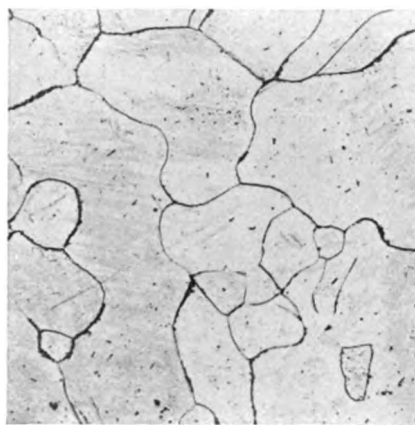


Fig. 3. Durch Überhitzung grobkörnig gemachter Stahl.



Fig. 4. Kerbschlagprobe von gewalztem feinkörnigem Stahl.



Fig. 5. Kerbschlagprobe und Bruchausbildung von überhitztem Stahl.

Fig. 2—5. Gefügebilder und Bruchausbildung sehr weichen Stahles (Weicheisen).

Anordnung der Krystallite in einem Metallstück zu erkennen. Diese ist bei einer aus dem Schmelzfluß erstarrten Probe in hohem Maße von den Erstarrungsbedingungen abhängig; Kernzahl und Krystallisationsgeschwindigkeit, die an leicht unterkühlbaren, nicht metallischen Stoffen in ihrer Temperaturabhängigkeit eingehend studiert worden sind, und die Bedingungen des Wärmeabflusses aus der Schmelze bestimmen auch bei den Metallen den Krystallisationsverlauf und damit den Gefügebau im erstarrten Zustande.

Die bei der Weiterverarbeitung des gegossenen Metalles erfolgende thermische und mechanische Behandlung ist von großem Einfluß auf die Gefügebildung. Eng verknüpft mit deren Unterschieden sind zum Teil weitgehende Änderungen der Gebrauchseigenschaften des Metalles. Als ein Beispiel sei angeführt, daß durch eine Glühbehandlung bei etwa 1200° (Überhitzung; Fig. 2 und 3), in einem normal gewalzten, feinkörnigen weichen Flußeisen eine sehr bedeutende Steigerung der Korngröße hervorgerufen wird. Diese hat eine solche Abnahme der Zähigkeit zur Folge, daß eine gekerbte Probe bei einer Schlagbeanspru-

chung ohne nennenswerte Formänderung spröde in 2 Teile mit grobkristallinen Bruchflächen auseinander bricht (Fig. 5), während das Material im normalen Walzzustande eine weitgehende Biegung ohne jeden Anriß oder mit nur mäßiger Rißbildung im Kerbgrunde erträgt, also alle Kennzeichen großer Zähigkeit aufweist (Fig. 4). Die Erforschung dieser Zusammenhänge zwischen der Gefügebildung und den Eigenschaften, für die sich noch

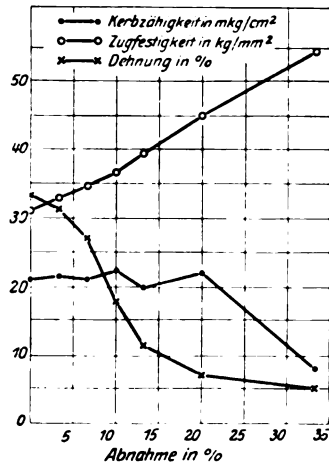


Fig. 6. Eigenschaften von kaltgewalztem Flußeisen.

zahlreiche weitere Beispiele anführen ließen, zählt zu den wichtigsten und praktisch bedeutsamsten Aufgaben der Metallforschung.

Ein Gebiet, in dem während der letzten Jahre eine besonders lebhaft und fruchtbare Mitwirkung der physikalischen Forschung und Nutzbarmachung der Erkenntnisse der physikalischen Kristallographie zur Lösung der Probleme der Metallkunde eingesetzt hat, ist die Erforschung der plastischen Formänderungen der Metalle. Der technische Vorgang, von dem diese Untersuchungen ihren Ausgang genommen haben und zu dessen Lösung sie einen Beitrag liefern sollen, ist die mechanische Formgebung der Metalle, wie sie beim Walzen, Ziehen, Pressen, Schmieden usw. erfolgt. Will man diese beherrschen, so ist eine genaue Kenntnis der bei der plastischen Verformung eintretenden Vorgänge und der damit verbundenen Eigenschaftsänderungen des Werkstoffes erforderlich. Die metallischen Werkstoffe sind dadurch ausgezeichnet, daß sie bei plastischen Formänderungen starke Eigenschaftsänderungen, besonders der mechanischen Eigenschaften erleiden, sofern die Verformung bei genügend tiefer Temperatur erfolgt. Festigkeit und Härte steigen angenähert proportional dem Bearbeitungsmaß an, es tritt „Kalthärtung“ ein; dabei erfährt die Formänderungsfähigkeit eine starke Abnahme (Fig. 6). Parallel diesen Eigenschaftsänderungen gehen tiefgreifende Änderungen des Gefügauf-

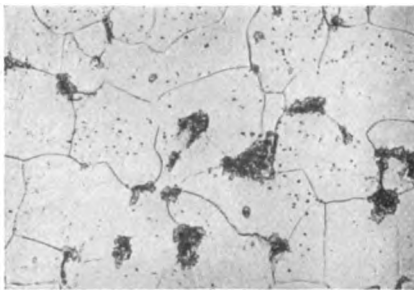


Fig. 7. 12 mm Dicke, 0 v. H. Querschnittverminderung.

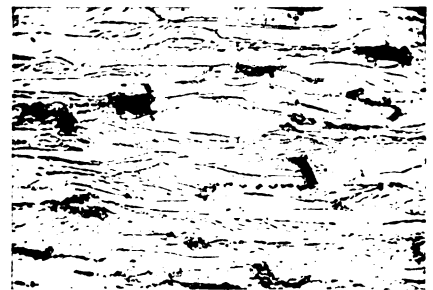


Fig. 9. 3 mm Dicke, 75 v. H. Querschnittverminderung.

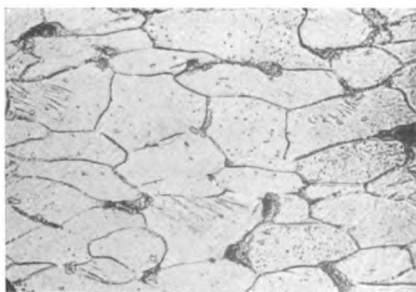


Fig. 8. 9 mm Dicke, 25 v. H. Querschnittverminderung.



Fig. 10. 0,5 mm Dicke, 96 v. H. Querschnittverminderung.

Fig. 7–10. Gefüge von kaltgewalztem Flußeisen.

baues. Die mit steigenden Graden der Bearbeitung immer stärker werdende Streckung der Krystallkörner in der Bearbeitungsrichtung (Fig. 7–10), die nach mikroskopischem und röntgenographischem Befund mit einer krystallographischen Gleichrichtung der einzelnen Krystallite verknüpft ist, ist aber nur bei verhältnismäßig tiefen Temperaturen beständig. Bei Erwärmung über eine Temperatur, deren Höhe von der Art des Metalles und dem Grade der vorausgegangenen Kaltreckung abhängig ist, tritt unter mehr oder weniger vollständiger Wiederkehr der ursprünglichen Festigkeitseigenschaften eine Neubildung des polygonalen Gefüges ein; das Metall „rekristallisiert“. Die Eigenschaften sind hiernach offensichtlich mit innerkrystallinen Veränderungen verknüpft; für die Forschung war damit die Aufgabe vorgegeben, den Mechanismus dieser Vorgänge aufzuklären. Die Unübersichtlichkeit der Erscheinungen im vielkrystallinen Haufwerk des technischen Metalles infolge der gegenseitigen Störungen der Vorgänge in den einzelnen benachbarten Krystalliten veranlaßten ein sorgfältiges Studium an Einkrystallproben, die man nach verschiedenen Verfahren zum Teil in recht beträchtlichen Abmessungen herzustellen gelernt hat. Dieser Weg bot zugleich den Vorteil, daß man die bereits bekannten Gesetze der Verschiebungen in Krystallen, die in der Krystallographie schon sorgfältig entwickelt waren, auf diese Vorgänge übertragen konnte. Wir dürfen auf Grund dieser Untersuchungen die Deformationsvorgänge und die dadurch bedingten Änderungen der mechanischen Eigenschaften in metallischen Einkrystallen heute als im wesentlichen geklärt ansprechen. Damit ist gleichzeitig der Weg in umgekehrter Richtung zurück zum vielkrystallinen Haufwerk vorbereitet, wie es im technischen Metall fast ausnahmslos vorliegt. Zu neuen und wertvollen Erkenntnissen hat dabei die bereits erwähnte Anwendung röntgenographischer Untersuchungsverfahren geführt, mit deren Hilfe die Erhaltung des Raumgitters auch bei den stärksten Verformungen unter Drehung der Raumgitterelemente in ganz bestimmte, durch die Symmetrieverhältnisse des Raumgitters bedingte Lagen zu den Hauptverformungsrichtungen erkannt worden ist (Fig. 11 und 12). Dem eingehenden Studium dieser Deformationsstrukturen verdanken wir es, daß wir heute auch die schwierig zu übersehenden Vorgänge im Krystallitenhaufwerk schon weitgehend zu deuten vermögen. Es sei aber darauf hingewiesen, daß mit der Klärung der Kaltverfestigung alle mit der Kaltbearbeitung der Metalle zusammenhängenden Fragen noch nicht als gelöst zu betrachten sind, daß vielmehr die Fragen der Änderung der elektrischen, magnetischen und optischen Eigenschaften sowie des elektrochemischen und thermoelektrischen Potentials noch als ungelöst gelten müssen.

Erfolgt die Verformung oberhalb der Rekristallisationstemperatur, wie es für Kupfer und

Eisen beim Warmwalzen, -pressen oder -schmieden der Fall ist, — bei einigen Metallen, z. B. Blei und Zinn liegt die Rekristallisationstemperatur unter Raumtemperatur —, so fallen die soeben als Kennzeichen der Kaltverformung behandelten Erscheinungen fort. Das Metall ist vollkommen plastisch und verhält sich ähnlich einer viskosen Flüssigkeit. Bei dieser geänderten Fragestellung drängt sich auch eine andere wissenschaftliche Behandlung des Problems auf. Ansätze, die in ihren Grundlagen der Hydrodynamik entlehnt sind, versprechen eine erfolgreiche Bearbeitung. So sehen wir, daß nur eine innige Mitarbeit der physikalischen Forschung Aussicht auf eine wissenschaftliche Lösung des technisch so außerordentlich bedeutungsvollen Problems der mechanischen Metallverarbeitung verspricht.

Dem Studium der Kaltverformung der Metalle und der dabei auftretenden Festigkeitsänderungen



Fig. 11. Geglüht.



Fig. 12. Kalt gezogen.

Fig. 11 und 12. DEBYE-SCHERRER-Aufnahmen von Eisen.

ist neben den theoretischen Aufschlüssen über den Feinbau und den damit gewonnenen Grundlagen für eine Mechanik der weiterverarbeitenden Prozesse noch eine besondere Bedeutung beizumessen, weil bei der mechanischen Werkstoffprüfung, wie sie in der Technik üblich ist, fast ausnahmslos Eigenschaftswerte des Metalles im Zustande hoher plastischer Verformung bestimmt werden. Diese Größen, z. B. die Zugfestigkeit, die Härte, die Kerbzähigkeit, entbehren zum großen Teil einer exakten physikalischen Begriffsbestimmung. Die Metallforschung muß danach streben, an die Stelle dieser komplexen und unbefriedigend definierten Eigenschaften zur Kennzeichnung der metallischen Werkstoffe Materialkonstanten im eigentlichen Sinne treten zu lassen. Hier ist noch ein sehr weiter Weg zurückzulegen und die besonders in den letzten Jahren verschiedentlich gemachten Ansätze, die technischen Prüfverfahren sorgfältig zu analysieren, können nur als ein erster Schritt auf dem Wege gelten, das Verhalten und die Eigenschaften der Werkstoffe auf fundamentale Werkstoffgrößen zurückzuführen. Vielleicht stehen der

Erreichung dieses Zieles überhaupt unüberwindliche Hindernisse entgegen, vermag man doch die im Versuch ermittelte technische Kohäsion mit der aus der Oberflächenenergie in der Bruchfläche um Zehnerpotenzen höher berechneten molekularen Kohäsion nur unter besonderen Annahmen in Einklang zu bringen.

Ehe die Brücke von den Eigenschaftswerten, die im normalen technologischen Prüfgang bestimmt werden, zu physikalisch klar definierten Werten nicht geschlagen ist, wird die Metallforschung nicht umhin können, sich jener mangelhaft definierten Eigenschaften, z. B. der Zugfestigkeit, wegen ihrer einfachen Bestimmungsweise und ihrer allgemeinen Verwendung als Gütevergleichsmaßstab nach wie vor zu bedienen, wenn es sich z. B. darum handelt, das Verhalten des Werkstoffes in Abhängigkeit von irgendwelchen

meist ein Gemenge verschiedener, zum Teil deutlich kristalliner Bestandteile darstellen, setzten Versuche einer näheren Bestimmung derselben und zwar zunächst auf rein chemischer Grundlage ein. Ausgehend von der verschiedenen Lösungsgeschwindigkeit der einzelnen Bestandteile der Legierung in chemischen Agenzien, entwickelte sich die „Rückstandsanalyse“, die aber wegen der unvollkommenen Isolierung der einzelnen Teile zu manchen Irrtümern Anlaß gegeben hat.

Neue Wege der Konstitutionserforschung der Legierungen wurden erschlossen, als die physikalische Chemie beim Studium der Salzhydrate Verfahren zur Festlegung der Gleichgewichtstemperaturen zwischen kristallisiertem Salz und gesättigter Lösung entwickelte und daraus auf dem gesicherten Boden der Thermodynamik die Gesetze des heterogenen Gleichgewichtes für Zwei- und Mehr-

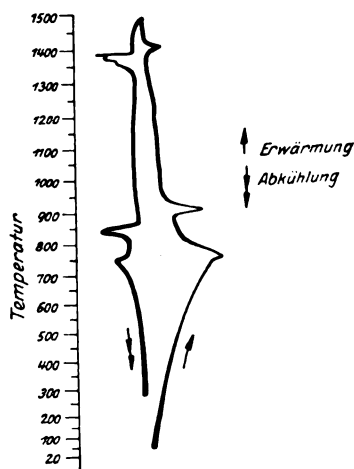


Fig. 13. Temperaturdifferenzkurve (ROBERTS-AUSTEN) Elektrolyteisen.

äußeren (Versuchstemperatur, Versuchsgeschwindigkeit) oder inneren Veränderungen (chemische Zusammensetzung, Gefügebau, Korngröße) zu verfolgen. Vergessen werden darf nur nie, daß die Zugfestigkeit von einer ganzen Reihe im einzelnen heute noch nicht klar erkannten fundamentalen Werkstoffkonstanten abhängig sein wird. Durch die Überdeckung der Veränderungen der einzelnen grundlegenden Eigenschaften mit den in der Versuchsreihe wechselnden Bedingungen kann sich ein recht verwickelter und schwer zu deutendes Bild ergeben.

Die Erforschung der Konstitution der *Metalllegierungen* hat ihren Ausgang von der Ermittlung der chemischen Zusammensetzung genommen. Die Auffassungen über deren Aufbau waren bis vor wenigen Jahrzehnten recht verschwommen und gingen zum Teil weit auseinander. Sobald man aber erkannte, das die Legierungen keineswegs homogene Mischungen der an ihrem Aufbau beteiligten Elemente sind, daß dieselben vielmehr

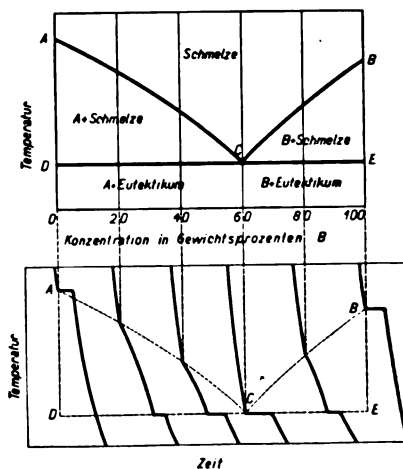


Fig. 14. Binäres Zustandsdiagramm.

stoffsysteme abgeleitet hatte. Diese galt es auf die Untersuchung der Metallegierungen zu übertragen und zur Erforschung des gegenseitigen Verhaltens der Legierungskomponenten zu verwerten. Die auf den Erwärmungs- und Abkühlungskurven der metallischen Schmelzen auftretenden thermischen Effekte (Fig. 13), die jeweils bestimmten Zustandsänderungen in der betreffenden Legierung entsprechen, ordnen sich zu den Gleichgewichtslinien des Legierungssystems im Konzentrations-Temperaturdiagramm zusammen (Fig. 14). Aus diesen Zustandsdiagrammen können nicht nur für jede einzelne Mischung der Komponenten die Veränderungen abgelesen werden, denen sie bei der Abkühlung aus der Schmelze unterliegt, sondern es kann daraus auch entnommen werden, aus welchen Krystallarten die völlig erstarrte Legierung aufgebaut ist und bei welchen Temperaturen und in welcher Weise sich diese Krystallarten gebildet haben.

Hand in Hand mit dieser „thermischen Analyse“ läuft die mikroskopische Gefügeuntersuchung.

Durch die Vereinigung dieser beiden Untersuchungsverfahren ist für eine sehr große Reihe von binären und zum Teil auch ternären und quaternären Legierungen eine befriedigende und widerspruchsfreie Deutung der Konstitution gelungen. In den letzten Jahren sind in einigen Fällen auch röntgenanalytische Verfahren der Konstitutionsforschung von Legierungen dienstbar gemacht worden. Diese gestatten zuverlässig die verschiedenen in einer Legierungsreihe auftretenden kristallisierten Bestandteile zu kennzeichnen und vermögen so in schwierigen Fällen wertvolle Beiträge zur Festlegung der Zustandsdiagramme zu geben.

In zahlreichen und zwar gerade in technisch besonders wichtigen Fällen erleidet der Gefügeaufbau des völlig erstarrten Metalles nachträglich einschneidende Wandlungen. Die Erforschung dieser Reaktionen im festen Zustande gehört zu den reizvollsten und fruchtbarsten Aufgaben der Metallforschung. Seit mehr als 100 Jahren ist der

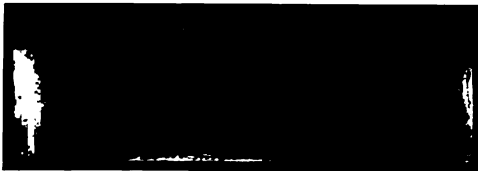


Fig. 15. α -(β -, δ -)Eisen.

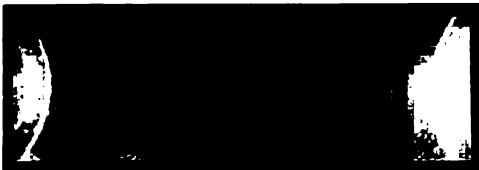


Fig. 16. γ -Eisen.

Fig. 15 und 16. Röntgenbeugungsbilder, aufgenommen nach dem DEBYE-SCHERRER-Verfahren.

Polymorphismus, das Auftreten eines Stoffes in mehreren Krystallarten, dem Krystallographen als weit verbreitete Erscheinung bekannt geworden. Auch bei einer Reihe von Metallen erfolgen bei bestimmten Temperaturen polymorphe Umwandlungen, bei denen eine Umkrystallisation stattfindet. Vielfach sind dieselben mit tiefgreifenden Änderungen der Eigenschaften verbunden. Ob dabei lediglich ein Wechsel der Atomanordnung im Raumgitter, eine Atomumlagerung, wie sie die Röntgenanalyse erweist (Fig. 15 und 16), erfolgt, oder ob auch der Atombau eine Änderung erfährt, eine Atomumformung stattfindet, muß die weitere Untersuchung lehren. In der Umwandlung von weißem zu grauem Zinn liegt ein Fall der polymorphen Umwandlung eines reinen Metalles vor, dessen praktische Wichtigkeit daraus hervorgeht, daß infolge der dabei eintretenden Volumenänderung eine vollständige Zerstörung zinnerner Gegenstände erfolgen kann (Zinnpest; Fig. 17). Die polymorphe Umwandlung von tech-

nisch größter Bedeutung liegt aber ohne Zweifel beim Eisen vor. Dessen polymorphe Formen unterscheiden sich in ihrem Lösungsvermögen für Kohlenstoff: während der oberhalb 900° stabile kubisch-flächenzentrierte γ -Eisenkrystall bis zu 1,7% Kohlenstoff zu lösen vermag, besitzt das raumzentrierte α -Eisen kein Lösungsvermögen für Kohlenstoff. Bei der Abkühlung des kohlenstoffhaltigen Eisens, des Stahles, scheidet sich daher bei der γ/α -Umwandlung der gelöste Kohlenstoff aus, und zwar als Carbid in Form von Zementit. Auf diesen Entmischungserscheinungen, richtiger gesprochen, auf deren mehr oder weniger vollständiger Unterdrückung durch schnelle Abkühlung, beruht das Härtungsvermögen des Stahles, dem derselbe in erster Linie seine überragende technische Bedeutung verdankt.



Fig. 17. Zerstörungen an einer alten Zinnmünze (Zinnpest).

Erst die Klärung der Konstitution der Legierungen, wie sie auf Grund der gewonnenen Zustandsdiagramme möglich ist, hat die Voraussetzungen für eine planmäßige Untersuchung der physikalischen Eigenschaften in Abhängigkeit von der chemischen Zusammensetzung geschaffen. Dabei haben sich wichtige, allgemein gültige Gesetze ergeben. So ändern sich in binären Legierungsreihen, die aus 2 Krystallarten aufgebaut sind, die Eigenschaften linear mit der Zusammensetzung, während in homogenen Mischkrystallreihen die Änderung stets nach einer Kurve, einer Kettenlinie, erfolgt (Fig. 18). Dabei bedingen in der Regel die ersten kleinen Zusätze zum reinen Metall oder zu einer Verbindung besonders starke Änderungen. Die Bedeutung des möglichst hohen Reinheitsgrades des Kupfers und des Aluminiums für die elektrische Leitfähigkeit und damit für die Verwendung zu elektrischen Kabeln usw., ist dadurch ohne weiteres klar.

Als ein Beispiel von großer wirtschaftlicher Bedeutung, das andererseits den Vorteil zweckmäßiger

Legierung klar erkennen läßt, sei auf die Verwendung des „legierten Bleches“ mit einem Sili- ciumgehalt von etwa 4% als Ersatz für die bis zum Anfang des Jahrhunderts ausschließlich ver- wandten unlegierten Flußeisenbleche für die Zwecke des Transformatoren- und Dynamobaus verwiesen, wodurch eine sehr starke Erniedrigung der Wattverluste in den Eisenkernen erreicht wird.

Diese wenigen Angaben über die zuweilen äußerst tief greifenden Änderungen in den Eigen- schaften der reinen Metalle durch Legierungs- zusätze und die damit gegebenen Möglichkeiten zur Erreichung bestimmter technisch besonders wertvoller Eigenschaften dürften hinreichen, um deren grundlegende Bedeutung für die Entwicklung der Legierungskunst und damit der ganzen Metall- industrie hervortreten zu lassen.

Schließlich sei noch eine Aufgabengruppe ge- nannt, die in ihrer technischen und wirtschaftlichen

zeichnen und den Einfluß der Art, der Konzen- tration und der Temperatur des angreifenden Agens auf der einen Seite und der Zusammensetzung und des Gefügeaufbaues des Metalles infolge verschie- denartiger thermischer und mechanischer Vor- behandlung auf der anderen Seite klarzustellen.

Haben sich die bisherigen Ausführungen auf Fragen der wissenschaftlichen Metallkunde, auf die Erforschung der Eigenschaften und der Ver- arbeitungsvorgänge des metallischen Werkstoffes bezogen, so sollen nunmehr noch einige Fragen der Metallerzeugungsprozesse gestreift werden, um zu kennzeichnen, daß auch auf diesem nicht minder bedeutsamen Gebiete der wissenschaftlichen Metall- forschung eine innige Verknüpfung der Probleme der metallurgischen Chemie mit denen der physikalischen Chemie und teilweise auch der Physik vorliegt.

Die metallurgischen Vorgänge, die sich bei den heute gebräuchlichen Erzeugungsverfahren der Metalle, z. B. bei der Roheisengewinnung im Hoch- ofen und den verschiedenen Frischverfahren zur Stahlerzeugung, abspielen, sind außerordentlich verwickelt. Stets überdecken sich dabei eine Reihe von Reaktionen, die in ihrem Ablauf nicht nur von den äußeren Arbeitsbedingungen abhängig sind, sondern sich auch in ihrem Verlauf gegenseitig beeinflussen. Bei dieser Unübersichtlichkeit des Gesamtvorganges ist es klar, daß der Weg der plan- mäßigen wissenschaftlichen Erforschung der tech- nischen Metallgewinnungsverfahren nur über das Studium der einzelnen Grundreaktionen führen kann. Bei diesen Reaktionen handelt es sich durch- weg um umkehrbare Vorgänge, die zu chemischen Gleichgewichten führen. Erst nachdem die physikalische Chemie in den letzten Jahrzehnten die chemische Gleichgewichtslehre zur Entwicklung gebracht hatte, war der Weg zu einer gründlichen und planmäßigen experimentellen Durchforschung und einer widerspruchsfreien Deutung der Ver- suchsergebnisse geebnet.

Liegen auch bereits eine ganze Reihe wertvoller Ergebnisse in dieser Richtung vor, so sind wir doch noch sehr weit entfernt, die Gesamtheit der metallurgischen Prozesse zur Erzeugung der metal- lischen Werkstoffe aus den in der Natur gegebenen Rohstoffen in ihrer Abhängigkeit von allen in Frage kommenden Faktoren zu übersehen. Aber erst eine gründliche Kenntnis der metallurgischen Chemie wird uns in den Stand setzen, für die Metall- gewinnung mit Bestimmtheit den Weg angeben zu können, auf dem bei größter Wirtschaftlichkeit ein Höchstmaß an Reinheit und Güte des Erzeug- nisses erzielt werden kann. Bei der Bedeutung dieser Aufgabe ist es eine gebieterische Notwendig- keit, daß alle Hilfsmittel der Forschung der Auf- klärung dieser Prozesse nutzbar gemacht werden. Daß in diesem Rahmen neben der Chemie und der physikalischen Chemie auch der physikalischen Forschung besonders wichtige Aufgaben harren, soll kurz skizziert werden.

Für bestimmte äußere Bedingungen, Druck

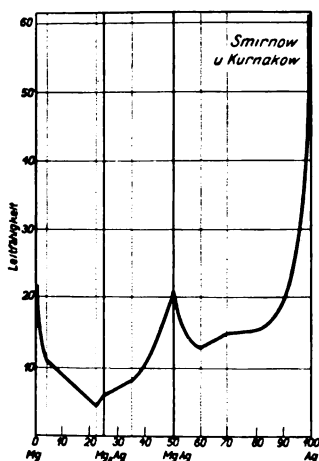


Fig. 18. Elektrisches Leitvermögen von Silber-Ma- gnesium-Legierungen.

Tragweite in allererster Reihe steht, die Korrosions- verhütung. Wenn wir bedenken, welche ungeheueren Mengen an Eisen und Stahl, in jüngerer Zeit auch an Aluminiumerzeugnissen infolge von korrodierenden Einflüssen der verschiedenartigen flüssigen oder gasförmigen Agentien, mit denen sie im praktischen Betriebe in Berührung kommen, unbrauchbar werden, so bedarf es keiner ausdrück- lichen Erläuterungen, um die Verhütung bzw. Her- abminderung dieser Verluste durch Schaffung korrosionsbeständiger Legierungen bzw. durch Verbesserung des Schutzes des Metalles gegen die angreifenden Wirkungen als eine dringliche Auf- gabe der Metallforschung zu kennzeichnen. Große Aufgaben harren hier noch der Lösung, die nur in enger Zusammenarbeit des Metallfachmannes mit dem Elektrochemiker gelöst werden können. Das Ziel muß sein, den Auflösungsvorgang des Metalles durch Messung der Lösungsgeschwindigkeit und des elektrochemischen Potentials exakt zu kenn-

und Temperatur, wird das Gleichgewicht, dem eine chemische Umsetzung zustrebt, geregelt durch die Konstante des Massenwirkungsgesetzes, die sich als Quotient der Produkte der molekularen Konzentration der bei der Reaktion verschwindenden und entstehenden Molekülararten berechnet. Die physikalische Chemie hat aber aufbauend auf den Hauptsätzen der Thermodynamik auch die Gesetze der Verschiebung des Gleichgewichtes mit der Temperatur, d. h. der Temperaturabhängigkeit der Massenwirkungskonstanten entwickelt. Bestimmend für deren Änderung mit der Temperatur ist die Größe der bei der Reaktion auftretenden Wärmetönung. Für die Temperaturabhängigkeit der Reaktionswärme ist nun, wiederum auf der Grundlage der allgemeinen Thermodynamik die Gesetzmäßigkeit abgeleitet worden, daß dieselbe bestimmt wird durch die Molekularwärme der an der Umsetzung teilnehmenden Stoffe; sie ist proportional deren Differenz für die verschwindenden und sich bildenden Molekülararten bei der Reaktionstemperatur. Die Kenntnis der Reaktionswärme und des Temperaturverlaufes der spezifischen Wärme der an der Reaktion beteiligten Stoffe ist also erforderlich, um die Massenwirkungskonstanten in ihrer Temperaturabhängigkeit festzulegen. Somit ist das Studium der metallurgischen Reaktion auf die Bestimmung von Reaktionswärmen und spezifischen Wärmen zurückgeführt. Noch sind wir weit entfernt, auf diesem Wege ein Gesamtbild der metallurgischen Vorgänge entwerfen zu können, da die genannten physikalisch-thermischen Daten auch für die einfachsten metallurgischen Grundreaktionen bisher nur sehr unvollständig und zum Teil auch noch nicht mit ausreichender Genauigkeit bestimmt worden sind. Hier bietet sich der experimentellen physikalischen Forschung noch ein weites Feld, dessen Bearbeitung für die theoretische Behandlung der metallurgischen Chemie eine notwendige Vorbedingung ist.

Es soll hier aber nicht unterlassen werden, auf die Schwierigkeiten hinzuweisen, die sich der theoretischen Behandlung der technisch-metallur-

gischen Prozesse dadurch entgegenstellen, daß in zahlreichen Fällen die Bedingungen für die Einstellung des chemischen Gleichgewichtes sehr ungünstig sind, besonders in den Fällen, in denen sich die Umsetzungen zwischen mehreren Phasen, z. B. zwischen Gasphase und Metallbad oder zwischen letzterem und der darauf befindlichen Schlackenschicht abspielen.

Die im vorstehenden angeführten Beispiele sollen genügen, um die engen Beziehungen zwischen den Problemen der wissenschaftlichen Metallforschung und anderen Gebieten der Naturwissenschaft deutlich zu belegen. Chemie und Physik, in besonders starkem Maße die physikalische Chemie, dazu die physikalische Kristallographie sind die Wissensgebiete, aus denen die Metallforschung in erster Linie ihre Anregungen und ihre Hilfsmittel zieht. In ihrer Bedeutung für die Gütesteigerung der Erzeugnisse und für die vorteilhafteste Führung der Erzeugungs- und Verarbeitungsgänge stellt sie ein Anwendungsgebiet der Ergebnisse aus jenen Forschungsgebieten von ganz besonderer wirtschaftlicher Tragweite dar. Die ausdrücklich zur Mitwirkung berufenen metall- und eisenhüttenmännischen Hochschulinstitute, Forschungsinstitute und Versuchsversuchsanstalten reichen nicht aus, das große und vielseitige Arbeitsfeld mit ausreichender Gründlichkeit und Vollständigkeit zu beackern. Möge die wissenschaftliche Metallforschung, die sich bereits heute infolge des in ihren vielseitigen Problemen liegenden Reizes der Mitarbeit zahlreicher Forscher aus den genannten Wissensgebieten erfreut, dieser Förderung in noch weitergehendem Maße teilhaftig werden, indem in immer größeren Kreisen die Notwendigkeit erkannt wird, die metallherzeugende und -verarbeitende Industrie, als einen der wichtigsten Zweige unserer nationalen Wirtschaft in ihrem schweren Wettkampfe gegen eine mit allen Hilfsmitteln technischer und wissenschaftlicher Art ausgestattete Konkurrenz des Auslandes zu stärken und ihr unter voller Ausnutzung der Quellen deutschen Wissens und Forschens eine führende Stellung zu sichern!

Neuere Arbeiten über die Streuung der α -Strahlen und den Aufbau der Atomkerne.

Zusammenfassender Bericht.

Von LISE MEITNER, Berlin-Dahlem.

Nach der modernen Atomtheorie besteht jedes Atom aus dem positiv geladenen Atomkern, der in sehr kleinen Dimensionen (Durchmesser in der Größenordnung von 1 Billionstel = 10^{-12} cm) fast die gesamte Masse des Atoms trägt, und dessen positive Ladung Z die Ordnungszahl des betreffenden Elements im periodischen System angibt. Um den Kern sind in verschiedenen Bahnen ebensoviel Elektronen angeordnet als der Kern freie positive Ladungen besitzt, und der größte Radius dieser Bahnen entspricht der gaskinetischen Größe der Atome von 10^{-7} bis

10^{-8} cm. Der Kern selbst ist ein sehr kompliziertes Gebilde aus Wasserstoffkernen und Elektronen. Da jedem Wasserstoffkern die Masse 1 und die positive Ladung 1 zukommt, so ist die Anzahl der vorhandenen Wasserstoffkerne oder Protonen gleich dem Atomgewicht A des betreffenden Atoms. Wären keine (negativen) Elektronen im Kern eingebaut, so würde auch die Ordnungszahl immer gleich dem Atomgewicht sein, so aber bestimmt die Anzahl der im Kern gebundenen Elektronen die Differenz zwischen Atomgewicht und Kernladung $A - Z$. Z. B. besitzt Gold, das das

Atomgewicht 197 und die Ordnungszahl 79 hat, einen Kern, der sich aus 197 Wasserstoffkernen und $197 - 79 = 118$ Elektronen aufbaut.

Man muß streng unterscheiden zwischen den äußeren Elektronen, die sich um den Kern bewegen, und den im Kern gebundenen Kernelektronen. Alle chemischen und die meisten physikalischen Erscheinungen spielen sich nur in der äußeren Elektronenhülle ab, während z. B. die radioaktiven Zerfallserscheinungen Kernprozesse sind. Die den Kern aufbauenden positiven und negativen Elementarteilchen erzeugen natürlich im Kern und in der Umgebung des Kerns starke Kraftfelder, und wenn es gelingt, Prozesse, die sich innerhalb dieser Kraftfelder abspielen, zu untersuchen, so kann man dadurch der schwierigen Frage nach dem Aufbau der Atomkerne etwas näher kommen. Solche innerhalb der Kernfelder verlaufenden Vorgänge kennt man nun tatsächlich in der Ablenkung der α -Strahlen oder richtiger α -Teilchen beim Zusammenstoß mit Atomkernen. Die α -Strahlen sind ja nichts anderes als schnell

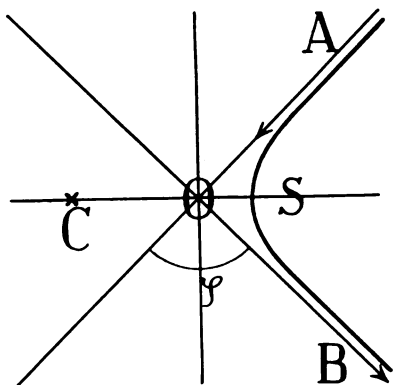


Fig. 1. Ablenkung der α -Strahlen.

bewegte Heliumkerne. Wenn sie durch Materie hindurchlaufen, werden sie im allgemeinen nur mit den äußeren Elektronen der Atome zusammenstoßen und dabei nur Geschwindigkeitsverluste, aber keinerlei merkbare Richtungsänderung erfahren, so daß sie ganz geradlinige Bahnen aufweisen. In ganz seltenen Fällen können sie aber durch die äußere Elektronenhülle hindurch an den Atomkern herankommen, und wegen der starken vom Atomkern ausgeübten Kräfte werden sie nun aus ihrer Bahn herausgeworfen und erfahren eine große Ablenkung aus ihrer ursprünglichen Bewegungsrichtung. Daß der Atomkern so starke Kräfte ausüben vermag, ist einerseits durch die Größe seiner Masse und Ladung, andererseits durch die Kleinheit seiner Dimensionen bedingt. Das α -Teilchen selbst besitzt als Heliumkern die Masse 4 und die Ladung 2, und da alle Atomkerne eine resultierende positive Ladung haben, so wird das einem Atomkern sich nähernde α -Teilchen eine Abstoßung erleiden. Betrachten wir nun einmal den Fall, daß ein α -Teilchen gegen ein

schweres Atom, etwa ein Goldatom anläuft, wobei der Einfachheit halber sowohl das α -Teilchen als das Goldatom als elastische Kugeln angenommen seien. Würden keinerlei elektrische Kräfte wirken, so würde das α -Teilchen beim Auftreffen auf das schwere Goldatom einfach wie ein gegen eine Wand geworfener Ball reflektiert werden.

Befindet sich in C das schwere Atom mit seinem bis O reichenden, undurchdringbaren Wirkungsbereich, und bewegt sich das α -Teilchen ursprünglich in der Richtung AO, so würde es nach dem Stoß das Atom in der Richtung OB verlassen. Wegen der abstoßenden elektrischen Kräfte bewegt es sich auf der Kurve mit dem Scheitel S, und die kleinste Entfernung, in die es an das gestoßene Atom herankommen kann, ist durch die Strecke CS gegeben. Die Form der Kurve, die das α -Teilchen beschreibt, hängt von der Art des zwischen α -Teilchen und Atomkern wirkenden Kraftgesetzes ab und ebenso wird dadurch bestimmt, wie häufig eine Ablenkung gerade um den Winkel φ erfolgt, d. h. welcher Bruchteil von einfallenden α -Strahlen um den Winkel φ aus seiner ursprünglichen Bahn abgelenkt wird. RUTHERFORD, der ja eben aus diesen von GEIGER beobachteten großen Ablenkungen der α -Strahlen zu der Aufstellung des modernen Atommodells gelangt war, hat auch die Theorie dieses Vorgangs entwickelt. Er ist von ganz einfachen Annahmen ausgegangen, die sich kurz folgendermaßen zusammenfassen lassen. Es sollen bei Zusammenstößen zwischen α -Teilchen und Atomkernen die Gesetze des elastischen Stoßes, also der Energiesatz und der Schwerpunktsatz gelten. Hat der getroffene Atomkern eine sehr viel größere Masse als das α -Teilchen, so wird er beim Zusammenstoß keine merkbare Energie übertragen bekommen, analog dem Fall, daß ein gegen eine Wand geworfener Ball an diese keine Energie abgibt. Stößt dagegen das α -Teilchen gegen den Kern eines leichten Atoms wie z. B. Sauerstoff oder Kohle, so wird dieser beim Stoß eine dem Energie- und Schwerpunktsatz entsprechende Geschwindigkeit und Energie erhalten. Ein solcher mit Geschwindigkeit begabter Sauerstoffkern übt dann dieselben ionisierenden Wirkungen aus wie ein α -Teilchen und ist daher auch nach denselben Methoden, also etwa mittels der Szintillationsmethode oder der WILSONSchen Nebelmethode nachweisbar. Indem man die Geschwindigkeit mißt, die ein durch den Zusammenstoß mit einem α -Teilchen in Bewegung gesetzter Atomkern nach dem Stoß in bestimmter Richtung besitzt, hat man die Möglichkeit zu prüfen, ob die Erhaltungssätze gelten. Derartige Messungen sind auch verschiedentlich vor allem im Cambridger Laboratorium vorgenommen worden und haben ergeben, daß, solange bei diesen Zusammenstößen keine Zertrümmerung des getroffenen Atomkerns stattfindet, stets der Energie- und Impulssatz gewahrt sind.

Die zweite Annahme, die RUTHERFORD bei der theoretischen Behandlung dieses Stoßvor-

ganges zugrunde legte, ist folgende. Sowohl das α -Teilchen als der getroffene Atomkern werden als punktförmige Ladungen betrachtet, die sich nach dem COULOMBSchen Gesetz abstoßen, d. h. ist $2e$ die Ladung des α -Teilchens, Ze die Ladung des getroffenen Atomkerns, r die Entfernung beider, so ist die zwischen ihnen wirkende abstoßende

Kraft gleich $\frac{2Ze^2}{r^2}$. Wie schon erwähnt, kann man,

sobald man das Kraftgesetz kennt, den Bruchteil der α -Teilchen berechnen, der beim Auftreffen von α -Strahlen auf eine bestimmte Substanz unter einem gegebenen Winkel abgelenkt wird. Durch Auszählung dieses Bruchteiles und Vergleich des beobachteten mit dem theoretisch berechneten Wert hat man also die Möglichkeit zu prüfen, ob das zugrunde gelegte Kraftgesetz wirklich für die Wechselwirkung zweier Atomkerne gilt. Nach dem COULOMBSchen Gesetz ergibt sich, daß der Bruchteil der unter dem Winkel φ an einem schweren Element abgelenkten α -Teilchen pro-

portional ist $\frac{4(Ze)^2e^2}{MV^2 \sin^4 \varphi}$, wenn Z wieder die Ordnungszahl des vom α -Teilchen getroffenen Atomkerns, e das elektrische Elementarquantum, M die Masse und V die Geschwindigkeit des α -Teilchens im Moment des Zusammenstoßes bedeutet. Die Theorie gestattet auch, die oben angegebene kleinste Stoßentfernung CS zu berechnen, sie ist durch den Ausdruck gegeben

$CS = \frac{Ze^2}{MV^2} \left(1 + \frac{1}{\sin \varphi} \right)$. Ist die Masse des ablen-

kenden Atomkerns nicht sehr groß gegenüber der Masse M des α -Teilchens, so daß bei einem Zusammenstoß mit dem α -Teilchen der Atomkern eine merkbare Geschwindigkeit erhält, so treten an Stelle der hier angegebenen Formeln etwas kompliziertere. Die wesentlichen Folgerungen lassen sich aber schon aus diesen Formeln ablesen. Z. B. wenn ein α -Teilchen beim Zusammenstoß mit einem Atomkern der Ordnungszahl Z um den Winkel φ abgelenkt wird, wird die kleinste Entfernung, in die α -Teilchen und Atomkerne kommen, umso kleiner sein, je größer die Geschwindigkeit des α -Teilchens und je kleiner die Kernladungszahl des getroffenen Atoms ist. Ferner wird diese Entfernung umso kleiner, je größer der Ablenkungswinkel φ ist. D. h. ein langsames α -Teilchen wird durch den Atomkern eine bestimmte Ablenkung schon in größerer Entfernung erfahren als ein schnelleres, und andererseits wird ein Atomkern mit hoher Ordnungszahl auf ein α -Teilchen schon aus größerer Entfernung die gleiche ablenkende Wirkung ausüben, die ein Atomkern mit kleinerer Kernladung erst in größerer Nähe auszuüben vermag. Man kann leicht einsehen, daß die Stoßentfernung CS eine wichtige Rolle spielen muß für die Gültigkeit des bei der Wechselwirkung zwischen Atomkernen vorausgesetzten Kraftgesetzes. Denn ein aus mehreren positiven und negativen Elementarteilchen aufgebauter Kern kann offenbar nur so lange als Punktladung wirken, als die Ent-

fernung, in der man die Wirkung untersucht, das ist aber gerade die Größe CS , groß ist gegen die Eigendimensionen des Kerns. Solange also das COULOMBSche Gesetz sich für die Ablenkung der α -Strahlen als gültig erweist, muß der Radius der wirksamen Kernladung kleiner sein als CS . Man kann also versuchen, durch Variation der die Größe CS beeinflussenden Faktoren, also durch Variieren des Ablenkungswinkels φ , der Anfangsgeschwindigkeit V des α -Teilchens und der Kernladung der streuenden Substanz Ze , eine Stoßentfernung CS zu erzielen, bei der das COULOMBSche Gesetz sich nicht mehr als gültig erweist. Diese Entfernung CS muß dann von der Größenordnung der Kerndimensionen sein, so daß man hierdurch ein Mittel hat, die Größe der Atomkerne abzuschätzen. Allerdings muß man dabei berücksichtigen, daß sich bei den hier in Rede stehenden Prozessen nur die freie positive Ladung des Kerns geltend macht, nicht aber die Gesamtheit der den Kern aufbauenden positiven Wasserstoffkerne und negativen Elektronen. Es könnte also beispielsweise der Fall sein, daß die freien positiven Teilchen mehr im Innern des Atomkerns liegen, und die Peripherie des Kerns von gegenseitig sich neutralisierenden positiven und negativen Teilchen gebildet wird. In diesem Fall könnte man durch die Ablenkungsversuche nur die Größe des von den freien positiven Ladungen eingenommenen Raumes erhalten, der Gesamtkern würde größer sein. Es wird sich im folgenden zeigen, daß die Beobachtungen tatsächlich für eine solche Konstitution des Kernes sprechen.

Die Versuche, die Gültigkeit des COULOMBSchen Gesetzes für die Wechselwirkung von Atomkernen durch Auszählung der unter verschiedenen Winkeln an verschiedenen Substanzen gestreuten α -Strahlen zu prüfen, sind fast durchwegs von RUTHERFORD und seinen Schülern ausgeführt worden. Die früheste Bestätigung der oben angeführten Formel wurde von GEIGER und MARSDEN¹⁾ für die Streuung von α -Strahlen an Gold und Silber in einem Ablenkungsbereich zwischen $\varphi = 5^\circ$ und $\varphi = 150^\circ$ erbracht. Obwohl diese Versuche noch keine sehr hohe Genauigkeit erreichen konnten, waren sie doch die erste und wichtigste Begründung des RUTHERFORDschen Kernatommodells, das dann durch BOHR in so außerordentlich erfolgreicher Weise ausgebaut worden ist.

Eine sehr weitgehende Meßgenauigkeit erzielte dann CHADWICK²⁾ bei seinen Streuungsmessungen an Kupfer, Silber und Platin. Da die Zahl der unter einem bestimmten Winkel φ gestreuten α -Strahlen, wie die obige Formel zeigt, von der Ordnungszahl Z , der streuenden Substanz abhängt, muß man durch Auszählung der abgelenkten α -Teilchen, wenn das COULOMBSche Gesetz gültig ist, die richtigen Werte für Z erhalten. CHADWICK fand

¹⁾ H. GEIGER und E. MARSDEN, Phil. Mag. 25, 604. 1913.

²⁾ J. CHADWICK, Phil. Mag. 40, 734. 1920.

bei diesen Versuchen an *Cu*, *Ag* und *Pt* für diese Substanzen *Z*-Werte, die mit ihren tatsächlichen Ordnungszahlen 29, 47 und 78 innerhalb der Meßfehler, die knapp 2% betrug, genau übereinstimmten. Allerdings benutzte CHADWICK bei diesen Untersuchungen nur kleine Ablenkungswinkel (bis zu 29°), also große Stoßentfernungen *CS* von etwa 10^{-11} cm, so daß seine Versuche die Gültigkeit des COULOMBSchen Gesetzes zwar für diese Entfernungen der aufeinander einwirkenden Atomkerne beweisen, aber nichts über die Gültigkeitsgrenzen dieses Gesetzes aussagen.

Eine solche Gültigkeitsgrenze ergab sich aber, als CHADWICK und BIELER¹⁾ die Zusammenstöße der α -Strahlen mit Wasserstoffkernen untersuchten, indem sie α -Strahlen durch Wasserstoffverbindungen wie Paraffin hindurchlaufen ließen und jetzt die durch den Zusammenstoß in Bewegung gesetzten Wasserstoffkerne untersuchten. Da der Wasserstoffkern 4 mal leichter ist als das α -Teilchen (Heliumkern), so erhält er beim Zusammenstoß sehr beträchtliche Energie und übt also ebenso ionisierende Wirkungen aus wie das α -Teilchen selbst, ist also durch Szintillationszählungen nachweisbar. Jedem unter einem Winkel φ abgelenkten α -Strahl entspricht ein unter einem bestimmten Winkel ϑ abgelenkter Wasserstoffkern. Man kann also das Wechselwirkungsgesetz zwischen α -Teilchen und Wasserstoffkern auch durch Auszählung der unter einem bestimmten Winkel herausfliegenden Wasserstoffkerne prüfen. CHADWICK und BIELER haben, wie schon erwähnt, solche Untersuchungen ausgeführt und gefunden, daß für große Stoßentfernungen zwischen α - und *H*-Kern beide wie Punktladungen nach dem COULOMBSchen Gesetz aufeinanderwirken. Werden aber α -Teilchen größerer Geschwindigkeit zu den Versuchen verwendet, so daß bei gleichem ablenkenden Winkel die Stoßentfernungen *CS* kleiner wurden, so machte sich mit abnehmenden *CS* eine immer stärker hervortretende Abweichung von den nach dem COULOMBSchen Gesetz zu erwartenden Werten bemerkbar. Beispielsweise wurden für α -Strahlen von $2,02 \cdot 10^9$ cm/sek. Geschwindigkeit und einen Ablenkungswinkel von 30° 100 mal mehr *H*-Kerne beobachtet als nach der Theorie vorhanden sein sollten, während bei einer Geschwindigkeit von $1,43 \cdot 10^9$ cm/sek. der beobachtete Wert nur das Vierfache des theoretischen betrug und bei $0,5 \cdot 10^9$ cm/sek. der beobachtete und der theoretische Wert übereinstimmte. In diesen Untersuchungen findet der Zusammenstoß zwischen einem Heliumkern (α -Teilchen) und einem Wasserstoffkern statt und der Wasserstoffkern besitzt keine Struktur. Die Abweichungen vom COULOMBSchen Gesetz müssen also hier durch den Heliumkern bedingt sein. Die Verff. schließen aus ihren Versuchen, daß der Heliumkern sich wie ein flaches elliptisches Scheibchen verhält mit den Achsen

¹⁾ J. CHADWICK und E. S. BIELER, Phil. Mag. 42, 923. 1921.

4 und $8 \cdot 10^{-13}$ cm, und daß die den Heliumkern aufbauenden 4 Wasserstoffkerne und 2 Elektronen durch Kräfte zusammengehalten sein müssen, die nicht dem einfachen $\frac{1}{r^2}$ Gesetz entsprechen. Doch wird nichts Näheres darüber ausgesagt, welcher Art diese Kräfte sein sollen.

Eine Entscheidung über die Natur dieser in unmittelbarer Kernnähe wirkenden Kräfte wird in einer Arbeit von E. S. BIELER¹⁾ gesucht, die die Streuung der α -Strahlen an Aluminium und Magnesium behandelt. Wieder wird der beobachtete und der theoretische Wert der unter bestimmten Winkeln φ abgelenkten α -Teilchen bei verschiedenen Stoßentfernungen *CS* miteinander verglichen, wobei der Einfluß der Größe *CS* sowohl durch Beobachtung bei verschiedenen großen Ablenkungswinkeln φ als durch Variieren der Anfangsgeschwindigkeit *V* der α -Strahlen geprüft wird. Es zeigt sich auch hier, daß für kleine Werte von φ und *V*, also für große Werte von *CS* Theorie und Beobachtung übereinstimmen, daß dagegen mit wachsenden φ und *V*, also abnehmenden Stoßentfernungen eine immer beträchtlichere Unstimmigkeit zwischen Theorie und Experiment bemerkbar wird und zwar in dem Sinn, daß die Zahl der beobachteten abgelenkten α -Teilchen immer mehr hinter der theoretisch zu erwartenden zurückbleibt. Der Verf. schließt daraus, daß bis zu einer bestimmten Minimalentfernung zwischen α -Teilchen und Aluminium- oder Magnesiumkern COULOMBSche Abstoßungskräfte wirken, daß aber bei noch größerer Annäherung ganz andere Kräfte auftreten. Daß mit großer Annäherung die Zahl der abgelenkten α -Teilchen immer kleiner wird, weist darauf hin, daß die neuauftretenden Zusatzkräfte Anziehungskräfte sind, und der Verf. errechnet, daß er seine Messungen am besten durch eine Anziehungskraft darstellen kann, die sich

proportional mit $\frac{1}{r^4}$ ändert, wobei *r* den jeweiligen Stoßabstand darstellt. Das in der Umgebung eines Atomkernes herrschende Kraftfeld setzt sich dann aus der Wirkung einer mit $\frac{1}{r^4}$ proportionalen

anziehenden und einer mit $\frac{1}{r^2}$ proportionalen abstoßenden Kraft zusammen und kann also dargestellt werden durch einen Ausdruck $-\frac{A}{r^4} + \frac{B}{r^2}$. Man sieht leicht ein, daß für kleine *r* die anziehende Kraft überwiegen muß, für große *r* praktisch nur die abstoßende Kraft wirksam ist, und daß es dazwischen einen Wert *r*₀ gibt, für den die beiden Kräfte einander gerade aufheben, die wirkende Kraft also Null ist. Da der Aluminiumkern aus 27 Wasserstoffkernen und 14 Elektronen aufgebaut ist, also 41 Elementarteilchen enthält, während das α -Teilchen nur aus 4 Wasserstoffkernen und 2 Elektronen besteht, kann man in erster An-

¹⁾ E. S. BIELER, Proc. of the roy. soc. of London, Ser. A, 105. 434. 1924.

näherung das α -Teilchen als Punktladung betrachten und die zu der COULOMBSchen Kraft hinzutretende anziehende Kraft lediglich von der Struktur des Aluminiumkerns herleiten. Von dieser Überlegung ausgehend, definiert BIELER die Größe r_0 , in der sich die anziehende und die abstoßende Kraft gerade das Gleichgewicht halten, als Radius des Aluminiumkerns, und er berechnet ihn aus seinen Messungen zu $3,4 \cdot 10^{-13}$ cm. Jedenfalls ist also bei einer Stoßentfernung von $3,4 \cdot 10^{-13}$ cm die anziehende Kraft gleich der COULOMBSchen, und in einer 10 mal größeren Entfernung (also $3,4 \cdot 10^{-12}$ cm) beträgt daher die anziehende

Kraft nur mehr $\frac{1}{100}$ von der abstoßenden. So erklärt es sich, daß bei schwereren Elementen, bei denen für die größten beobachteten Ablenkungswinkel die Stoßentfernung zwischen Kern und α -Teilchen niemals kleiner als $3 \cdot 10^{-12}$ cm war, immer die Gültigkeit des COULOMBSchen Gesetzes sich bestätigte.

Man wird sich nun naturgemäß die Frage stellen, woher diese in größerer Kernnähe auftretende anziehende Kraft stammt. Sie muß selbstverständlich mit der Struktur des Atomkerns zusammenhängen. BIELER vertritt die Ansicht, daß in der Nähe des Atomkernes nicht nur begreiflicherweise die Annahme, daß der Kern wie eine Punktladung wirkt, fallen gelassen werden muß, sondern daß auch prinzipiell das COULOMBSche Gesetz nicht mehr gelten kann und die hinzutretende anziehende Kraft das Auftreten ganz andersartiger Kräftewirkungen bedeutet. Demgegenüber hat H. PETTERSSON¹⁾ darauf hingewiesen, daß, wenn das positiv geladene α -Teilchen dem aus positiven und negativen Bestandteilen aufgebauten Aluminiumkern sehr nahe kommt, es die negativen Elektronen anziehen, die positiven Protonen abstoßen muß, d. h. es muß die in der allgemeinen Elektrizitätslehre wohl bekannte Erscheinung der elektrischen Influenz oder Polarisierung des Atomkerns eintreten, wobei zu der COULOMBSchen Kraft eine zusätzliche anziehende Polarisationskraft hinzukommt, die nach MAX-

WELL mit $\frac{1}{r^5}$ proportional ist. Nach dieser Auffassung behält das COULOMBSche Gesetz seine allgemeine Gültigkeit, sobald man nur die Einwirkung des positiven α -Teilchens auf die Ladungsverteilung im Atomkern berücksichtigt. Allerdings hat BIELER als Zusatzkraft eine mit $\frac{1}{r^4}$ proportionale gefunden, aber bei der großen Schwierigkeit der Messungen mußte die Frage offen bleiben, ob seine Messungen nicht auch mit der Proportionalität mit $\frac{1}{r^5}$ vereinbar wären, und die Frage war zunächst umso weniger zu entscheiden, als H. PETTERSSON keine genaue Durchrechnung für eine $\frac{1}{r^5}$ Kraft durchführte.

In neuester Zeit ist nun eine Untersuchung von RUTHERFORD und CHADWICK¹⁾ ausgeführt worden, bei der die Meßgenauigkeit nach Möglichkeit bis an die Grenze des derzeit Erreichbaren gebracht worden ist. Die Arbeit beschäftigt sich wieder mit der Prüfung der Gültigkeitsgrenzen des einfachen COULOMBSchen Gesetzes in Abhängigkeit von der Stoßentfernung. Es wird die Zahl n der an verschiedenen Elementen unter 135° bzw. 90° abgelenkten α -Teilchen bestimmt, wenn die Geschwindigkeit V der α -Strahlen von einem großen Wert ausgehend allmählich immer mehr verringert wird, wenn also von kleinen Stoßentfernungen zu größeren übergegangen wird. Nach dem COULOMBSchen Gesetz müßte dabei das Produkt nV^4 für alle Stoßentfernungen denselben Wert haben, also wenn man als Ordinate die nV^4 -Werte für verschiedene Geschwindigkeiten V aufträgt und als Abszisse die zugehörigen Stoßentfernungen, so müßte man eine zur Abszissenachse parallele Gerade erhalten. Die Versuche haben nun ergeben, daß sich die Ablenkungen an schweren Elementen ganz anders verhalten als die an leichten Elementen.

Die Ablenkungsmessungen an Gold, die am genauesten ausgeführt werden konnten, ergaben, daß das COULOMBSche Gesetz in dem ganzen untersuchten Stoßbereich streng gültig ist. Die kleinste dabei erreichte Stoßentfernung war nur mehr um 4% größer als die überhaupt mögliche Minimalentfernung, wie sie bei geradem zentralen Stoß eintreten müßte, und betrug $3,2 \cdot 10^{-12}$ cm. Da ja in das COULOMBSche Gesetz die freie Kernladung Ze eingeht, so beweist seine Gültigkeit, daß die gesamte freie Kernladung des Goldes in einem Kugelraum konzentriert sein muß, dessen Radius kleiner als $3,2 \cdot 10^{-12}$ cm ist. Nun weiß man aber aus radioaktiven Prozessen z. B. aus der Geschwindigkeit der von den radioaktiven Substanzen emittierten α -Strahlen, daß der Gesamtkern der schweren Elemente sehr wahrscheinlich nicht kleinere Dimensionen haben kann als einem Radius von etwa $7 \cdot 10^{-12}$ cm entspricht. Um in Übereinstimmung mit dem an Gold erhaltenen Resultat zu bleiben, muß man annehmen, daß bei den schweren Kernen, die nicht durch Elektronen neutralisierten positiven Kernbestandteile (deren positive Ladung also die Ordnungszahl bestimmt) im Innern des Kerns innerhalb eines Radius von weniger als $3 \cdot 10^{-12}$ cm konzentriert sind und daß um diese herum die übrigen negativen und positiven Bestandteile in Form von elektrisch neutralen Dubletts angeordnet sind, etwa ein aus einem Wasserstoffkern und einem Elektron, oder aus einem Heliumkern und zwei Elektronen gebildetes Dublett. Der Abstand der positiven und negativen Ladungen in diesen Dubletts muß so klein sein, daß sie in den in Betracht kommenden Stoßentfernungen von 10^{-12} cm wie neutrale Gebilde wirken. Dazu genügt aber ein gegen-

¹⁾ E. RUTHERFORD und J. CHADWICK, Phil. Mag. 50, 889. 1925.

¹⁾ H. PETTERSSON, Wien. Ber. IIa 133. 1924.

seitiger Abstand von der Größenordnung von 10^{-13} cm, weil die von solchen elektrischen Dubletts ausgehenden Kräfte sehr rasch mit der Entfernung abnehmen. Diese Folgerungen von RUTHERFORD und CHADWICK finden eine gute Stütze in den radioaktiven Umwandlungsprozessen, bei denen stets 2 β -Strahlenemissionen an eine α -Strahlenemission geknüpft erscheinen, woraus schon früher auf das Vorhandensein neutraler Komplexe in den Atomkernen geschlossen worden war¹⁾.

Ganz andere Resultate erhielten RUTHERFORD und CHADWICK bei den Streuungsmessungen an leichten Elementen wie Aluminium und Magnesium. Die beobachteten Werte für das Produkt nV^4 waren durchaus nicht konstant, sondern zeigten eine sehr erhebliche Abhängigkeit von der zugehörigen Stoßentfernung, wie sie aus der für Aluminium konstruierten Figur 2 deutlich hervorgeht. Immer lagen die beobachteten Werte unterhalb der theoretisch berechneten. Beim Übergang von kleineren zu größeren Stoßdistanzen trat zunächst eine Abnahme des Wertes nV^4 ein,

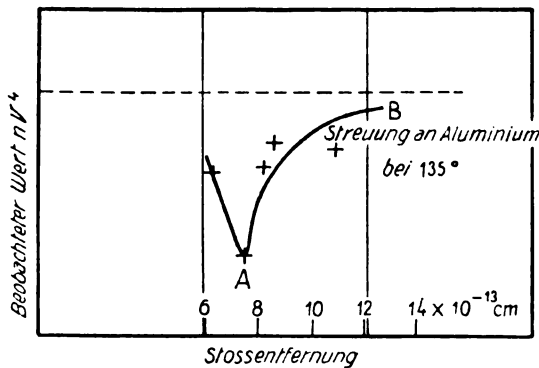


Fig. 2. Streuung von α -Strahlen an Aluminium.

erreichte bei einer bestimmten Entfernung ein Minimum und näherte sich dann mit wachsender Stoßentfernung allmählich dem theoretisch gegebenen Wert. Wie die Kurve erkennen läßt, tritt das Minimum bei etwa $7 \cdot 10^{-13}$ cm Stoßentfernung ein. Das wesentliche ist, daß in Übereinstimmung mit den früheren Versuchen von BIELER bei leichten Elementen, wo die Stoßentfernungen für gleiche Winkelablenkungen erheblich kleiner sind als bei der Streuung der α -Strahlen an schweren Elementen, das COULOMBSche Gesetz nicht ausreicht, die Beobachtungen wiederzugeben. Die von RUTHERFORD und CHADWICK erhaltenen Abweichungen liegen wieder in dem Sinn, daß man neben der COULOMBSchen Abstoßungskraft anziehende Zusatzkräfte annehmen muß. RUTHERFORD und CHADWICK versuchen, diese Zusatzkräfte aus dem schon für die schweren Elemente angenommenen neutralen Dubletts, die die mehr peripheren Schalen des Atomkerns bilden sollen, zu gewinnen. Die kleinsten Stoßentfernungen bei der Streuung der α -Strahlen an leichten Elementen

kommen ja, wie die obigen Zahlen zeigen, schon in die Größenordnung von 10^{-13} cm, also in die Größenordnung der für die neutralen Dubletts angenommenen Abstände ihrer positiven und negativen Ladungen. Infolgedessen können bei derartigen Stoßentfernungen die Dubletts nicht mehr als elektrisch neutral betrachtet werden, und das α -Teilchen wird beim Zusammenstoß mit dem Atomkern nicht nur dem von den freien positiven Ladungen ausgeübten einfachen COULOMBSchen Kraftfeld, sondern auch den von den elektrischen Dubletts ausgeübten Kräften ausgesetzt sein. Denkt man sich rein schematisch diese Dubletts so angeordnet, daß eine bestimmte Zahl negativer Ladungen auf einer Kugelschale um den inneren Kern angeordnet ist, und diese negativ geladene Kugelschale im Abstand von 10^{-13} cm von einer gleich stark positiv geladenen umschlossen ist, so sieht man ein, daß, wenn mit abnehmender Stoßentfernung allmählich ein α -Teilchen in dieses Kerngebiet eindringt, es bald einer etwas stärker abstoßenden, bald einer (durch die anziehende Wirkung der negativen Ladungen) verminderten abstoßenden Kraft unterliegt. Auf diese Weise wird die in der obigen Kurve wiedergegebene Abhängigkeit der Zahl der abgelenkten α -Teilchen von der Größe der Stoßentfernung wenigstens qualitativ verständlich. Eine genauere Angabe, welcher Art die hinzutretenden anziehenden Kräfte sein sollen, wird in der Arbeit von RUTHERFORD und CHADWICK vermieden. Im Anschluß an die hier besprochenen Versuche haben DEBYE und HARDMEIER¹⁾ ähnlich wie es früher PETERSSON getan hat, die Frage aufgeworfen, ob es wirklich nötig ist, anzunehmen, daß in der Nähe der Atomkerne prinzipiell andere als COULOMBSche Kräfte wirksam sind, oder ob vielmehr durch richtigere Berücksichtigung der bei großer Annäherung des α -Teilchens an den Atomkern erzeugten elektrischen Polarisierung das COULOMBSche Kraftgesetz sich als ausreichend erweist. Zur Prüfung dieser Frage wird das Verhältnis der unter 90° angelenkten α -Teilchen unter Zugrundelegung des COULOMBSchen Gesetzes einmal ohne und einmal mit Berücksichtigung der Polarisierung des Aluminium- bzw. Magnesiumkerns in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit V der α -Strahlen wirklich ausgerechnet und mit den von RUTHERFORD und CHADWICK für 90° erhaltenen Werten verglichen. Dabei muß natürlich für die Polarisierbarkeit α des Atomkerns, d. h. für das elektrische Moment, das der Atomkern im elektrischen Feld von der Stärke 1 erhält, ein bestimmter Wert eingesetzt werden. Diese Polarisierbarkeit hat stets die Dimension eines Volumens, und man weiß bei den Atomen, daß sie für diese die Größe des Atomvolumens 10^{-24} hat. Daher wird man für den Kern a von der Größenordnung des Kernvolumens voraussetzen dürfen, also entsprechend einem Kernradius von 10^{-12} cm a von der Größenordnung

¹⁾ L. MEITNER, Zeitschr. f. Phys. 4, 146. 1921.

¹⁾ P. DEBYE und W. HARDMEIER, Physikal. Zeitschr. 27, 196. 1926.

von 10^{-36} . Tatsächlich können nun DEBYE und HARDMEIER die von RUTHERFORD und CHADWICK beobachteten Werte, die in Fig. 2 zwischen den Punkten A und B liegen, für Aluminium und für Magnesium in überraschend guter Weise aus ihrer Berechnung wiedergegeben, wenn sie für die Polarisierbarkeit α den Wert $1,30 \cdot 10^{-36}$ bzw. $0,96 \cdot 10^{-36}$ einsetzen, also Werte von der zu erwartenden Größenordnung des Kernvolumens.

Diese Berechnungen beweisen also, daß der typische Verlauf der experimentellen Beobachtungen dem COULOMBSchen Gesetz entspricht, wenn man die Polarisierbarkeit des Kerns berücksichtigt. Die durch die Polarisierung bedingte zusätzliche Anziehungskraft ist umgekehrt proportional mit der fünften Potenz der Entfernung, und es zeigt sich, daß der von BIELER gemachte Schluß auf eine mit der vierten Potenz der Entfernung abnehmende Anziehungskraft nicht zwingend ist.

Nicht wiedergegeben wird durch diese Polarisierungstheorie das von RUTHERFORD und CHADWICK bei noch kleineren Stoßentfernungen beobachtete Wiederansteigen der Kurve (links vom Punkte A). Die Verf. verweisen darauf, daß möglicherweise bei diesen noch kleineren Stoßentfernungen ein wirkliches Eindringen des α -Teilchens in den Aluminiumkern stattfindet. Daher prüfen sie die Frage, unter welchen Bedingungen die durch die Polarisierung bewirkte Anziehung so groß wird, daß das α -Teilchen vom Atomkern eingefangen wird. In diesem Fall wird das α -Teilchen den Atom-

kern in immer enger werdenden Windungen umkreisen und schließlich in ihm stecken bleiben. Damit das eintreten kann, muß das α -Teilchen eine so große Anfangsgeschwindigkeit V besitzen, daß es, ohne abgelenkt zu werden, bis zu einer gewissen Minimalentfernung an den Atomkern herankommen kann. Bei den diskutierten Versuchen von RUTHERFORD und CHADWICK war die Anfangsgeschwindigkeit $V = 1,7 \cdot 10^9$ cm/sec. Die Verf. berechnen nun, daß diese α -Teilchen, damit sie in den Aluminiumkern hineinfallen können, sich ihm bis auf $3,8 \cdot 10^{-13}$ cm genähert haben müssen, d. h. der Aluminiumkern verhält sich gegen α -Strahlen von der angegebenen Geschwindigkeit wie eine undurchdringbare Kugel vom Radius $3,8 \cdot 10^{-13}$ cm. Dieser Wert stimmt recht gut mit der oben angegebenen von BIELER aus seinen Experimenten erschlossenen Größe des Aluminiumkerns.

Zum Schluß sei noch erwähnt, daß schon von verschiedenen Seiten¹⁾ die Ansicht vertreten worden ist, daß ein α -Teilchen, das einen schweren Atomkern unter Abspaltung eines Protons zertrümmert, dabei in diesen Kern hineinfällt, so daß gleichzeitig mit der Zertrümmerung auch ein Kernaufbau stattfindet. Die künstliche Kernzertrümmerung liegt aber außerhalb des Rahmens dieses Berichtes und kann daher hier nicht behandelt werden.

¹⁾ H. PETTERSSON, Wien. Ber. IIa 133, 573. 1924; P. M. S. BLACKETT, Proc. of the roy. soc. of London, Ser. A, 107, 349. 1925.

Die Verbindungen des Systems Kieselsäure, Kalk, Tonerde, ihre Eigenschaften und ihre technische Bedeutung.

Von RICHARD GRÜN, Düsseldorf.

Übersicht.

Wichtigkeit des Dreistoffsystems Kalk, Tonerde, Kieselsäure für die Technik und Kultur.

I. Die 11 Verbindungen des Dreistoffsystems: Die 3 Zweistoffsysteme und das Dreistoffsystem.

II. Die technisch wichtigsten Stoffe des Dreistoffsystems: Hochofenschlacke und Hüttenzement, Portlandzement, die hochfesten Zemente, die Naturzemente, der Tonerdezement, die feuerfesten Stoffe, das Porzellan, die Backsteine, der Traß und das Glas

Eines der wichtigsten Systeme für die menschliche Kultur ist die Dreistoffgruppe Kieselsäure-Kalk-Tonerde, denn in dieser liegen alle Verbindungen und Verbindungsgemische, welche außer Holz und Eisen für Bauzwecke in Betracht kommen. Der altherwürdige Ziegelstein, der Baukalk und der hydraulische Kalk, der schon den Römern bekannt gewesene Traß und die Puzzolanerde, die Chamotte und die feuerfesten Erzeugnisse, deren Kennnis für die Hochofen- und Kokereibetriebe unerlässlich ist, der jetzt hundertjährige Portlandzement, die für die Baustoffherstellung wichtige Hochofenschlacke und schließlich der junge, schnell erhärtende Tonerdezement, sie alle gehören in das Dreistoffsystem Kalk-Kieselsäure-

Tonerde und unterscheiden sich demgemäß voneinander nur durch die prozentuale Verschiedenheit, in der die drei Komponenten in ihnen zugegen sind, und durch den physikalischen Formzustand (Tafel 1).

Während Hochofenschlacke und Tonerdezement homogene Schmelzen darstellen, sind Portlandzement, Ziegelstein, Traß und Puzzolanerde Sintererzeugnisse, in welch letzteren aber trotz des unvollkommenen Schmelzvorganges nicht etwa die drei Oxyde Kalk, Kieselsäure und Tonerde unaufgeschlossen nebeneinander liegen, sondern in denen ähnlich wie in den Schmelzprodukten sich sehr viele der aus der Erforschung des Dreistoffsystems bekannten reinen Verbindungen nebeneinander gebildet haben. Zunächst seien die reinen Verbindungen in ihrem Aussehen und ihren Eigenschaften kurz betrachtet, dann anschließend ihre technische Bedeutung und ihr Vorkommen in den technisch wichtigen Stoffen.

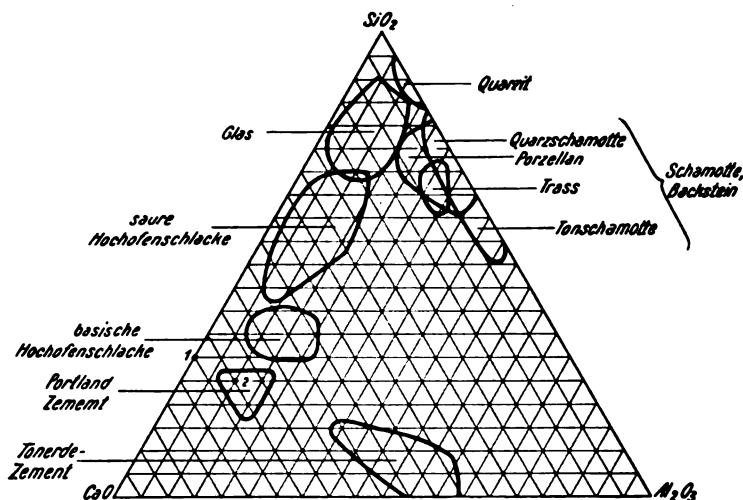
Von den einzelnen Oxyden kommt nur die *Kieselsäure* in verhältnismäßig reinem Zustand in der Natur als Quarz vor und dient als Sand zur Magerung von Zement und Kalkmörtel.

Der *Kalk* wird aus seinem in ungeheuren Mengen gebirgsbildend auftretenden kohlen-saurem Salz, dem Kalkstein und der Kreide, durch einfaches Brennen gewonnen und zu Bauzwecken verwendet; die Kalkbrennerei ist wohl eine der ältesten Industrien.

Die *Tonerde* kann aus dem Bauxit hergestellt werden. Bauxit hat erst im letzten Menschenalter zur Herstellung des Aluminiums und seit 6 Jahren zur Erschmelzung des Tonerdezementes hohe Bedeutung erlangt.

I. Die 11 Verbindungen des Dreistoffsystems.

1. Die drei Zweistoffsysteme. a) Die Verbindungen des Zweistoffsystems Kieselsäure-Kalk.



Tafel 1. Das Dreistoffsystem (Kalk CaO) — Kieselsäure (SiO_2) — Tonerde (Al_2O_3). — Graphische Darstellung der analytischen Zusammensetzung aller aus Kalk — Kieselsäure — Tonerde bestehenden Stoffgemische (keramische Erzeugnisse und hydraulische Bindemittel).

Bis jetzt sind in dem Zweistoffsystem 3 Verbindungen bekannt, das Monocalciumsilicat ($\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), das Dicalciumsilicat ($2 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) und das Tricalciumsilicat ($3 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$). Das einfache Calciumsilicat, das in der Natur als Wollastonit und in sauren Hochofenschlacken aus Holzkohlenöfen vorkommt, ist deshalb wichtig für die Bindemittelindustrie, weil es im abgebundenen Zement in hydratisierter Form einen der kittenden Bestandteile bildet; es hat aber keinerlei hydraulische Eigenschaften und spielt deshalb als Bestandteil des unverarbeiteten Zementes keine Rolle.

Das Dicalciumsilicat tritt in drei verschiedenen Modifikationen auf. Zweien davon werden keine hydraulischen Eigenschaften zugesprochen. Das dritte dagegen, das β -Dicalciumsilicat, spielt offenbar bei der Erhärtung des Portlandzementes und der Hochofenschlacke, in der es in erheblichen Mengen vorkommt, eine wichtige Rolle.

Das Tricalciumsilicat (Fig. 1) wird von den

Amerikanern, die erhebliche Forscherarbeit auf dem Gebiet geleistet haben¹⁾, als der wichtigste Bestandteil des Portlandzementes angesehen und zeigt tatsächlich erhebliche Erhärtung nach Feinmahlung und Wasserzusatz.

b) Die Verbindungen der Zweistoffgruppe Kalk-Tonerde.

In dieser Gruppe sind 4 Verbindungen nachgewiesen:

1. das Tricalciumaluminat $3 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$;
2. das Pentacalciumtrialuminat $5 \text{CaO} \cdot 3 \text{Al}_2\text{O}_3$;
3. das Calciumaluminat $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$;
4. das Tricalciumpentaauminat $3 \text{CaO} \cdot 5 \text{Al}_2\text{O}_3$.

Die erste der vier Verbindungen findet sich in tonerdereichen Portlandzementen und Hochofenschlacken; in reinem Zustand erhärtet sie unter Wärmeentwicklung, das erhärtete Hydrat zerfällt aber dann wieder. Tricalciumaluminat hat deshalb untergeordnete Bedeutung als hydraulischer Körper, ist aber in hydratisierter Form um so wichtiger als Bestandteil des abgebundenen Zementes, indem es sich nach dem Wasserzusatz bildet und zur Erhärtung des Betons beiträgt.

Für die moderne Industrie der hydraulischen Bindemittel sind die beiden nächsten Aluminat, das $5 \text{CaO} \cdot 3 \text{Al}_2\text{O}_3$ und das $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ von größter Bedeutung (Fig. 2), denn sie erhärten bei Wasserzusatz sehr energisch. Sie sind der Hauptbestandteil des Tonerdezementes.

Von dem „kalkärmsten“ Aluminat sind keine hydraulischen Eigenschaften bekannt. Es beginnt aber jetzt das Feld der feuerfesten Stoffe, in denen das

3-Calcium-5-Aluminat schon eine Rolle spielt.

c) Die Verbindungen der Zweistoffgruppe Tonerde-Kieselsäure.

Für die feuerfesten Stoffe ist das Zweistoffsystem Tonerde-Kieselsäure von größter Wichtigkeit. Als einzige Verbindung ist der Mullit ($3 \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2$) synthetisch hergestellt worden, der feine, sehr charakteristische Nadeln (Fig. 3) bildet und in Porzellan und manchen Ziegelsteinen nachgewiesen wurde. Neuerdings wird die Existenz des Mullits wieder bestritten und der Verbindung die Formel $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ zugesprochen (EITEL, Chem. Zentralbl. 1926).

Die Tonerde-Kieselsäure-Verbindungen haben sehr hohe Schmelzpunkte, außerordentlich harte Scherben und sind entsprechend beständig gegen chemische Angriffe. Ihre Wichtigkeit für die Industrie ergibt sich aus diesen schätzenswerten Eigenschaften.

¹⁾ RANKIN und Mitarbeiter, Zeitschr. f. angew. Chem. 1911, Nr. 71, S. 19–64; 1915, Nr. 92, S. 213–296.

2. **Die drei Dreistoffverbindungen.** Mit Sicherheit sind bis jetzt 3 ternäre Verbindungen festgestellt worden: der Anorthit, der Gehlenith (Melilith) und der Jäneckeit.

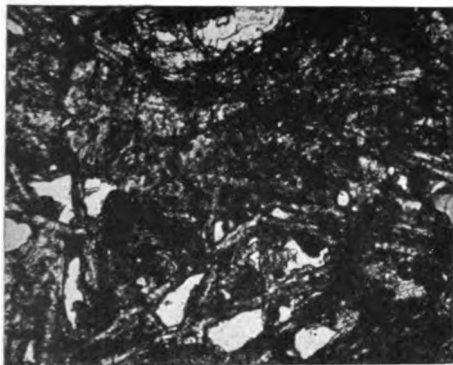


Fig. 1. Tricalciumsilicat, Bestandteil des Portlandzementes.



Fig. 2. $\times$ Nicols roofach, CaOAl_2O_3 , Calciumaluminat, Bestandteil des Tonerdezementes.



Fig. 3. $\parallel$ Nicols roofach, $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$, Mullit, Bestandteil des Porzellans und anderer keramischer Erzeugnisse.

a) Der Anorthit ($\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) kommt als gesteinsbildendes Mineral in vielen Modifikationen vor (Feldspäte), er ist aber für die baustoffher-

stellende Industrie von untergeordneter Bedeutung.

b) Der Gehlenith ($2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$) ist erheblich wichtiger, denn er kommt in der Hochofenschlacke und in den meisten Chamotten vor und gibt besonders der Hochofenstückschlacke, die als Betonzuschlag und Steinzuschlag in größtem Ausmaß verwendet wird, ein charakteristisches Gepräge (Fig. 4).



Fig. 4. $+$ Nicols roofach, $2\text{CaOAl}_2\text{O}_3\text{SiO}_2$, Melilith. Hauptbestandteil krystallisierter Hochofenschlacke (Stückschlacke).

c) Der Jäneckeit ($8\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$) wurde vor 15 Jahren von dem Deutschen E. JÄNECKE¹⁾ als Hauptbestandteil des Portland-Zementklinkers entdeckt (Fig. 5). Seine Existenz wurde aber von

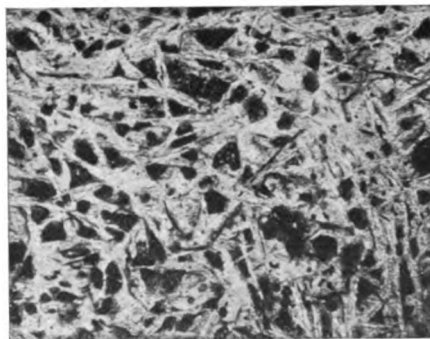


Fig. 5. $\parallel$ Nicols roofach, $8\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$, Jäneckeit. Hauptbestandteil des Portlandzementes.

weitesten Kreisen bestritten. Auch der Amerikaner RANKIN und seine Mitarbeiter, die in gewaltiger Arbeit das Dreistoffsystem durchforschten, fanden ihn nicht. Erst von DYCKERHOFF²⁾ und auf der Bunsentagung 1926 wurde seine Existenz in der Öffentlichkeit anerkannt. Die Verbindung wird zweckmäßigerweise nach einem

¹⁾ E. JÄNECKE, Zeitschr. f. anorg. Chem. 73, 200. 1911.

²⁾ W. DYCKERHOFF, Zement 1925, S. 102.

Vorschlag GOEBELS¹⁾ nach dem Namen ihres Entdeckers „Jäneckeit“ genannt.

II. Die technisch wichtigsten Stoffe des Dreistoffsystems.

Die technisch bedeutungsvollen reinen Verbindungen wurden schon genannt. Es seien nun die technisch wichtigsten Stoffe, in welchen jene Verbindungen vorkommen, nach Herstellung und Eigenschaften kurz besprochen.

1. *Die Hochofenschlacke und der Hüttenzement.* Für die Eigenschaften der Hochofenschlacke ist nicht nur die chemische Zusammensetzung, sondern auch der physikalische Formzustand von Wichtigkeit.

Während langsam erstarrte und infolgedessen krystallisierte Hochofenschlacke zwar ein sehr hartes, meist für Schottermaterial brauchbares Erzeugnis ergibt, aber keine bedeutenden hydraulischen Eigenschaften hat, besitzt schnell gekühlte (abgeschreckte) glasige Hochofenschlacke geringe



Fig. 6. || Nicols roofach, zum Teil durch langsame Kühlung entglaste Hochofenschlacke, deutliche Bildung von Gehlenit in glasiger Grundmasse.

mechanische Festigkeit der einzelnen Körner, dagegen ein bemerkenswertes hydraulisches Erhärtungsvermögen, welches zu den bekannten Versteinerungen alter Schlackenhalde führt, die nur noch mit Dynamit entfernt werden können. Fig. 6 zeigt den Dünnschliff einer teilweise durch schnelle Kühlung glasig gebliebenen, zum anderen Teil infolge langsamer Erkaltung entglasten (krystallisierten) Hochofenschlacke, die also bei gleicher chemischer Zusammensetzung in ihrem glasigen Anteil hydraulische Eigenschaften besitzt, im krystallisierten Anteil dagegen nicht mehr. In der Technik weckt man das latente hydraulische Erhärtungsvermögen der Schlacke durch Zuschlag eines Erregers; früher wurden gebrannter Kalk, gelöschter Kalk, Stückschlacke oder Gips verwendet. Neuerdings hat sich als günstigster Katalysator Portlandzementklinker erwiesen, mit dem zusammen die Hochofenschlacke die gleichen Festigkeiten erreicht wie

Portlandzement, bei gleichzeitig höherer Beständigkeit gegen sulfathaltige oder andere aggressive Wässer, welche bekanntlich Beton im Laufe der Zeit durch Bildung des treibend wirkenden Calcium-Aluminium-Sulfats zerstören können.

Nach den vorstehenden Ausführungen ist die Herstellung des Hüttenzementes einfach: Granulierte, d. h. schnell gekühlte Hochofenschlacke wird mit Portlandzementklinker, der auch aus Hochofenschlacke unter Zumischung von Kalkstein bis zur Sinterung erbrannt wurde, vermahlen und es entsteht auf diese Weise sofort der fertige Zement, und zwar Hochofenzement, wenn mindestens 15% Klinker genommen werden, Eisenportlandzement, wenn mindestens 70% Portlandzementklinker zur Anwendung kommen. Gemäß der Herstellung aus der verhältnismäßig kalkarmen Hochofenschlacke mit 40–50% Kalk enthält Hochofenzement etwa 53%, Eisenportlandzement etwa 57% CaO.

2. *Der Portlandzement* ist ein wesentlich kalkreicherer Erzeugnis als der Hüttenzement. Er wird mit etwa 64–66% Kalk aus Mergel und Kalkstein durch Zusammenmahlen der beiden Naturprodukte zu Rohmehl und Sintern desselben erzeugt. Die Druckfestigkeiten von Portlandzement, sowohl wie die des Hüttenzementes sind in den letzten 3 Jahren erheblich verbessert worden.

3. *Die hochwertigen (hochfesten) Portlandzemente und Hüttenzemente* unterscheiden sich von den normalen Handelszementen nur unwesentlich in der Zusammensetzung. Sie sind gleichmäßiger als diese, sorgfältiger aufbereitet und gebrannt, feiner gemahlen und unterscheiden sich von ihnen dadurch, daß sie höhere Festigkeiten, hauptsächlich in der Anfangserhärtung, erreichen. Während für Normalsandbeton aus gewöhnlichem Zement eine Druckfestigkeit von 180 kg/qcm nach 7 Tagen vorgeschrieben ist, müssen hochfeste Zemente nach dreitägiger Erhärtung bereits 250 kg/qcm Festigkeit zeigen. Allerdings werden die für normale Zemente vorgeschriebenen 7-Tagefestigkeiten von den meisten Handelszementen weit übertroffen. Die hochfesten Portlandzemente und Hüttenzemente stehen den schnell erhärtenden Tonerdezementen kaum noch nach. Bauwerke aus ihnen können schon nach wenigen Tagen entschalt und sehr schnell in Benutzung genommen werden.

Als Kalkträger für die Herstellung von Portlandzement wurde früher ausschließlich kohlen-saurer Kalk (Kalkstein) verwendet. Die ausgetriebene Kohlensäure wurde mit den Ofenabgasen entweichen gelassen. Unter dem Zwange des Krieges mit seinem Schwefelmangel sind die Elberfelder Farbwerke dazu übergegangen, als Rohmaterial für den Portlandzement an Stelle des kohlen-sauren Kalkes den schwefelsauren Kalk heranzuziehen und die in den Abgasen enthaltene schweflige Säure auf Schwefelsäure zu verarbeiten. Das Verfahren hat sich gut bewährt. Als wertvolles Nebenprodukt erhielt man aus dem 50 m

¹⁾ GOEBEL, Zement 1925, S. 538.

langen Drehofen Portlandzementklinker, der von der I.G. in großem Umfange mit Hochofenschlacke zusammen auf Hochofenzement, und zwar auf hochwertigen Hochofenzement, verarbeitet wird, der infolge seiner Salzwasserbeständigkeit besonders in den Werken der I.G. willkommene Verwendung findet.

4. *Die Naturzemente und hydraulischen Kalke*, die ähnlich zusammengesetzt sind wie der Portlandzement, spielen in Deutschland infolge ihrer wechselnden Zusammensetzung eine untergeordnete Rolle. Bei gutem Rohmaterial, das allerdings in der für Naturzemente wünschenswerten Zusammensetzung verhältnismäßig selten ist, und bei sorgfältiger Auswahl und gutem Brand können auch Naturzemente zu guten Erzeugnissen werden.

5. *Im Tonerdezement* spielt die Kieselsäure im Gegensatz zu Portland- und Hochofenzement nur eine untergeordnete Rolle, da er in der Hauptsache aus Aluminaten besteht. Die hohen hydraulischen Eigenschaften der Aluminate wurden von dem Deutschen WINKLER¹⁾ 1856 entdeckt und von dem Franzosen FREMY²⁾ bestätigt, der dem Tonerdezement schon damals eine erhebliche Bedeutung für Bauten, die der Einwirkung aggressiver Wasser ausgesetzt sind, voraussagte. Die Erfindung geriet in Vergessenheit, bis SCHOTT³⁾ wieder auf das hohe Erhärtungsvermögen der Aluminate hinwies. Während des Krieges nahmen die Franzosen dann die Fabrikation des Tonerdezementes im großen auf, der auch in Deutschland als Alcazement neuerdings hergestellt wird. Beton aus Tonerdezement erreicht schnell hohe Anfangsfestigkeiten, ist widerstandsfähiger gegen Sulfate als Portlandzementbeton, wird aber durch Säure, beispielsweise Essigsäure und Milchsäure, schneller zerstört als die Mörtel aus dem erstgenannten Zement.

6. *Die feuerfesten Stoffe* werden in ganz verschiedener Weise aus den drei Stoffen unseres Systems hergestellt. Die basischen feuerfesten Stoffe enthalten mehr Kalk, die sauren mehr Kieselsäure. Für besonders hoch auf Temperatur beanspruchte Steine werden die Silicatsteine

genommen, die fast nur aus Kieselsäure bestehen, mit einer geringen Menge (2%) Kalk als Bindemittel. Bei der Herstellung der Silicatsteine müssen besonders Findlingsquarzite als Rohmaterial genommen oder der Quarz sehr fein gemahlen und lange erhitzt werden, um ein Größerwerden der Steine im Feuer und Zertreiben derselben infolge Tridymitbildung zu verhüten.

7. *Das Porzellan* besteht in der Hauptsache aus Mullit. Es wird aus besonders reinen Kaolinen bei sehr hoher Temperatur erbrannt. Seine Erfindung in China liegt schon über 1000 Jahre zurück.

8. *Die Backsteine* (Ziegelsteine) sind streng genommen ein stark verunreinigtes Porzellan. Sie werden aus geeigneten Tönen, die bei uns in großen Mengen vorkommen, hergestellt. Zwischen den Chamotten für feuerfeste Erzeugnisse und den Ziegelsteinen, Klinkern usw. bestehen zahlreiche Übergänge.

9. *Der Traß* und die Puzzolanerde sind vulkanische Erzeugnisse, welche teilweise durch hydraulische Eigenschaften, teilweise auch nur durch Erhöhung der Dichte und Elastizität die guten Eigenschaften bestimmter Betone erhöhen. Der Traß wird einfach durch Vermahlen von Tuffstein erzeugt und war schon den Römern als hydraulischer Zuschlag bekannt.

10. *Das Glas* kann ebenfalls mit zum Dreistoffsystem gerechnet werden. Es unterscheidet sich allerdings von den bisher genannten technischen Erzeugnissen durch seinen Alkaligehalt. Seine Hauptbestandteile sind aber die Komponenten unseres Dreistoffsystems. Die Herstellungsmöglichkeit aus Hochofenschlacke ist demgemäß schon häufig erörtert worden.

Aus den Komponenten des Dreistoffsystems werden also alle diejenigen Stoffe hergestellt, auf denen unser Bauwesen beruht. Die Möglichkeit, so viele untereinander ganz verschiedene Erzeugnisse aus den 3 Stoffen herzustellen, beruht auf den verschiedenen Eigenschaften der 11 Verbindungen, welche der Kalk, die Kieselsäure und die Tonerde zu bilden imstande sind, wenn sie in verschiedener Weise gemischt und gebrannt werden, also auf der Fähigkeit der Moleküle CaO , Al_2O_3 und SiO_2 , sich zu zahlreichen, in ihren Eigenschaften durchaus verschiedenen Verbindungen zusammenzuschließen.

¹⁾ WINKLER, Journ. f. prakt. Chem. 1856, S. 455.

²⁾ FREMY, Cpt. rend. hebdom. des séances de l'acad. des sciences 1865, S. 993; Dinglers polytechn. Journ. 1865, S. 379.

³⁾ SCHOTT, Dissertation 1906.

Ein Jahr Deutsche Atlantische Expedition.

VON WALTER STAHLBERG, BERLIN.

Die Deutsche Atlantische Expedition auf dem Vermessungs- und Forschungsschiff „Meteor“ hat nach Erledigung der geplanten Vorstöße ins antarktische Meeresgebiet den ersten Teil ihrer Untersuchungsfahrt im März in Kapstadt abgeschlossen. Fünfmal hat sie dabei den Südatlantischen auf Ost- und Westkursen durchgemessen und hat in den Breiten von $28\frac{1}{2}^\circ$ S, $33\frac{1}{2}^\circ$ S, $41\frac{1}{2}^\circ$ S, $44\frac{1}{2}^\circ$ S und 55° S je einen ozeanographischen Querschnitt

erarbeitet; die zeitliche Folge ist in Fig. 1 durch die römischen Ziffern gegeben. Ebenso sind die Grenzgebiete vom Atlantischen zum Indischen und Pazifischen, insbesondere bei der Erledigung des Profils V, auf meridionalen Kursen durchfahren worden. Am 10. März ist das Schiff zu gründlicher Überholung in Kapstadt eingelaufen und schon Ende Juni konnte die Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft die ihr von dort eingegangenen

neuen Expeditionsberichte veröffentlichen (Zeitschrift d. Ges. f. Erdkunde, Berlin, 1926, 5/6), den des Expeditionsleiters Fregattenkapitän SPIESS über die beiden letzten Profilfahrten und die Einzelberichte der Herren Dr. WÜST und Dr. SCHUMACHER (Ozeanographie), Professor HENTSCHEL (Biologie), Dr. PRATJE (Geologie), Dr. WATTENBERG (Chemie) und Professor REGER und Dr. KULBRODT (Meteorologie und Aerologie). Eine Fülle von neuen Beobachtungen liegt als Frucht einjähriger Forschungsarbeit im Felde vor und harret der wissenschaftlichen Durcharbeitung, die voll erst nach Beendigung der ganzen Expedition im nächsten Jahr einsetzen kann. Einige Ergebnisse über den Südatlantischen und sein Wasser mögen aber schon jetzt nach den Berichten in großen Zügen mitgeteilt werden. Sie beruhen auf etwa

nen. Wo die Fahrt über die weiten Flächen der Tiefseemulden führt, hat sich der Meeresboden als außerordentlich gleichmäßig flach erwiesen; er erinnert da durchaus an die großen Verebnungen der Kontinente. Wo sie aber über die zwischen den Mulden aufragenden Schwellen hinwegging, wurde das Relief unruhiger und bewegter und läßt erkennen, daß diese Schwellen so einförmige Aufragungen nicht sind, wie man sie sich bisher vorgestellt hat, sondern Rücken und Berge tragen und dazwischen tiefere Senken aufweisen und so im ganzen an die großen Züge kontinentaler Gebirgsländer erinnern. Diese Rücken und Schwellen in Verlauf und Kammhöhe genau festzustellen, reicht die Lotungsdichte des „Meteor“ nicht aus. Wir bleiben da noch auf Schlüsse angewiesen, wie man sie bisher schon aus den Temperaturen des

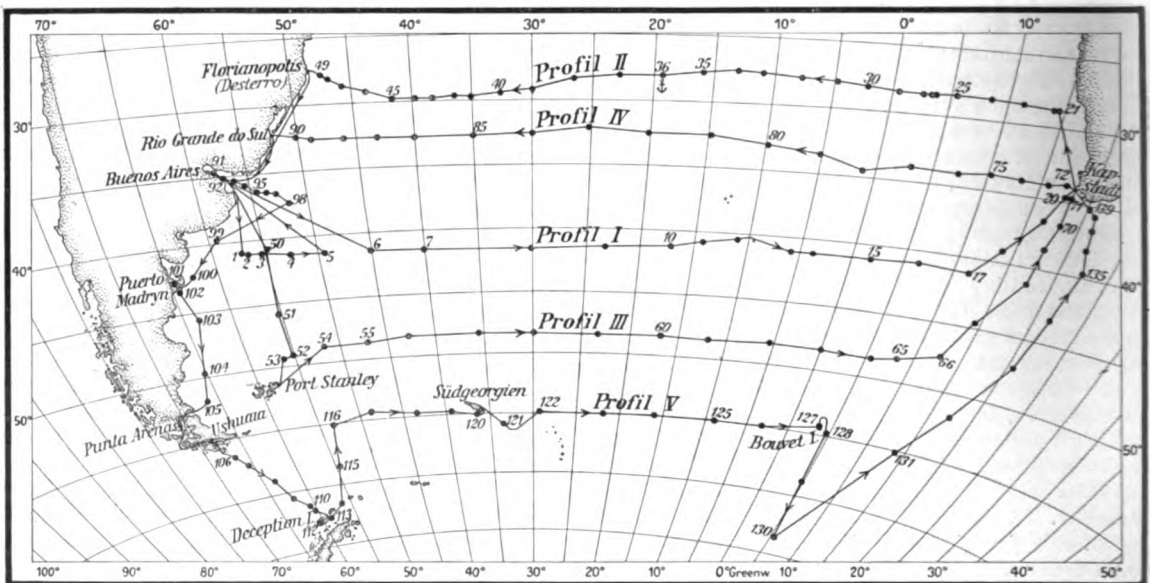


Fig. 1. Stationen des „Meteor“ auf den fünf südlichen Profilen.

25 000 Echolotungen während der Fahrt und auf den Drahtlotungen an den 139 Stationen, die auf der Karte eingetragen sind, sowie auf den ozeanographischen Beobachtungen dieser Stationen, die insgesamt von 2780 Tiefenpunkten zwischen Oberfläche und Meeresgrund die Werte für Temperatur- und Salzgehalt sowie die Wasserstoffionenkonzentration und für einen großen Teil auch die für den Gehalt an Sauerstoff, Phosphorsäure und Kohlensäure geliefert haben.

Da die Echolotungen alle 2—3 Seemeilen erfolgt sind und auch da, wo sie der Kohlenersparnis wegen eingeschränkt werden mußten, noch immer nur 5—6 Seemeilen voneinander entfernt waren, so liegen sie längs der einzelnen Profile im allgemeinen über hundertmal so eng, wie diese Profile selber. Besondere Fortschritte in der Erkenntnis der Bodengestaltung des Ozeans sind daher vor allem auf den einzelnen Profilen selber zu verzeich-

Bodenwassers gezogen hat, und wie sie das bis dahin angenommene Bild von der Bodengestaltung (s. Fig. 2) schon mit bestimmt haben. Immerhin konnten der Expedition zu solchen Rückschlüssen auf das Relief auch einige andere Tatbestände dienen, die bisher dazu noch nicht benutzt worden sind, wie der Sauerstoffgehalt des Wassers, der Kalkgehalt der Bodenproben, die Korngrößenverteilung des Sediments und seine Schichtung.

So hält z. B. Dr. PRATJE dafür, daß die Kapmulde in 2 Mulden zerlegt werden muß, nicht nur weil die Lotungen auf eine „Kapschwelle“ hinweisen, die von der neu gefundenen „Meteorbank“ (48° 16' S und 8° 14' O) und dem westlicher gelegenen Bouvetrück nach Nordost verläuft, sondern auch weil eine ausgesprochene Sedimentationseigentümlichkeit der „Nördlichen Kapmulde“, nämlich Schichtung des Sediments mit sprunghafter Änderung des Kalkgehaltes, sich nicht in

die Südmulde fortsetzt. Eine Änderung erfährt unsere Auffassung vom Relief ferner für den Rio Grande-Rücken, der die Brasilianische und die Argentinische Mulde trennt. Er setzt nicht unmittelbar an dem südamerikanischen Kontinentalsockel an, sondern ist von ihm durch eine Rinne von etwa 4700 m Maximaltiefe getrennt. Nach der anderen Seite dagegen, wo man bisher eine Pforte zwischen beiden Mulden vermutete, — GROLL hat auch noch an der schmalsten Stelle des Rückens ein Absinken unter 4000 m angenommen — dürfte

überein, daß das Vorhandensein einer Schwelle dazwischen ausgeschlossen erscheint.

Dagegen muß die Mittelatlantische Schwelle bei der Bouvetinsel zusammenhängen mit, vielleicht auch, wie Dr. PRATJE meint, indem er auf die Parallele zu dem östlichen Abbiegen der Gebirge Südamerikas in den gleichen Breiten aufmerksam macht, umbiegen zu dem ostwestlich verlaufenden „Atlantisch-indischen Querrücken“, den die Expedition in etwa 52° S mit mehreren Auftragungen bis 2800 m als trennende Erhebung zwischen der

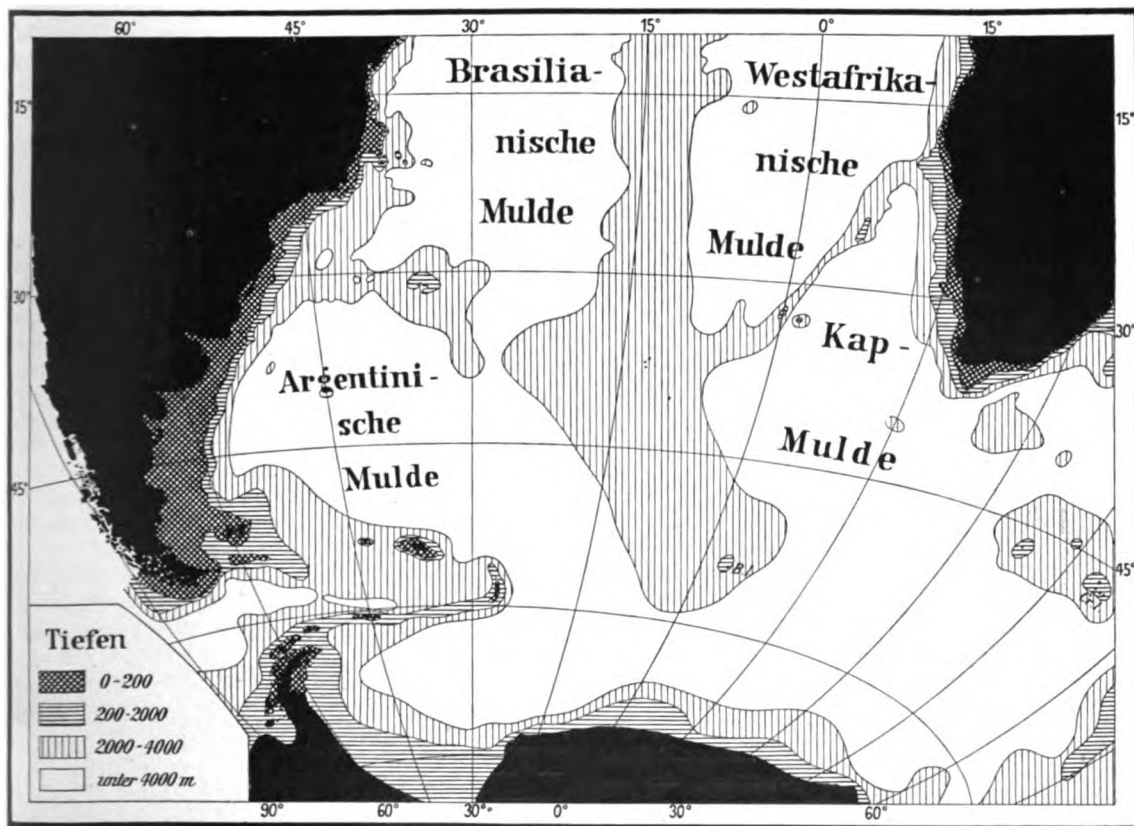


Fig. 2. Tiefenverhältnisse des „Südatlantischen“ nach den Beobachtungen der Deutschen Atlantischen Expedition.

der Rio Grande-Rücken, ähnlich wie auf gleicher Breite im Osten der Walfischrücken, an die Mittelatlantische Schwelle angeschlossen werden müssen, etwa, wie Dr. WÜST vermutet, durch die 3500 m-Isobathe in 38° S.

Die Frage nach dem Zusammenhang der Atlantischen Schwelle mit dem Antarktischen Festland ist durch die Lotungen des „Meteor“ nicht entschieden. Aber die auf der südlichsten Station (64° S, 5° O) beobachtete Temperaturschichtung des Wassers im Südpolarbecken unterhalb 2500 m stimmt so genau mit der auf einer 17° weiter westlich gelegenen „Scotia“-Station (68½° S, 12° W)

„Atlantisch-antarktischen Mulde“ und der „Südlichen Kapmulde“ festgestellt hat. Über die Fortsetzung dieses Rückens nach Osten (zur Crozetinsel?) kann noch nichts gesagt werden; nur ist aus der niedrigen Bodentemperatur (0,21°) auf Station 133, die nördlicher als der Querrücken liegt, zu schließen, daß dieser irgendwo bis auf 4500 m absinken muß.

Die Reliefverhältnisse zum Pazifischen hinüber sind soweit geklärt, daß der Südantillenbogen von den Falklandinseln über Südgeorgien, die Südsandwich- und Südknien-Inseln nach den Südshetlands und zum Grahamlande nun auch in

Tiefe in m	2500	2743	3000	3500	3658	4000	4500
„Meteor“-Station	- 0,15°	—	- 0,34°	- 0,30°	—	- 0,33°	- 0,28°
„Scotia“-Station	—	- 0,28°	—	—	- 0,33°	—	- 0,28°

seinem nördlichen Teil als zusammenhängende Erhebung des Meeresbodens festgestellt ist. Zwischen Südgeorgien und Südsandwichinseln ist seine Kammhöhe in 2400 m angetroffen; sie wird im übrigen Nordbogen bei etwa 3000 m angenommen. Nördlich der Sandwichgruppe hat der „Meteor“ in Bestätigung einer Vermutung von Sueß eine Zone großer Tiefe, die an der überfahrenen Stelle auf 150 km Breite über 6000 m tief ist, die „Südsandwichtiefe“, gefunden und in ihr die größte bisher bekannte Tiefe des Südatlantischen mit 8050 m erlotet.

Durch das Relief des Bodens ist der Wasserlauf auch im Ozean oft wesentlich mit bestimmt. Die Bahnen der Wasserbewegungen selber lassen sich im Ozean aber nicht so einfach feststellen, wie auf dem Lande. Wohl sind noch die Strömungen an der Wasseroberfläche verhältnismäßig einfach zu ermitteln, wenn auch nicht immer so leicht, wie am 6. März die Grenze der Westwinddrift gegen den Agulhasstrom vom „Meteor“ festgestellt werden konnte, wo die Oberflächentemperatur des Meeres zu 13,4° und nur 10 Minuten später zu 19,0° bestimmt wurde, wo man also nach wenig mehr als 1 Seemeile Fahrt aus dem Wasser der Westwinddrift in das des Agulhasstromes gekommen war und nun die um 5,6° höhere Temperatur fand. Aber schon die Wechselwirkungen der Oberflächenströmungen mit Wasserbewegungen in der Tiefe kann erst in gründlicher wissenschaftlicher Arbeit erschlossen werden, und noch viel mehr gilt das von den Strömungsbahnen des Tiefenwassers. Sie werden zumeist abgeleitet aus den Befunden über Salzgehalt, Temperatur und andere Eigenschaften des Wassers. Wichtig und besonders wertvoll ist der Deutschen Atlantischen Expedition dabei schon jetzt die große Zahl von Sauerstoffbeobachtungen geworden, die sie der Beteiligung eines Chemikers an ihrer Forschungsarbeit verdankt. Vornehmlich drei verschiedene Wassermassen sollten in ihrem Lauf durch den Atlantischen verfolgt werden, von denen die eine in den nördlichen Südtropen absinkt und in mittleren Tiefen als „Nordatlantischer Tiefenstrom“ bis in die antarktischen Breiten anzutreffen ist, während die beiden anderen ihren Ursprung in der Antarktis haben und von da als „Antarktischer Bodenstrom“ und „Antarktischer Zwischenstrom“ nordwärts vordringen.

Der Einfluß des Reliefs ist handgreiflich gegeben für den „Antarktischen Bodenstrom“, da dieser nicht über die ganze Ozeanbreite hin freie Bahn findet. Auf der Westseite kann er nur außen um den Südatlantikbogen herum in die Argentinische Mulde gelangen, die daher im Westen eine höhere Bodentemperatur (+ 0,20°) hat, als im Osten (— 0,005°); und von ihr zur Brasilmulde muß er

dann den Weg durch die schmale Rinne zwischen Kontinent und Rio Grande-Rücken nehmen. Auf der Westseite des Ozeans steht ihm der Atlantisch-Indische Querrücken entgegen. Erst über seine Kammhöhe fort kann er in die Kapmulde eindringen, die deshalb am Boden wärmer (+ 0,50) ist, als das Westbecken der Argentinischen Mulde jenseits der Mittelatlantischen Schwelle.

Der Antarktische Zwischenstrom hält sich in geringeren Tiefen, ist daher vom Bodenrelief nicht unmittelbar abhängig und schiebt sich so in der ganzen Ozeanbreite nordwärts vor. Er sinkt in etwa 51° S von der Oberfläche ab, liegt auf Profil III in der Westhälfte des Ozeans auf 100—200 m, in der Mitte und im Osten auf 50—100 m und wurde in Profil IV (33½° S) in tiefster Lage bei 900 m, weiter nach Norden wieder in geringeren Tiefen gefunden.

Bei beiden nordwärts gerichteten Wassermassen nimmt der Sauerstoffgehalt mit der Breite ab, da der von der Oberfläche mitgenommene Vorrat in der Tiefe durch Atmung und Zersetzungs Vorgänge allmählich verbraucht wird. Ganz entsprechend verringert sich bei dem südwärts ziehenden Nordatlantischen Tiefenstrom der Sauerstoffgehalt mit dem Fortschreiten nach Süden. Das Sauerstoffmaximum des Antarktischen Zwischenstromes hat Dr. WATTENBERG auf den 5 Profilen in folgenden Tiefen und mit folgenden Werten in ccm/l gefunden:

	V	III	I	IV	II
	50 m	100 m (s. o.)	600 m	900 m	800 m
W	8,2—7,4	7,2—7,0	6,1—5,8	5,8—5,6	5,2—5,1
O	8,1—7,7	7,4—7,2	5,6—5,4	5,3—5,2	5,0—4,8

Die erste Zahlenreihe gilt dabei für das Westbecken, die zweite für das Ostbecken. In diesem ist der Sauerstoffgehalt auf den nördlicheren tieferen Stellen um 0,2—0,6 ccm im Liter niedriger als im Westbecken, was darauf hinweist, daß der Antarktische Zwischenstrom in diesem schneller von einem Profil zum nächsten gelangt, als im Ostbecken. Denselben Unterschied finden wir auch bei den Zahlenreihen für das Sauerstoffmaximum des Nordatlantischen Tiefenstromes:

	II	IV	I	III	V
	3500 m	3000 m	2800 m	2500 m	1300 m
W	6,0—5,8	5,8—5,7	5,0—4,8	5,0—4,8	4,6—4,2
O	5,4—5,3	6,3—5,2	5,1	4,7	4,6—4,5

Dr. WATTENBERG vermutet die Ursache für dieses langsame Fortschreiten der Wassermassen im Ostbecken in einer Stauwirkung des Walfischrückens. Jedenfalls hat auf die Wassermassen des Nordatlantischen Tiefenstromes das Bodenrelief wieder unmittelbaren Einfluß, wenn auch zunächst sicher darüber nicht mehr gesagt werden kann, als

daß sie in besonderer Mächtigkeit über den Tiefseemulden angetroffen wurden. Diese sind also wohl für einen Teil dieses Wassers eine Art Sammelbecken, über dessen Rand der andere Teil hinwegzieht.

Die letzten Ausläufer des Nordatlantischen Tiefenstromes konnten auf dem Südvorstoß in etwa 58° S in 300—600 m Tiefe festgestellt werden. In 64° S wurde zwar noch einmal eine salzreichere und wärmere Zwischenschicht gefunden, doch vermutet Dr. Wüst, in Übereinstimmung mit der Deutung BRENECKES für das gleiche, wenn auch abgeschwächte Auftreten solcher Zwischenschicht in der Weddellsee, gerade wegen dieser Abschwächung der Erscheinung nach Westen zu, daß diese wärmeren und salzigeren Wassermassen aus dem Indischen Ozean kommen.

Von besonderem Interesse ist die schon auf dem meridionalen Schlußabschnitt von Profil III beobachtete Tatsache, daß bis etwa 1500 m hinab durch den Agulhasstrom eine starke Wasserzufuhr vom Indischen in den Atlantischen bewirkt wird, und daß ihr in den größeren Tiefen ein Vordringen atlantischen Wassers nach Osten entspricht, indem der Nordatlantische Tiefenstrom um die Südspitze Afrikas zwischen 1500 und 3500 m einen Ausläufer in den Indischen hineinsendet.

Anders steht es mit dem Wasseraustausch der Ozeane auf der Westseite des Atlantischen nach dem Pazifischen hinüber. Hier schließt Dr. Wüst aus den Beobachtungen nach hydrodynamischen Gesichtspunkten, auf die hier nicht eingegangen werden kann, daß pazifisches Wasser in ansehnlicher Mächtigkeit in der nördlichen Hälfte der Drakestraße in den Atlantischen strömt, auch noch in einer tieferen salz- und wärmeren Schicht, die er als pazifisches Gegenstück zum Nordatlantischen Tiefenstrom auffaßt. In noch größerer Tiefe bewirkt schon das Relief, daß die pazifischen Einflüsse die Kennung des Wassers bestimmen. Das Südantillenmeer erscheint hydrographisch durchaus als ein nach dem Pazifischen offenes, von dem Atlantischen durch den Südantillenbogen abgeriegeltes Becken der Tiefe. Zur Erläuterung seien einige Werte für Temperatur und Salzgehalt auf 2 Stationen gegenübergestellt, von denen die eine (117) mitten im Südantillenmeer, die andere (122) außerhalb des Südantillenbogens in der Südsandwichtiefe gelegen ist:

Tiefe in m	t°		S‰	
	117	122	117	122
0	5.94	— 1.44	33.99	33.60
100	3.10	— 1.13	34.10	34.01
200	2.54	0.13	34.12	34.45
600	2.63	0.91	34.36	34.68
1000	2.40	0.54	34.57	34.68
2000	1.75	0.10	34.71	34.67
3000	0.96	0.00	34.71	34.67
Am { 3950	0.57	—	34.56	—
Boden { 6670	—	— 0.17	—	34.67

Der Wärmeüberschuß im Südantillenmeer unterhalb der kühleren und salzärmeren Schicht des Antarktischen Zwischenstromes in 200 m ist sehr deutlich; in der Südsandwichtiefe haben wir unter dem schwachen Ausläufer des Nordatlantischen Tiefenstromes in 600 m mit seiner höheren Temperatur und seinem höheren Salzgehalt zunächst ein langsames Absinken der Temperatur und dann in den großen Tiefen von 2500 m an die mächtige Schicht eiskalten Wassers von 0° und darunter.

Am Südrande des Südantillenmeeres wurden in dem Bransfieldmeer zwischen Südshetlandinseln und Grahamland eigenartige Verhältnisse angetroffen, die bei einem Vergleich der beiden durch die Schwelle der Südshetlandinseln getrennten Nachbarstationen 110 und 113 — 111 ist eine Schelfstation — sofort zu erkennen sind und durch die völlige Abgeschlossenheit des Bransfieldbeckens erklärt werden.

Tiefe in m	t°		S‰	
	110	113	110	113
0	1.28	0.77	33.51	33.86
100	— 0.37	— 0.48	34.13	34.31
200	1.92	0.04	34.55	34.53
600	1.87	— 1.08	34.67	34.59
1000	1.51	— 1.54	34.72	34.60
1775 (Boden)	—	— 1.66	—	34.62
2000	0.7	—	34.96	—
3000	0.4	—	34.67	—
4839 (Boden)	0.38	—	—	—

Unterhalb 300 m ist also das Bransfieldmeer mit sehr kaltem fast homohalinem Wasser erfüllt. Es ist Wasser, das an den Böschungen des antarktischen Festlandes absinkt. In 1000 m Tiefe beträgt der Wärmeüberschuß des Südantillenmeeres gegen das Bransfieldmeer 3.05°!

Was hier nach den ersten Berichten der Deutschen Atlantischen Expedition mitgeteilt ist, sind Ergebnisse, die bei einem ersten Überblick über die Beobachtungsdaten gewonnen werden konnten. Das hydrographische Hauptproblem: für die verschiedenen Wassermassen, die als Glieder des Wasserumtriebes im Atlantischen zwischen 20° N und den Antarktischen Breiten angetroffen werden, die wahre Bewegung im Raume festzustellen, ein sicheres räumliches Bild von ihrem Neben-, Aus- und Ineinander zu gewinnen — dieses Hauptproblem kann erst mit der methodischen Durcharbeitung der gesamten Beobachtungen nach Abschluß der Expedition in Angriff genommen werden. Ihre Mitglieder haben zunächst mit dem Einsammeln der Tatsachen und dem ersten Sichten der Beobachtungen über und über zu tun; sie haben zur Zeit schon wieder zwei neue Profile über den Ozean mit Erfolg erledigt. Aber wir können heute, wo wir am Jahrestag seines Todes (16. 8.) dessen besonders gedenken, der für die Deutsche Atlantische Expedition den Plan entworfen und die

Mittel und Wege zu ihrer Durchführung gewiesen hat, gegenüber allen seinerzeit laut gewordenen Zweifeln mit Gewißheit sagen: Die auf ein Höchstmaß angespannte Arbeit, die er seinen Mitarbeitern zumutete, wird tatsächlich geleistet; der „Meteor“

wird die Beobachtungsdaten in der ganzen, bis dahin für einen Ozean noch nicht einmal auch nur angestrebten Fülle zusammenbringen, die ALFRED MERZ für eine erfolversprechende Neubearbeitung der ozeanischen Zirkulation gefordert hat.

Besprechungen.

Die Differential- und Integralgleichungen der Mechanik und Physik. Als 7. Auflage von RIEMANN-WEBERs: „Partielle Differentialgleichungen und deren Anwendung auf physikalische Fragen.“ Herausgegeben von RICHARD V. MISES. Erster mathematischer Teil. Braunschweig: Fr. Vieweg & Sohn A.-G. 1925. XX, 686 S. und 76 Abbild. 15×23 cm. Preis geh. RM 40.—, geb. RM 44.—.

„Habent sua fata libelli.“ An dieses alte Wort wird man unwillkürlich erinnert, wenn man den vorliegenden, mehr als 680 Seiten starken Band des MISESschen Sammelwerkes, auf dessen Rücken sich noch RIEMANNs Name findet, vergleicht mit dem kleinen Bändchen: „Partielle Differentialgleichungen und deren Anwendungen auf physikalische Fragen. Vorlesungen von BERNHARD RIEMANN. Herausgegeben von KARL HATTENDORFF“, dessen 1. Auflage im Jahre 1869 bei VIEWEG erschien.

RIEMANN hatte, anknüpfend an seinen Vorgänger DIRICHLET, während der kurzen Zeitspanne seiner Göttinger Dozententätigkeit, mehrfach über jenen Gegenstand Vorlesung gehalten, war aber vom Tode hinweggerafft worden, ehe sich eine feste Tradition in diesem so wichtigen und zukunftsreichen Gebiete hatte formen lassen. So war es geradezu eine entscheidende wissenschaftliche Tat, als HATTENDORFF die RIEMANNschen Vorlesungen über mathematische Physik herausgab. Er konnte sich dabei auf ein von RIEMANN selbst herrührendes Manuskript stützen, und daher ist es verständlich, daß trotz durchgreifender Änderung der Diktion dieses nicht viel mehr als 300 Seiten starke Buch die Tiefe und Vielseitigkeit des RIEMANNschen Geistes, die Unerschöpflichkeit seiner Ideen und die Originalität und Kraft seiner Methoden lebendig zum Ausdruck bringt. Noch heute muß auf jeden reifen Leser dieses längst vergriffene Werk einen unwiderstehlichen Reiz ausüben, trotzdem es eben in vielem „veraltet“ ist.

Die mächtige Entwicklung der theoretischen Physik in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts brachte eine Fülle neuer Anregungen und Probleme für die Mathematik und bedurfte ihrerseits so vieler neuer mathematischer Hilfsmittel, so daß es HEINRICH WEBER unmöglich erschien, die Aufgabe einer Neuherausgabe der RIEMANNschen Vorlesungen nach HATTENDORFFs Tode zu übernehmen, ohne gleichzeitig das Werk mit durchgreifenden Änderungen und Zusätzen umzugestalten und zu modernisieren. Nachdem einmal dieser Entschluß gefaßt war, scheint es nur natürlich, daß diese und erst recht die folgenden von WEBER bearbeiteten Auflagen sich vollständig von den RIEMANNschen Originalen entfernten und schließlich ein ganz neues, selbständiges Werk darstellten, das mit den ursprünglichen RIEMANNschen Vorlesungen nur noch in sehr losem Zusammenhange stand. Man darf ruhig aussprechen, daß dieser „RIEMANN-WEBER“ vieles von der kristallinen Klarheit und dem unwiderstehlichen Schwunge des ursprünglichen RIEMANNschen Werkes verloren hat; auf der anderen Seite kennt jeder Mathematiker und Physiker die großen Verdienste und Vorzüge der WEBERschen Leistung. Kaum

einer aus unserer Generation ist wissenschaftlich herangewachsen, ohne aus diesem Standardwerk gelernt zu haben, manchmal allerdings stöhnend und seufzend über Mängel an Übersicht und klarer Gedankenführung inmitten der Fülle von Einzelheiten und des Gemisches aus mehr mathematischen und mehr physikalischen Abschnitten.

Die Entwicklung der Wissenschaft ging aber so rasch weiter, daß es nicht mehr tunlich schien, das Buch bei neuen Auflagen durch die Methode der Ergänzungen und Zusätze auf der Höhe der wissenschaftlichen Forschung zu halten. Bald wurde die Notwendigkeit klar, an Stelle solcher Ergänzungen wiederum eine völlige Umgestaltung des ganzen Werkes vorzunehmen, wenn man dem Ideal der Vollständigkeit und Modernität treu bleiben wollte. WEBER hat diese Aufgabe selbst nicht mehr unternehmen können und sie jüngeren Fachgenossen überlassen müssen. Der vorliegende Band stellt den ersten Teil dieser Arbeit dar.

So vollständig und durchgreifend ist die Neuschöpfung des Werkes, daß man von dem alten RIEMANN-WEBER kaum noch etwas wiedererkennt. Der vorliegende Band, als erster mathematischer Teil des Ganzen bezeichnet, soll bald durch einen physikalischen zweiten Teil ergänzt werden, eine Trennung der Gesichtspunkte, welche wohl am meisten den Unterschied gegen das frühere Werk kennzeichnet, aber durchaus zweckmäßig erscheint.

Mit dem Prinzip der Vollständigkeit ist diesmal Ernst gemacht worden. Der Herausgeber, R. v. MISES, hat versucht, alles in das Werk aufzunehmen, was ihm für die heutige theoretische Physik und die Mechanik — die starke Betonung der Mechanik ist ebenfalls ein Charakteristicum des neuen MISESschen Buches — wichtig schien. Er hat diesen Wunsch nach Vollständigkeit auch schon im Titel zum Ausdruck bringen wollen, indem er dem modernen Gebiet der Integralgleichungen neben den Differentialgleichungen eine Art Gleichberechtigung verlieh (übrigens nach meinem Gefühl eine dem wahren Sachverhalt in der Wissenschaft nicht gerecht werdende Konzession an eine schon jetzt im Abklingen begriffene wissenschaftliche Modeströmung). So ist aus dem Buch eine Art Kompendium geworden, das von großem Nutzen für den forschenden und lernenden Physiker und auch für den Mathematiker sein wird, wenn auch nicht alle seine Teile denselben Geist von Frische und suggestiver Lebendigkeit atmen, und wenn auch das Ganze nichts weniger als eine einheitliche Darstellung ist.

Die Leistung des Herausgebers, R. v. MISES, muß sehr hoch eingeschätzt werden. Er hat von Anfang an mit klarem Blick erkannt, daß der Wunsch nach Vollständigkeit die Heranziehung verschiedener Mitarbeiter bedingt, und so hat er die Bearbeitung des Stoffes einer Reihe von namhaften Autoren anvertraut. Aber es ist nicht nur sein Verdienst, den Plan des Ganzen bis ins Einzelne entworfen zu haben, sondern MISES hat auch tatsächlich in sorgfältiger Kleinarbeit an fast allen einzelnen Beiträgen mitgewirkt und dadurch dafür gesorgt, daß bei allen individuellen Verschieden-

heiten der einzelnen Kapitel schließlich doch noch ein einheitlicher Zug im Ganzen zu spüren bleibt. An Originalität, innerem Wert und pädagogischem Geschick stellen sich die Beiträge der einzelnen Autoren verschieden dar. Neben gedrängten Wiederholungen und Auszügen von einigermaßen geläufigen Darstellungen finden wir Beiträge von hoher Eigenart und meisterhafter pädagogischer Klarheit. Besonders die Abschnitte aus der Feder des Herausgebers selbst verkörpern eine seltene Einheit von schriftstellerischer, wissenschaftlicher und pädagogischer Leistung.

So wird das MISESSCHE Buch sicherlich ebenso wie der alte RIEMANN-WEBER eine wichtige Rolle in der mathematisch-physikalischen Literatur spielen.

Angesichts dieser Tatsache darf man vielleicht den Wunsch aussprechen, daß die zahlreichen Leser des Buches dieses nicht schlechthin als ihre mathematische Bibel, als letzte Zuflucht in Zweifeln und Schwierigkeiten betrachten werden. Das Streben nach Vollständigkeit und Übersichtlichkeit in dem Werke darf nicht vergessen machen, daß bei der Größe unserer Wissenschaft, bei der Verschiedenheit der Gesichtspunkte und der Fülle der Methoden Vollständigkeit in der Mathematik schlechterdings unmöglich ist. Man darf auch nicht vergessen, daß, wenn die Zeichen nicht trügen, gerade die mathematische Physik jetzt wiederum in ein Stadium intensiver Entwicklung eintritt und im Begriffe ist, große Umgestaltungen zu erleiden. Gebiete, welche in dem MISESSCHEN Buche eine so große Rolle spielen, wie die Integralgleichungen, werden etwas von ihrer in den letzten Jahrzehnten vielleicht übertriebenen Bedeutung einbüßen. Die Variationsrechnung und ihre Erweiterungen werden immer mehr den Charakter einer speziellen mathematischen Disziplin abstreifen und eine beherrschende Stellung in der Analysis und mathematischen Physik einnehmen. Wenn man überhaupt das Recht hat, in der großen Leistung des MISESSCHEN Buches etwas Wesentliches zu kritisieren, so wäre es vielleicht die Tatsache, daß diese Tendenzen der Entwicklung in seiner ganzen Anlage nicht zum Ausdruck kommen können, und daß darum der Blick des Ganzen mehr auf die Vergangenheit und Gegenwart als auf die Zukunft der Wissenschaft gerichtet erscheint.

Aber solche Bedenken können nicht das Gefühl der Dankbarkeit mindern, welche das mathematische und physikalische Leserpublikum dem Herausgeber für seine mühevollen und überaus nützlichen Arbeit schuldet. Ich hoffe, daß er die schwere Last, die er mit der Herausgabe des Werkes übernommen hat, auch in den nächsten Auflagen mit dem gleichen Geschick wird meistern können wie bei dieser. R. COURANT, Göttingen.

KAYSER, H., Tabelle der Hauptlinien der Linienspektren aller Elemente. Berlin: Julius Springer 1926. VI, 198 S. 18 x 24 cm. Preis RM 24. —.

Herr KAYSER, der Altmeister der Spektroskopie, hat den Freunden seiner Wissenschaft wiederum ein schönes und willkommenes Geschenk beschert. Jeder, der sich mit Spektroskopie oder Spektralanalyse praktisch beschäftigt, kennt die Tabelle der stärksten Spektrallinien aller Elemente, die im VI. Bande des KAYSERSCHEN Handbuches enthalten ist. Diese Tabelle ist fast unentbehrlich bei jeglicher spektroskopischer Beschäftigung und hat vielen Forschern ausgezeichnete Dienste geleistet, vor allem viel Zeit erspart. Aber da sie 1913 erscheint, ist sie inzwischen leider veraltet und es ist bereits vielseitig der Wunsch nach einem modernen Ansprüchen genügenden Ersatz laut geworden. Dieser Wunsch ist nun in Erfüllung gegangen. Herr KAYSER hat die große Mühe und Arbeit nicht

gescheut, die mit der Neubearbeitung einer solchen Tabelle verknüpft ist, und legt uns nun in Form eines 200 Seiten starken Buches das neue Tabellenwerk vor. Schon dieser Umfang zeigt, daß gegenüber der alten Tabelle wesentliche Neuerungen eingetreten sein müssen. Diese bestehen zunächst einmal darin, daß nicht nur die stärksten Linien aufgenommen sind, sondern auch schwächere, wodurch sich die Gesamtzahl der Linien von 10 000 auf 19 000 erhöht. Das ist eine für die praktische Benutzung sehr ins Gewicht fallende Verbesserung. Außerdem ist der Wellenlängenbereich der Tabelle entsprechend den neuzeitlichen Fortschritten, sowohl nach dem ultraroten wie besonders nach dem extrem ultravioletten Spektralgebiete ganz wesentlich erweitert worden und erstreckt sich von 9,0850 μ bis zu 124 ÅE. Aber vielleicht von noch größerer Bedeutung wie diese Erweiterungen ist die Neubearbeitung der Wellenlängenwerte selbst. Selbstverständlich sind alle Wellenlängen in internationalen Angströmeinheiten angegeben, das wichtigste aber ist wohl dies, daß Herr KAYSER in dem Spektralgebiete von 10 000 bis 2000 ÅE., wo im allgemeinen mehrere Messungen vorliegen, Mittelwerte der Einzelbestimmungen unter kritischer Bewertung der einzelnen Messungen angibt. Man wird Herrn KAYSER unbedingt das Recht zugestehen, seine außerordentlichen Erfahrungen auf dem Gebiete der spektroskopischen Wellenlängenmessung in diesem Sinne zu verwerten. Ob aber nicht vielleicht die persönliche Verknüpftheit mit den im Bonner Institut ausgeführten Messungen die Entscheidung über die letzten Dezimalen gelegentlich etwas zugunsten dieser Messungen beeinflußt hat, mögen berufener Kenner dieser schwierigen Frage entscheiden. Jedenfalls dürften die richtigen Wellenlängenwerte innerhalb der angegebenen möglichen Fehlergrenze, nämlich ± 3 Einheiten der letzten im Wellenlängenwert angeführten Dezimale, bei der überwiegenden Mehrzahl der Linien tatsächlich liegen.

Neben der Wellenlänge steht dann das Symbol des Elementes, zu dessen Spektrum die Linie gehört. Hier ist eine Neuerung gegenüber der alten Tabelle insofern eingeführt, als dort, wo es bekannt ist, angegeben wird, ob die Linie zum Spektrum des neutralen Atomes (Bogenspektrum), oder des einfach, zweifach usw. ionisierten Atomes (Funkenspektren) gehört. Man wird hier den Wunsch nicht unterdrücken können, diese Angabe noch bei den Linien, deren Serieneinordnung bekannt ist, durch das Seriensymbol ergänzt zu sehen. Wir geben aber zu, daß dieser Wunsch zur Zeit noch unerfüllbar ist, weil eine einheitliche Terminologie für die Serienbezeichnung auch heute noch nicht existiert. Man darf aber wohl hoffen, daß die Zeit nicht mehr zu ferne ist, in der auch dieser Wunsch erfüllbar sein wird. Schließlich enthalten die Tabellen zu jeder Linie noch Intensitätsangaben, und zwar für Bogen, Funken und Geißlerrohr. Diese Angaben sind aber nicht nur cum grano salis, sondern, sagen wir, cum sacco salis zu verstehen. Denn erstens sind Intensitäten der Linien verschiedener Elemente ohne weiteres überhaupt nicht vergleichbar und zweitens beruhen alle Intensitätsangaben auf rohen Schätzungen, die dazu noch in ganz verschiedenen Skalen durchgeführt sind. Herr KAYSER hat sich bei dieser Sachlage in einem schweren Dilemma befunden und geschwankt, ob er unter solchen Umständen überhaupt Intensitäten angeben soll. Daß er es doch getan hat, ist durchaus zu begrüßen, denn so unvollkommen diese Zahlen auch sein mögen, so kann man ihren Wert doch dahin kurz charakterisieren: sapienti sat. Zum Schluß darf nicht unerwähnt bleiben, daß die Ausstattung, die der Verlag Springer dem Buche gegeben

hat, als vornehm und zweckmäßig bezeichnet werden muß. Die Tabellen sind auf Schreibpapier gedruckt und neben ihnen ist so viel Platz gelassen, daß jeder Benutzer Ergänzungen leicht selbst eintragen kann. Sollte es aber nicht vielleicht auch möglich sein, daß der Verf. von Zeit zu Zeit solche Ergänzungen, an Hand deren man diese Eintragungen machen kann, gedruckt herausgibt? Das würde dem einzelnen Benutzer viel Mühe sparen und andererseits eine allzu frühzeitige Überalterung des Tabellenwerkes verhindern.

Wir sind überzeugt, daß dies neue Werk von Herrn KAYSER nicht nur den wissenschaftlich arbeitenden Spektroskopikern von großem Nutzen sein wird, sondern z. B. auch den Chemikern und Metallurgen, die sich mit der neuerdings mehr und mehr Beachtung findenden quantitativen Spektralanalyse zu beschäftigen haben.

W. GROTRIAN, Berlin-Potsdam.

WEBER, A., *Die natürliche und künstliche Alterung des gehärteten Stahles*. Physikalische und metallographische Untersuchungen. Berlin: Julius Springer 1926. 76 S., 105 Abb. im Text und 12 Tafeln. 16 × 24 cm. Preis geh. RM 7.50, geb. RM 9.—.

Bekanntlich verändern die aus gehärtetem Stahl hergestellten Gegenstände bei gewöhnlicher Temperatur langsam ihre Abmessungen, sie „altern“. Hierdurch wird ihre Verwendung für viele Präzisionszwecke, für die sie sich dank ihrer guten mechanischen Eigenschaften vorzüglich eignen, außerordentlich erschwert, und es besteht die dringende Aufgabe, sie durch geeignete Vorbehandlung (in erster Linie thermische) vor dem Gebrauch künstlich zu „altern“ und damit ihre Neigung zu weiteren spontanen Formänderungen auszumerzen. Es ist nämlich bekannt, daß das Altern bei höherer Temperatur (50–150°) viel schneller als bei gewöhnlicher Temperatur erfolgt.

Die erste Ursache der Formänderungen beim Altern wird wohl in den beim Abschrecken und Härten auftretenden Eigenspannungen liegen. Diese sind unbedingt ein technischer Mangel, der zu beseitigen ist. Eine andere Ursache der Unbeständigkeit des gehärteten Stahles besteht in einer sehr langsamen spontanen *Anlaßwirkung* bereits bei gewöhnlicher Temperatur. Hierbei erleiden die günstigen Festigkeitseigenschaften des gehärteten Stahles eine Einbuße, und diese Form des Alterns setzt deshalb die Qualität des Stahles herab. Das künstliche Altern muß nun so durchgeführt werden, daß die Eigenspannungen möglichst ohne Anlaß-

wirkung beseitigt werden. Da zur völligen Beseitigung von Eigenspannungen in Eisen und Stahl Temperaturen von 300–500° erforderlich sind, bei 100–150° jedoch bereits die Anfänge einer Anlaßwirkung sich unangenehm bemerkbar machen, so ist jene Aufgabe ohne Kompromisse unlösbar. Die bisherigen künstlichen Alterungsverfahren wenden deshalb, sei es eine dauernde Erwärmung auf mäßige Temperaturen (50–150°), sei es eine mit schnellen Abkühlungen intermettierende, je nach Art des Materials, an. Eine vollkommene künstliche Alterung, die den höchsten Präzisionsforderungen genügt, ist bisher nicht erreicht worden.

Diesem Problem der Alterung ist die vorliegende, experimentell sehr sorgfältige Studie gewidmet. Sie stellt einen Beitrag zu dieser Frage dar, die den Rang einer Dissertation, nicht jedoch einer abschließenden Monographie hat, wie der Verfasser es anzunehmen scheint. An 6 Kohlenstoff- und Spezialstählen wurden die Änderungen der Dichte, der Länge und der elektrischen Leitfähigkeit bei natürlicher und künstlicher Alterung bei 100–150° untersucht. Die künstliche Alterung bei diesen Temperaturen wird als vollständig betrachtet, der Härteverlust durch Anlaßwirkung beträgt ca. 6%. Die Frage, ob eine Erhitzung auf konstante Temperatur oder eine Temperaturwechselbehandlung vorzuziehen ist, wird nicht entschieden (die Bemerkungen des Verfassers zu dieser Frage sind nicht klar und nicht immer überzeugend). Die Technik der Messungen wird recht eingehend beschrieben, bei der Darstellung der Dichtemessungen ist jedoch die Entlüftung des Wassers nicht erwähnt, auch stimmt die Fehlerberechnung nicht ganz. Die metallographischen Betrachtungen bringen einige schöne Beispiele langsamer Entstehung von Anlaßstrukturen, scheinen aber in einem Falle (Abb. 87–89, 90) sicher fehlerhaft zu sein: solche Strukturänderungen sind bei so niedrigen Temperaturen höchst unwahrscheinlich. Die allgemeinen Schlußfolgerungen und theoretischen Erörterungen sind unklar und vielfach fehlerhaft: die Metallographie des Eisens beherrscht der Verfasser nicht. Auch der Stil weist vielfach logische Unsauberkeiten auf. Im Zusammenhang mit den Mängeln strukturtheoretischen Charakters erscheint es deshalb zweifelhaft, ob der Verfasser seinen Resultaten gegenüber immer die richtige kritische Stellungnahme gefunden hat. Recht auffallend — insbesondere für eine abschließende Studie — sind die sehr kurzen Literaturangaben.

G. MASING, Berlin.

Zuschriften.

Der Herausgeber hält sich für die Zuschriften nicht für verantwortlich.

Ein Umwandlungspunkt der Ammoniumsalze zwischen — 30 und — 40 Grad.

Aus Messungen der mittleren spezifischen Wärme war bekannt, daß alle untersuchten Ammoniumsalze eine Anomalie im Gebiet zwischen — 80° und 0° aufweisen. Der eine von uns zeigte dann am Ammoniumchlorid¹⁾ durch Messung der wahren spezifischen Wärme, daß es sich dabei um eine Umwandlung handelt, die nicht bei einer definierten Temperatur vor sich geht, sondern sich über ein gewisses Bereich erstreckt — in diesem Falle über das Gebiet zwischen — 30° und — 40°. Wir haben jetzt die wahren spezifischen Wärmen einer Reihe von Ammoniumsalzen untersucht und gefunden, daß

sie sich ganz ähnlich dem Chlorid verhalten und daß der Temperaturbereich der Umwandlung nur wesentlich vom Anion abhängt. Eine Untersuchung der Krystallstruktur oberhalb und unterhalb des Umwandlungsgebietes ergab keine Unterschiede. Die dilatometrisch gemessenen Volumänderungen sind außerordentlich klein, sie liegen immer unter 1%. Es zeigt sich also, daß, wie auch in der oben erwähnten Arbeit angenommen wurde, diese Erscheinungen einem Übergang des Ammoniumradikals in einen anderen Zustand entsprechen. Zur genaueren Feststellung der Natur dieses Übergangs sind Messungen einer Reihe physikalischer Eigenschaften, insbesondere der ultraroten Absorption, sowie der elektrischen und magnetischen Eigenschaften im festen und gelösten Zustande vorgesehen.

Bei dieser Gelegenheit wurde auch die Krystall-

¹⁾ F. SIMON, Ann. d. Phys. 68, 263–266. 1922.

struktur des Ammoniumjodids unterhalb des bekannten Umwandlungspunktes bei -17° aufgenommen. Sie ergab sich, wie erwartet, vom Cäsiumchloridtyp — d. i. das Gitter, in dem die übrigen Ammoniumhalogenide bei gewöhnlicher Temperatur stabil sind — mit der Gitterkonstanten $a = 4,37 \text{ \AA}$, entsprechend einer Dichte von $d = 2,86$.

Berlin, den 3. August 1926.

F. SIMON. CL. v. SIMSON.

Das „Krystallisieren“ bei der Dehnung und die Dispergierbarkeit hochmolekularer Substanzen.

In den Naturwissenschaften vom 18. Juni 1926 — die ich wegen einer längeren Reise eben erst zu Gesicht bekomme — stellen R. O. HERZOG und Frl. D. KRÜGER die verschiedene Dispergierbarkeit des Kautschuks und der Cellulose in Parallele zu der von mir aufgefundenen Erscheinung¹⁾, daß Kautschuk erst bei der Dehnung ein Krystallspektrum bekommt, während bekanntlich Cellulose auch ohne Dehnung Krystallinterferenzen im Röntgenlicht zeigt. Sie verbinden damit die Theorie, daß bei Kautschuk die Affinitäten, welche die Moleküle (oder auch die Grundkörper des assoziierten Moleküls?) zusammenhalten, schwächer sind als bei Substanzen, die ohne Dehnung schon ein Krystallspektrum geben.

Es sei mir gestattet zu bemerken, daß ich grundsätzlich die gleiche Theorie schon vor einem Jahre in den Ergebn. d. exakt. Naturwiss. 4 publiziert habe²⁾. Ich habe den ungedehnten Kautschuk, der ein „amorphes“ Röntgenspektrum gibt, verglichen mit den Zwischenzuständen zwischen amorph und krystallinisch, z. B. mit den mesomorphen Zuständen im Sinne G. FRIEDEL³⁾. Nach FRIEDEL ist das Charakteristische dieser Übergangszustände darin gelegen, daß die Kräfte, die sonst im Krystall die Bausteine zu einem dreidimensionalen Gitter ordnen, hier zu schwach dazu sind, so daß bloß ein Zwischenzustand entsteht. Beim Kautschuk brauchen diese Kräfte dann die Unterstützung durch die Dehnung, damit die Bausteine in die Gitterstruktur einschnappen⁴⁾. Ich sehe keinen Unterschied zwischen meiner damals gebrachten Auffassung und der vor kurzem von HERZOG und KRÜGER publizierten Theorie.

¹⁾ J. R. KATZ, Röntgenspektrogramme von Kautschuk bei verschiedenen Dehnungsgraden (eine neue Untersuchungsmethode für Kautschuk und seine Dehnbarkeit), Chemiker-Ztg. 49, 353. 1925 (25. April); Röntgenspektrographische Untersuchungen am gedehnten Kautschuk und ihre mögliche Bedeutung für das Problem der Dehnungseigenschaften dieser Substanz, Naturwissenschaften 13, 411. 1925 (8. Mai); Über die Ursachen der Dehnbarkeit des Kautschuks I und II, Kolloid-Zeitschr. 36, 300. 1925 und 37, 19. 1925; Ist es immer möglich, eine scharfe Grenze zu ziehen zwischen amorphen und krystallinen quellbaren Körpern? Gibt es Zwischenstufen? Quellung II, Ergebn. d. exakt. Naturwiss. 4, 171. 1925.

²⁾ S. 171–185.

³⁾ Ann. de phys. 18, 273–483. 1922. Dies kommt ungefähr überein mit dem, was O. LEHMANN flüssigkrystallinische und fließend-krystallinische Zustände nannte.

⁴⁾ S. 178. Für eine Diskontinuität, für ein Einschnappen spricht die von mir gefundene, neuerdings von E. HAUSER und H. MARK bestätigte Tatsache, daß die „Krystallinterferenzen“ erst von einer bestimmten Dehnung an sichtbar werden.

Indessen tritt meiner Ansicht nach in den Ausführungen dieser Forscher dasjenige nicht genügend hervor, das ich für das Wesentliche in der Erscheinung halten möchte, nämlich, daß bei der Entspannung die „Krystallinterferenzen“ von selber wieder verschwinden (und in sehr kurzer Zeit). Das haben neuerdings auch E. HAUSER und H. MARK gefunden, die übrigens bei der Nachprüfung meiner Versuche überall zu den gleichen Versuchsergebnissen gekommen sind¹⁾. Dieses Wiederverschwinden des „Krystallspektrums“ läßt sich bei genügend stark mastizierten Rohkautschuken und bei vulkanisierten Kautschuken regelmäßig beobachten; ein Bestehenbleiben der Dehnung und der „Krystallinterferenzen“ wird nur bei bestimmten Rohkautschuken in nichtmastiziertem Zustande gefunden. Daß eine Substanz durch Dehnung auskrystallisiert, wäre ja nicht besonders interessant, sie könnte sich eben in einem übersättigten Zustande befinden haben. Aber die Tatsache, daß der Kautschuk bei der Entspannung zugleich wiederum „amorph“ wird, scheint mir der wesentliche Punkt. Denn diese Tatsache führt zu der Vermutung irgendeiner besonderen *preexistenten Struktur im „amorphen“ Zustande*, die erst bei der Dehnung zur „Krystallinität“ und zur Faserstruktur wird. Wie hätte sonst jedes Kautschukmolekül das einzigartige „Gedächtnis“, nach einer Dehnung der Substanz auf die zehnfache Länge genau seinen Platz zurückzufinden?

Wie gefährlich übrigens die Bestimmung der Dispergierbarkeit (der Diffusionskonstante) als Maß für die Intensität der gitterbildenden Kräfte ist, zeigen die inzwischen erschienenen grundlegenden Versuche von K. HESS²⁾, aus denen hervorgeht, daß bei der Diacetylcellulose, bei der Triacetylcellulose und neuerdings auch bei der Methylcellulose die Verteilung in verdünnten Lösungen molekular-dispers ist, während konzentriertere Lösungen ein hohes Molekulargewicht ergeben. Es ist daher offenbar die *Dispergierbarkeit einer gleichen Substanz in vielen Fällen eine Funktion der Konzentration*, und von allerlei noch schlecht bekannten Einflüssen abhängig. Das wirft ein neues Licht auf das Ergebnis von HERZOG und KRÜGER, nach denen unvorbehandelter Kautschuk sich molekular-dispers löst, aber nach Entfernung des Harzes sich nur zu viel größeren Micellen dispergieren läßt. Kann man unter diesen Umständen der Diffusionsmethode soviel Wert beimessen für die Bestimmung der Intensität der Gitterkräfte bzw. der Affinitäten?

Ich bin noch immer mit der Prüfung, welche andere stark dehbare Substanzen ähnliche Erscheinungen geben, dauernd beschäftigt und werde bald über weitere Ergebnisse berichten. Änderungen im Röntgenspektrum bei der Dehnung, die bei der Entspannung verschwinden, scheinen bei vielen Substanzen vorzukommen, welche kautschukähnlich sind oder Gelstruktur besitzen. Aber meiner Erfahrung nach sind sie nirgends so ausgesprochen wie beim natürlichen Kautschuk.

J. R. KATZ.

Bemerkung zu der Notiz von J. Koenigsberger „Optische Bestimmung der Dissoziationswärme der Halogene“.

Die Ausführungen von Herrn KOENIGSBERGER in dieser Zeitschr. 14, 779, H. 33. 1926, bedürfen, soweit sie meine eigenen Messungen des Jodbandenspektrums

¹⁾ Kolloidchem. Beih. Juni 1926.

²⁾ K. HESS, Ann. d. Chem. 448, 99. 1926; Naturwissenschaften 14, 435. 1926; Kolloidchem. Beih. (AMBRONN-Festschrift), August 1926.

berühren, zweier Berichtigungen: 1. Sämtliche Kantenformeln in der betr. Arbeit (Ann. d. Phys. 71, 104. 1923) sind lediglich auf Grund eigener Messungen berechnet worden, die ich an Aufnahmen von mehr als 100 Kanten mit einem großen 6-m-Konkavgitter (2 ÅE/mm) gemacht habe. Die Messungen von W. F. MEGGERS und C. G. PETERS waren mir unbekannt. 2. Die Bestimmung der Konvergenzstelle $\lambda 4995$ beruht nicht etwa, wie Herr KOENIGSBERGER meint, auf Extrapolation irgendeiner Kantenformel — deren Anwendbarkeit hier in der Tat fraglich erscheint — sondern auf direkter Beobachtung. Wie ich in meiner Arbeit hervorgehoben habe, erscheinen bei $\lambda 4995$ zum ersten Male Anzeichen einer Auflösung der kontinuierlichen Absorption in Banden. $\lambda 4995$ stellt also eine obere Grenze für die Konvergenzstelle dar, sie kann sehr wohl noch etwas kurzwelliger sein, aber jedenfalls nicht langwelliger, besonders kann sie nicht bei $\lambda 5005$ liegen, wo schon deutlich die Kantenfolge zu erkennen ist! Hiermit dürften sich aber auch die Überlegungen erübrigen, die Herr KOENIGSBERGER daran anknüpft. Ich kann auch nicht so recht einsehen, weswegen die Konvergenzstelle unbedingt beim Absorptionsmaximum liegen soll. Da für den ganzen Intensitätsverlauf doch vorwiegend statistische Gesetze gelten, so ist auch zu erwarten, daß kontinuierliche Absorption und Bandenabsorption in diesem Gebiete sich überlagern. Bemerkt sei auch noch, daß die Serieneinordnung von W. KILCHLING nicht ganz zutreffend ist, da ihm nicht die von mir benutzte Dispersion zur Verfügung gestanden hat, und Feinheiten in der Struktur dieses linienreichen Spektrums dadurch verlorengegangen sind.

Z. Zt. Schwarzow, den 14. August 1926.

R. MECKE.

Die Rolle der Phosphate bei der Zuckerdissimilation.

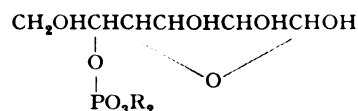
In der interessanten Zuschrift OTTO MEYERHOFS „Über die enzymatische Spaltung des Traubenzuckers und anderer Hexosen im Muskelextrakt“ im Hefte vom 6. August schließt der genannte Forscher, daß eine Umdeutung und Neuformulierung der HARDEN-YOUNGSCHE Gärungsgleichungen notwendig sei. Dies gibt uns Veranlassung, darauf hinzuweisen, daß wir auf Grund einer kritischen Betrachtung der vorhandenen Literatur vor einiger Zeit ebenfalls eine Abänderung der betreffenden Gleichungen vorgeschlagen haben¹⁾.

Da unsere Formulierung noch in wesentlichen Punkten von derjenigen MEYERHOFS abweicht, möchten wir kurz darüber berichten, was um so mehr berechtigt scheint, weil die neuen von MEYERHOF mitgeteilten Ergebnisse vorzüglich mit unserer Auffassung in Übereinstimmung zu bringen sind. Für die Dokumentation unserer Ansichten müssen wir jedoch auf unsere eben zitierte Abhandlung hinweisen.

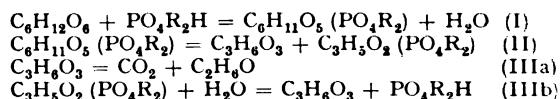
Bekanntlich findet nach der üblichen HARDEN-YOUNGSCHE Formulierung bei der alkoholischen Gärung eines Zuckermoleküls eine Phosphorylierung eines zweiten Zuckermoleküls statt.

Genau wie MEYERHOF dies jetzt auch macht, haben auch wir geschlossen, daß für den dissimilatorischen Zerfall eines Zuckermoleküls eben die vorangehende Phosphorylierung desselben Moleküls eine notwendige Bedingung ist. Während nun die meisten Untersucher,

wie z. B. H. VON EULER²⁾ der Ansicht sind, daß die normale Glucose vorangehend an der Phosphorylierung eine Umlagerung in eine labile Modifikation (Bio-Glucose, γ -Glucose usw.) erfährt, meinen wir daß es eben die Phosphorylierung ist, welche die normale Glucose in den ROBISONSCHE hexo-*emano*-phosphorsäuren Ester, worin die Glucose in die γ -Modifikation vorliegt, überführt. Wir haben dabei die große Wahrscheinlichkeit betont, daß dem letztgenannten Ester die folgende Konfiguration zukommt:



Weitere Überlegungen haben uns dazu geführt, den Gesamtvorgang der alkoholischen Gärung der Hexosen auf folgende Teilprozesse zurückzubringen:

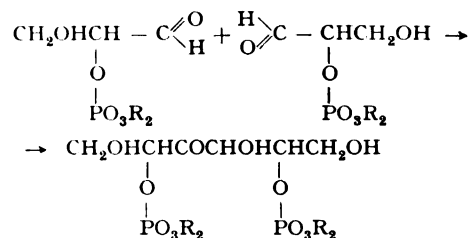


wobei das nach Gleichung (IIIb) freigekommene $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ ebenfalls einer Umlagerung nach Gleichung (IIIa) unterliegt.

Dieses Schema läßt sich auch für die Hexosedissimilation während der Muskelkontraktion verwerten, nur mit dem Unterschiede, daß in diesem Falle anstatt der gegebenen Gleichung (IIIa) eine Isomerisation des $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ in Milchsäure stattfindet.

Die gegebene Formulierung hat uns nun auch zu einer ungezwungenen Erklärung des Ursprunges der sowohl bei der alkoholischen Gärung wie auch bei der Zuckerdissimilation im Muskelgewebe in bestimmten Fällen auf den Vordergrund tretenden Hexosediphosphorsäure geführt. Während MEYERHOF meint, daß in der ersten Periode zwei Zuckermoleküle phosphoryliert werden, wobei das eine Estermolekül rasch zerfällt und das zweite Estermolekül „sich als Hexosediphosphorsäure stabilisiert“, entsteht die Hexosediphosphorsäure unserer Ansicht nach durch eine Kondensation des unter Umständen angehäuften triosephosphorsäuren Esters.

Auf die großen Vorzüge unserer Auffassung kann hier nicht näher eingegangen werden, wir beschränken uns daher darauf hinzuweisen, daß nach Analogie der von NEUBERG für die verschiedensten biochemischen Agentia nachgewiesenen Acetoinkondensation des Acetaldehydes (Karbologasewirkung) eine Kondensation des triosephosphorsäuren Esters nach folgender Gleichung durchaus annehmlich ist:



Hier ist also zum ersten Male eine präzisere Vorstellung der Konfiguration der Hexosediphosphorsäure

¹⁾ Unsere diesbezügliche Abhandlung wurde in der Sitzung der „Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam“ vom 30. Januar 1926 vorgelegt. Vgl.: Proc. of the roy. acad. Amsterdam 29, 322. 1926.

²⁾ H. VON EULER und R. NILSSON, Zeitschr. f. physiol. Chem. 148, 211. 1925; H. VON EULER und E. BRUNIS, Svensk Kemisk Tidskrift, 37, 301. 1925 (S. A.).

gegeben, welche mit allen verfügbaren Daten in gutem Einklang steht.

Es kommt uns nun vor, daß auch die neuen experimentellen Ergebnisse MEYERHOFs vorzüglich mit unserer Auffassung übereinstimmen. Dies möge folgendermaßen erläutert werden.

Während wir ganz die Ansicht MEYERHOFs teilen möchten, daß es in der intakten Hefe oder im intakten ruhenden Muskel gar nicht zu einer Anhäufung von Hexosediphosphorsäure kommt, bleibt es im Gedankenkreis dieses Forschers dunkel, warum unter den von ihm eingehaltenen Bedingungen die Menge des gebundenen Phosphates nahezu äquivalent ist zur Menge der gebildeten Milchsäure. Es ist doch nicht einzusehen, warum im betrachteten Falle das Verhältnis des labilen Esters zu dem sich stabilisierenden fast gerade 1 auf 1 sein soll, während doch im intakten Muskel diese Stabilisation völlig unterbleibt.

Für unsere Auffassung dagegen ist es eine logische Folgerung, daß in den Fällen, worin die Phosphatase-wirkung ganz oder fast ganz ausgeschaltet ist, für jedes Molekül gebundenen Phosphates *wenigstens* ein Molekül Milchsäure entsteht.

Wir möchten diese Gelegenheit benützen, um schließlich noch zu bemerken, daß wir erst nachträglich erblickt haben, daß auch von EULER¹⁾ in letzter Zeit dazu übergegangen ist, eine Entstehung der Hexosediphosphorsäure aus Triosemonophosphorsäure anzunehmen, ohne jedoch über die Kondensationsweise sowie über die Konfiguration des Kondensationsproduktes in eine nähere Vorstellung zu treten²⁾.

¹⁾ H. VON EULER, Chemie der Enzyme I. Teil, 3. Aufl., S. 336. 1925.

²⁾ Durch eine Abhandlung F. F. NORDS (Chemical

Reviews 3, 41. 1926) werden wir eben aufmerksam gemacht auf die Tatsache, daß auch D. L. RAYMOND (Proc. Nat. Acad. of Sciences II, 622. 1925) eine ähnliche Erklärung für die Bildung der Hexosediphosphorsäure gibt. Außerdem hat das Gärungsschema dieses Untersuchers in vielen Hinsichten Übereinstimmung mit dem unsrigen. Doch fehlt auch in der zitierten Abhandlung jede nähere Vorstellung der Konfiguration der verschiedenen phosphorsäuren Ester. [Anmerkung während der Korrektur].

Versuche zur näheren direkten experimentellen Bestätigung der von uns angenommenen Gärungsgleichungen sind schon mit gutem Erfolge vorgenommen. Darüber wird an anderer Stelle berichtet werden. Delft, Laboratorium für Mikrobiologie der Technischen Hochschule, den 13. August 1926.

A. J. KLUYVER und A. P. STRUYK.

¹⁾ O. MEYERHOF, Naturwissenschaften 14, 757. 1926. 2. Zuschrift.

Physikalische und Technische Mitteilungen.

Zur Frage Gold aus Quecksilber. Die im Forschungslaboratorium der Siemens & Halske A.-G., und der Siemens-Schuckertwerke G. m. b. H. angestellten Untersuchungen zur Frage „Gold aus Quecksilber“¹⁾ erstreckten sich in der Hauptsache auf elektrische Entladungen bei Anwesenheit von Quecksilber, Quecksilberdestillation und analytischen Nachweis von Gold in Quecksilber.

Die Destillation des Quecksilbers. Bei der Destillation des Quecksilbers gibt es außer dem Übergang des Goldes auf Grund seines eigenen Dampfdruckes noch 2 Möglichkeiten, unter denen es in das Destillat gelangt. Erstens in Destillationsapparaten, die bei mangelhaftem Vakuum oder dauerndem Zutritt von Luft arbeiten. Hier erfolgt der Übergang auf folgende Weise: Das verdampfende Quecksilber bildet im Verlaufe der Destillation an der Oberfläche Häute, die aus Oxyden und Nitriden seiner Verunreinigungen bestehen. Diese reichern sich an, adsorbieren, solange sie das Quecksilber benetzen, Gold oder Goldamalgam und werden schließlich als fein verteilte voluminöse Partikelchen durch den Dampfstrahl in das Destillat befördert. Alle Destillationsapparate, die mangelhaft dichtende Schiffe besitzen, sind deshalb ungeeignet. Zweitens bei der Hochvakuumdestillation auf Grund elektrostatischer Vorgänge: Betrachtet man ein unmittelbar in der Nähe der verdampfenden Quecksilberoberfläche kondensiertes Quecksilbertröpfchen (erste Fraktion) an der Glaswand des Destillationsapparates, so ist es dem Glas

gegenüber berührungselektrisch aufgeladen. Auf Grund seiner elektrischen Ladung wird es eine Vereinigung mit weiteren gleichnamig aufgeladenen Quecksilber-

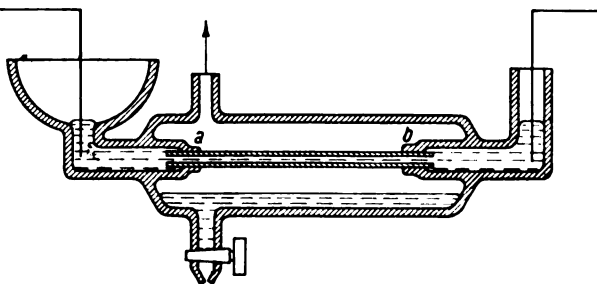


Fig. 1.



Fig. 2.

partikelchen verhindern, diese gegebenenfalls wieder abstoßen und als kleine Schwebekörperchen durch den Dampfstrahl in das Destillat gelangen lassen.

Unter Berücksichtigung dieser beiden Möglichkeiten des Goldüberganges wurden zwei Destillationsanordnungen gewählt, bei denen im Destillat kein Gold nachgewiesen werden konnte. Die eine Anordnung besteht aus einem Rohr, dessen Wandungen für Quecksilberdampf durchlässig, für flüssiges Quecksilber dagegen

¹⁾ Wissenschaftliche Veröffentlichungen aus dem Siemenskonzern V. Band, 1. Heft. 1926.

undurchlässig sind. Das mit Quecksilber gefüllte Rohr wird elektrisch geheizt, wobei das Quecksilber in Dampfform in das das Rohr umgebende evakuierte Gefäß gelangt (Fig. 1). Die andere Anordnung be-

während es zum zweiten Gefäß *b* ein Temperaturgefaß von 100° durchlaufen wird. Das Quecksilber destilliert von *a* in die erste Windung, verschließt dieselbe, destilliert in die zweite und so fort. Der Ofen wird ent-



Fig. 3.



Fig. 4.

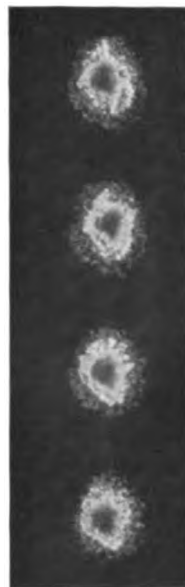


Fig. 5.



Fig. 6.

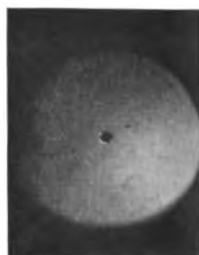


Fig. 7.

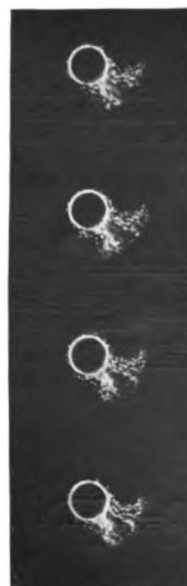


Fig. 8.



Fig. 9.



Fig. 10.



Fig. 11.

steht im Prinzip aus 2 Gefäßen, die durch eine Glasspirale verbunden sind (Fig. 2). In das Gefäß *a* wird Quecksilber gefüllt, das ganze evakuiert und abgeschmolzen. Hierauf wird die Vorrichtung horizontal in einem elektrischen Ofen in der Weise geheizt, daß das mit Quecksilber gefüllte Gefäß *a* auf 160° erwärmt,

sprechend der Beheizung und der Windung der Spirale so gedreht, daß die Einzelkondensate in der Spirale stets wieder nach *a* zurückbefördert werden. Man erreicht durch diese Anordnung eine Reihe von Einzeldestillationen im Hochvakuum, ohne daß Spritzer oder Oxydteilchen von einem Raum in den übernächsten

gelangen können. Quecksilber, das in dieser Anordnung destilliert war, zeigte weder im Glühkathodenversuch, noch in einem kleinen, aus Quecksilber und Wolfram bestehenden Unterbrecher eine Spur von Gold.

und anderen, die Analyse störenden Chemikalien gearbeitet worden war. Hier wurde die von den Herren MIETHE und STAMMREICH angegebene Methode zum Nachweis von Gold in Quecksilber nachgeprüft und



Fig. 12.

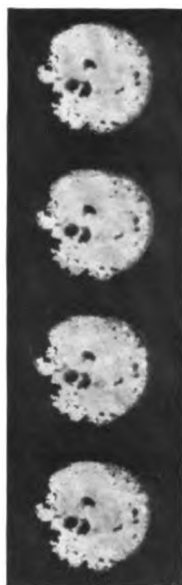


Fig. 13.

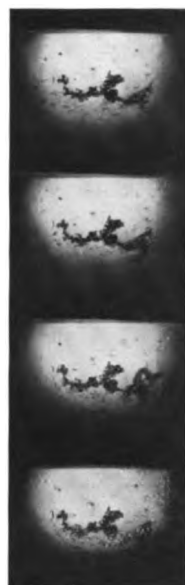


Fig. 14.



Fig. 15.

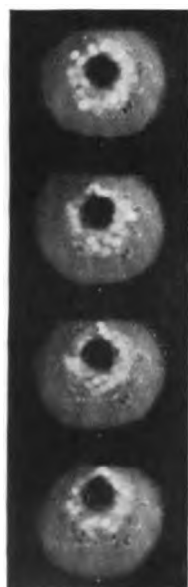


Fig. 16.

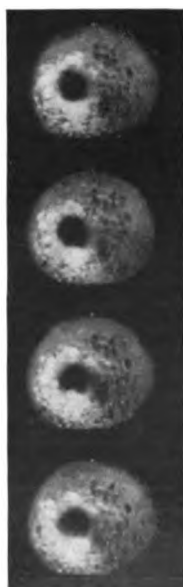


Fig. 17.

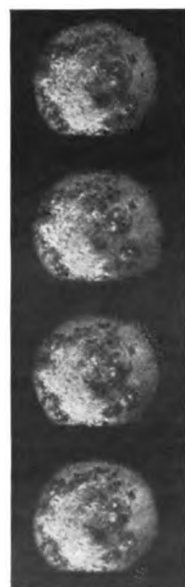


Fig. 18.

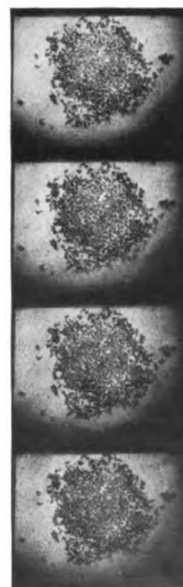


Fig. 19.

Der analytische Nachweis von Gold in Quecksilber
Die analytischen Untersuchungen, die bis zu einem gewissen Zeitpunkt in einem chemischen Laboratorium durchgeführt waren, wurden in einem eigens für diese Zwecke hergerichteten Hilfslaboratorium in einem neu erbauten Hause fortgesetzt, in dem noch nie mit Gold

festgestellt, daß dieselbe geeignet ist, Gold bis $\frac{1}{100\,000}$ mg zu erfassen, vorausgesetzt jedoch, daß sie unter ganz bestimmten Versuchsbedingungen durchgeführt wird.

Über die Vorgänge bei der Auflösung des Quecksilbers in Salpetersäure nach dieser Methode gibt der bei Zeiss in Jena im Laboratorium des Herrn Prof.

Dr. SIEDENTOPF aufgenommene Film näheren Aufschluß. Der Film zeigt die einzelnen Vorgänge bei der Auflösung reinen und goldhaltigen Quecksilbers, bei der das Gold quantitativ erfaßt wird (Langsame Auflösung des Quecksilbers in 40–60proz. Salpetersäure bei Temperaturen von 20–40°). Er zeigt ferner aber auch die Möglichkeiten, unter denen das Gold im Quecksilber bei der Auflösung in zu konzentrierter Salpetersäure oder bei Anwesenheit von Verunreinigungen übersehen bzw. der Goldgehalt unterschätzt werden kann.

Die folgenden Filmaufnahmen zeigen einige der wichtigsten Auflösungs Vorgänge. Fig. 3 und 4: Auflösung von Quecksilber mit $\frac{1}{10}$ mg Gold. Die Auflösung geht unter starker Stickoxydentwicklung vor sich. Fig. 5: Unter stürmischer Gasentwicklung geht das letzte Quecksilber in Lösung. Das bereits erstarrte Amalgam zeigt keine kugelförmige Gestalt mehr. Fig. 6 zeigt den Rückstand von $\frac{1}{10}$. Fig. 7 den Rückstand von $\frac{1}{50}$ mg Gold. Das Gold besteht aus einem Gefüge vieler kleiner Krystalle. Fig. 8: Auflösung von Quecksilber mit $\frac{1}{10}$ mg Gold in zu konzentrierter Säure. Bevorzugtes Lösungsgebiet. Fig. 9: Infolge der örtlichen Konzentrationszunahme des gebildeten Mercuronitrats ist Krystallausscheidung erfolgt, die den am Rande des Salzes liegenden Quecksilbertropfen bei weiterer Auflösung unter ständiger Salzbildung zur Seite verdrängt. Fig. 10: Durch Mercuronitratsalze völlig eingeschlossener Quecksilbertropfen. Fig. 11 und 12: Die im Quecksilber befindlichen größeren Goldkrystalle werden durch das entstandene Mercuronitrat umschlossen. Fig. 13: Nach Auflösung des letzten Quecksilbers liegt das Gold innerhalb des Mercuronitratsalzes in feiner Verteilung vor. Fig. 14: Gestalt des Goldrückstandes nach Auflösung des Salzes. Fig. 15: Auflösung eines Quecksilbertropfens mit $\frac{1}{10}$ mg Gold und Spuren von Eisen unter stürmischer Gasentwicklung. Fig. 16 und 17: Infolge der Anwesenheit des Eisens wird bereits zu Beginn des Auflösungs Vorganges Eisen und Gold aus dem sich auflösenden Quecksilber herausgeschleudert, bis in Fig. 18 ein völliges Zersprätzen des sich auflösenden Körpers sichtbar wird. Fig. 19: Der Goldrückstand von $\frac{1}{10}$ mg nach Auflösung des Quecksilbers.

Nach Erkenntnis der analytischen Vorgänge zum Nachweis von Gold im Quecksilber sowie der Destillationsmethoden wurde eine Nachprüfung des Quecksilbers aus den Versuchen vorgenommen, die positiv verlaufen waren und, bei der Probeentnahme dieser aufbewahrten Proben in manchen Fällen Gold, in manchen keins gefunden. Diese Erscheinung führte zu folgender Überlegung: Unter gewissen Bedingungen können kleine, im Quecksilber vorhandene Mengen Gold bei der Auflösung in der Salpetersäure übersehen werden oder aber der Goldgehalt einer Quecksilberprobe unterschätzt werden. Es gibt nun verschiedene physikalische Vorgänge, unter denen diese kleinen Goldmengen dem analytischen Nachweis zugänglich werden. Betrachten wir ein kleines in Quecksilber eingetauchtes Stückchen Gold, so wird sich dieses langsam darin auflösen. Wirft man aber ein kleines, vollkommen amalgamiertes Goldstückchen auf eine Quecksilbereoberfläche, so sinkt es nur dann zu Boden, wenn seine Größe ausreicht, um die von ihm verursachten Änderungen der Oberflächenspannung zu überwinden. Enthält das Quecksilber noch Beimengungen, die die Neigung haben, an der Oberfläche des Quecksilbers Häute zu bilden, so wird die Auflösung des Goldes an der Oberfläche langsamer von stattem gehen, das Gold wird sogar teilweise an den an der Oberfläche befindlichen, aus Oxyden und Nitriden der metallischen Beimengungen bestehenden Häuten adsorbiert bleiben. Untersucht man nun gold-

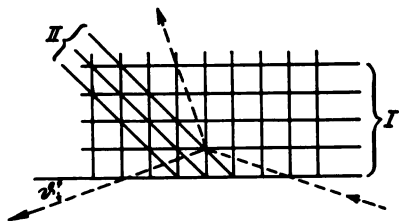
haltiges Quecksilber, bei dem das Gold der Analyse entgangen ist, nach längerem Stehen, so zeigt sich an einzelnen Stellen des Gefäßes eine Anreicherung des Goldes, das jetzt analytisch erfaßt werden kann. Das Gold ist durch das Stehenlassen inhomogen verteilt, und zwar findet man den größten Teil an der Gefäßwand und an den Stellen, wo sich Häute bilden können. Die Bedingungen für eine Hautbildung, die als Absorptionszentren für kleine, in Quecksilber gelöste Goldmengen betrachtet werden können, sind um so ausgesprochener, je höher die Temperaturen und die damit verbundenen Konvektionsströmungen im Quecksilber sind, ferner bei Anwesenheit von Sauerstoff und leicht oxydierbaren Metallen. Dieses ist nun der Fall bei fast jeder Versuchsanordnung, bei der das Quecksilber elektrischen Entladungen ausgesetzt wird und besonders da, wo der Temperaturwechsel und die damit verbundenen Konvektionsströmungen im Quecksilber groß sind. Kommt dann ferner bei Gold im Quecksilber noch eine Wanderung des Goldes unter dem Einfluß des elektrischen Stromes hinzu, wie es bei Kalium und Natrium nachgewiesen werden konnte, so ist die elektrische Entladung die günstigste Bedingung um kleine, im Quecksilber vorhandene Goldmengen der Analyse zugänglich zu machen. Dafür sprechen auch ganz besonders die Versuche, bei denen nach der elektrischen Behandlung des Quecksilbers die Hauptmenge des Goldes an irgendeiner Stelle örtlich konzentriert, beispielsweise in unmittelbarer Nähe der Oberfläche eines Lichtbogens nachgewiesen werden kann. E. DUHME und A. LOTZ.

Aufhellungslinien im Röntgenspektrum. Bei einer größeren Anzahl von Röntgenspektrogrammen verschiedenster Substanzen wurde vom Verfasser und seinen Mitarbeitern¹⁾ auf dem dunklen kontinuierlichen Spektralgrund eine helle Linie beobachtet, scheinbar eine Absorptionslinie. Daß es nur *scheinbar* eine solche ist, zeigte die von der Natur der strahlenden oder absorbierenden Substanz unabhängige Lage: Bei Verwendung von Steinsalz als Gitterkrystall liegt die Linie bei einer Wellenlänge (λ) von 1,778 Å, nahe der FeK β_1 -Linie. Nach der BRAGGSchen Reflexionsbedingung $\lambda = 2d \sin \theta$ entspricht der Wellenlänge λ bei gegebener Gitterkonstante d (für NaCl $d = 2,814$ Å) stets ein bestimmter Reflexionswinkel θ ; hier ergibt sich für θ ein Winkel, dessen tg genau $= \frac{1}{3}$ ist. Auch bei Sylvit, das ein dem Steinsalz gleiches (einfaches kubisches) Gitter besitzt, allerdings mit anderer Gitterkonstante, findet sich eine helle Linie, zwar bei einer anderen Wellenlänge aber bei demselben Reflexionswinkel ($\text{tg } \theta = \frac{1}{3}$). Bei anderen Krystallen hat sie andere Lagen. Beim Steinsalz ergab die Suche nach analogen Linien in anderen Gebieten des Spektrums nur noch eine für $\text{tg } \theta = \frac{1}{3}$.²⁾

¹⁾ O. BERG, Über neue Beobachtungen bei der Reflexion von Röntgenstrahlen am Krystallgitter. (Zum Teil nach Versuchen gemeinsam mit H. BEUTH, R. KLEIN und H. TH. MEYER.) Wissenschaftl. Veröff. a. d. Siemens-Konzern 5, 89–118. 1926.

²⁾ Nach Abschluß der hier besprochenen Mitteilung wurde der Verfasser von Herrn EWALD darauf aufmerksam gemacht, daß die Linien bereits anderen Beobachtern bekannt waren und auch die Grundlage für ihre Erklärung angegeben worden ist. Siehe darüber eine Diskussionsbemerkung von E. WAGNER und einen Hinweis von P. P. EWALD auf der Tagung in Nauheim (Phys. Zeitschr. 21, 618 und 633. 1920), sowie eine Mitteilung von O. B. OVERN unter dem Titel: An absolute scale of x-ray wave lengths (Phys. Rev. 18, 350–355. 1921). O. findet auch eine Linie für $\text{tg } \theta = \frac{1}{13}$, keine für $\text{tg } \theta = \frac{1}{3}$.

Die Erklärung der beobachteten Linien, deren Durchführung und Prüfung den Hauptteil der vorliegenden Untersuchung ausmacht, möge am Beispiel des Steinsalzkrystalles erläutert werden. Dessen Krystallgefüge läßt sich kennzeichnen als ein räumliches Netz mit kubischen Maschen. Die Eckpunkte dieser dem äußeren Spaltwürfel parallel orientierten Elementarwürfel sind abwechselnd mit Na- und Cl-Atomen besetzt. Um die Reflexionswirkung dieses Raumgitters bei der Erzeugung eines Röntgenspektrums zu verstehen, kann man nach BRAGG die Atome zusammenfassen, die in je einer zu den makroskopischen Spaltebenen parallelen „Netzebene“ enthalten sind. Jede dieser Ebenen kann als reflektierend angesehen werden. Ihre Gesamtwirkung summiert sich wie beim optischen Glasplattensatz zu einer Art Reflexion, die der BRAGG'schen Bedingung entspricht. Die Raumgitterpunkte der Na- und Cl-Atome lassen sich aber auch auf viele andere Arten zu Netzebenen scharen gruppieren, z. B. in Ebenen, die der Rhombendodekaederfläche parallel sind (s. die Ebenen II der schematischen Abbildung). Diese Netzebenen können ebenfalls als reflektierende Ebenen angesehen werden. Sie spalten vom einfallenden Strahl Teilbündel ab. Danach wird dieser vom Krystall in eine Reihe von Teilbündeln gespalten (Laue-Diagramm), die im allgemeinen verschiedene Wellenlänge haben; jedoch finden sich auch einzelne Bündel gleicher Wellenlänge. Solch ein Fall ist in der Figur schematisch dargestellt. Die Netzebenen schar II reflektiert dort in das



Krystallinnere hinein ein Teilbündel des einfallenden Strahles von derselben Wellenlänge wie die Würfel- fläche I nach außen. Beide Bündel teilen sich in die von der Wellenlänge λ zur Verfügung stehende Strahlen- menge, schwächen sich also gegenseitig. In einem mit den Reflexen der Würfel- fläche I erzeugten Spektrum erscheint also an der Stelle, die der Figur entspricht ($\tan \vartheta = 1/3$), im Spektrum eine Aufhellung, die eingangs erwähnte Aufhellungslinie.

Zur Prüfung der hier angedeuteten Erklärung erschien das vorliegende Beobachtungsmaterial (2 Linien, bei $\tan \vartheta = 1/3$ und $= 1/2$) allerdings etwas dürftig. Die Beobachtung, daß die Aufhellungslinie eine andere Krümmung besitzt als die Spektrallinien, wies auf einen Weg, auf dem es gelang, das Beobachtungsgebiet wesentlich zu erweitern. Geometrische Überlegungen ließen erwarten, daß eine Verschiebung der Aufhellungslinie eintreten müsse, wenn man den Steinsalzkrystall bei den Spektralaufnahmen aus seiner normalen Stellung um eine zur reflektierenden Würfel- fläche senkrechte Achse herausdreht. Da diese Ebene dabei erhalten bleibt, bleibt auch das eigentliche Spektrum un- geändert. Dagegen zeigte eine Reihe von Spektral- aufnahmen mit schrittweise herausgedrehtem Krystall, daß die Aufhellungslinien mit der Drehung des Krystalls zu wandern beginnen, wobei sie sich gegen die Spektral- linien schräg und schräger stellen. Die Wanderung ließ sich durch das ganze Spektrum hindurch verfolgen, wobei aus geometrischen Gründen mit einem Spalt von sehr kleiner Längsausdehnung gearbeitet werden mußte.

Dabei wurde außer den anfangs beobachteten Linien eine Reihe von neuen Linien aufgefunden, die sich mit den alten und unter einander in mannigfacher Weise kreuzen. Interessant ist beim Steinsalz das Überwiegen mehrfacher Kreuzungspunkte von 3–6 Linien.

Dies scheinbar schwer zu entwirrende Liniensystem ließ sich auf der angedeuteten Grundlage völlig erklären. Die Methode des reziproken Gitters erwies sich als sehr geeignet, um einen Überblick über das System der Aufhellungslinien zu gewinnen. Die Durchführung der geometrischen Betrachtungen für ein einfaches kubisches Gitter ergab eine Reihe von Aufhellungs- linien, die sich mit abnehmender Intensität beliebig fortsetzen läßt. Die hellsten dieser berechneten Linien entsprechen den beobachteten; diese sind ihrerseits sämtlich in den berechneten enthalten. Sie verdanken ihre Entstehung der aufhellenden Wirkung der dichtest mit Atomen besetzten Netzebenen, deren MILLER'sche Indizes die Zahl 2 nicht überschreiten. Der Auf- hellungswirkung unterliegen solche Strahlen, die im Krystall vor dem Wiederaustritt in bestimmten gegen das Gitter festliegenden leicht angebbaren Ebenen ver- laufen („ausgezeichneten Ebenen“). Für Krystall- gitter allgemeiner Art bedürfen die vorliegenden Be- trachtungen einer sinngemäßen Erweiterung. O. BERG.

Elektronenisomerie und Ausbildung von Röntgen- spektr. (R. SWINNE, Wiss. Veröffentl. a. d. Siemens- Konzern 5, 80/8. 1926.) In jüngster Zeit ist durch MAIN SMITH, STONER, LANDÉ und W. PAULI jr. die quantentheoretische Deutung des periodischen Systems der Elemente zu einem gewissen Abschluß gebracht worden (vgl. den zusammenfassenden Bericht des Verfassers in der Zeitschr. f. techn. Phys. 7, 166/80, 205/216. 1926). Hierbei erscheinen die den positiven Atomkern umgebenden Elektronen zu Gruppen zu- sammengefaßt, wobei ihre stationären Bahnen durch 4 verschiedene Quantenzahlen n, k, j und m charakterisiert werden, zwischen welchen gewisse zahlen- mäßige Beziehungen vorhanden sind. Während über die Zuordnung von Quantenzahlen für die Elektronen der Elemente zu Beginn und am Ende der verschieden langen Perioden keine Zweifel vorliegen, ist man noch nicht im klaren hinsichtlich der „Valenzelektronen“ bei den Übergangs- oder Nebenfamilien- elementen der langen Perioden (d. h. der Fe-, der Pd-, der Pt-Gruppen, der seltenen Erden und der letzten Elemente nach Th).

Verfasser hatte bei diesen Elementen in einem Bunsentagvortrag 1925 (vgl. die Naturwissenschaften 13, 640. 1925), allgemein die Möglichkeit verschiedener Unterteilungen der Valenzelektronen als „Elektronen- isomerie“ behandelt. Somit wurde bei diesen Elementen das Vorhandensein von verschiedenen durch Quanten- und Besetzungszahlen charakterisierten Elektronen- teilgruppen geringer Ablösungsarbeit angenommen. Nach dem Verfasser zeigt sich diese Isomerie nicht nur im Vorkommen verschiedener optischer Terme, son- dern auch im Vorhandensein verschiedener magneti- scher Zustände oder verschiedener Magnetonen- zahlen bei Metallen oder Salzen und dgl. dieser Elemente (so- wohl im kristallisierten, als auch im gelösten Zu- stande), in der Passivierbarkeit dieser Metalle, in einer besonderen Eignung ihrer selbst oder ihrer Verbin- dungen zu katalytischer Wirkung u. a. Kurz vor dem Vortrag des Verfassers oder bald nachher sind einzel- ne dieser Verknüpfungen der erwähnten physikalischen oder physikalisch-chemischen Eigenschaften mit so einem variierbaren Elektronenaufbau dieser Stoffe auch von anderer Seite ausgesprochen worden; hierüber wird im ersten Teil der vorliegenden Mitteilung eine kritische Übersicht gegeben.

Im 2. Teil wird auf die Ausbildung der Röntgenspektren innerhalb des periodischen Systems eingegangen. Bekanntlich entspricht einer jeden Elektronenanordnung im Atom eine bestimmte Ablösungsenergie eines Elektrons und damit auch ein Röntgenserienterm. Zur Charakterisierung der letzteren genügen aber die 3 Quantenzahlen n , k und j , so daß bei solchen Elektronenisomeren, bei welchen nur die magnetische Quantenzahl m verschiedene Werte aufweist, übereinstimmende Röntgenserien (nach dem jetzigen Stande der Röntgenspektrentheorie) zu erwarten sind. Bei den sonstigen Elektronenisomeren sind aber Unterschiede im Vorhandensein, Stärke und Größe dieser Röntgenserienterme vorauszusetzen. Obgleich das zur Zeit unzureichende Beobachtungsmaterial so einen experimentellen Nachweis von Elektronenisomeren nicht gestattet, wird vom Verfasser ganz allgemein die allmähliche Ausbildung der auf die verschiedenen Elektronenteilgruppen zurückgehenden Röntgenserienterme in der Reihe der Elemente bis zum Abschluß der VII. Periode mit der hypothetischen Ekaem (Z 118) behandelt. So wird in einer sechsfarbigten Tafel diese Ausbildung der Röntgenterme nebst zugehörigen Serienlinien entsprechend dem MAIN-SMITH-STONERSchen Elektronenbesetzungsschema übersichtlich dargestellt. In einer Abbildung wird dann für ein jedes Element bis zu Uran angegeben, ob eine bestimmte Röntgenserienlinie vollbesetzt oder in Ausbildung begriffenen Elektronenteilgruppen entspricht, oder ob über das Vorhandensein und die Besetzungszahl der letzteren zur Zeit gewisse Zweifel obwalten. Dabei lassen sich die bei Elektronenisomeren auftretenden Komplikationen übersehen; hierbei wird aber auf halboptische und Funken-Röntgenlinien nicht eingegangen. Jede unvollständige Besetzung einer Elektronenteilgruppe bewirkt ja eine Verminderung der Stärke der auf erstere zurückgehenden Röntgenserienlinie, sowie auch einen unnormalen Verlauf des Termwertes in einem MOSELEYSchen Schaubilde.

Eigenbericht.

Über das Leuchten verfestigter Gase. In einer ausführlichen, in den Ann. d. Phys. 79, 377. 1926 erschienenen Arbeit berichtet L. VEGARD zusammenfassend über seine im Leydener Kältelaboratorium angestellten Versuche über die Lumineszenz des festen Stickstoffs und anderer verfestigter Gase bei Anregung mit langsamen und schnellen Kathodenstrahlen sowie auch mit Kanalstrahlen. Über diese Untersuchungen und ihren Zusammenhang mit der Frage nach dem Ursprung des Nordlichtes ist in dieser Zeitschrift verschiedentlich berichtet worden, so daß sich ein erneutes Eingehen auf die vorliegende Arbeit erübrigen würde. Dieselbe enthält aber in ihrem zweiten Teile interessante neue Mitteilungen über das Auftreten von Banden, die sicher der sog. α -Modifikation des festen Stickstoffs (beständig nur unterhalb des Umwandlungspunktes bei 35° abs.) zuzuschreiben sind, da sie teilweise auch im Nachleuchten beobachtet werden. Diese Banden haben das Aussehen von stark diffusen Linien, und ihre Wellenlängen lassen sich deshalb nur mit geringer Genauigkeit bestimmen. VEGARD kann aber trotzdem zeigen, daß die gesetzmäßigen Beziehungen, die die Bandengruppen untereinander verknüpfen, genau dieselben sind, die wir von den Banden mehratomiger Gase und Dämpfe her kennen. Dies führt zu der Auffassung, daß auch diese von einem festen Körper emittierten

Banden dadurch entstehen, daß zunächst ein Elektron Energie aufnimmt und daß beim Rücksprung diese Energie mehr oder weniger als Schwingungsenergie erhalten bleibt. Die Fig. 1 der vorhergehenden Mitteilung kann also auch direkt zur Veranschaulichung dieser Vorgänge im festen Körper herangezogen werden. Weiterhin zeigt VEGARD, daß verschiedene Bandengruppen — er bezeichnet sie mit α , δ , θ , C und C' — in der Weise miteinander verknüpft sind, daß sie Übergängen entsprechen, die sich zwar durch das Anfangsniveau (also in Fig. 1 der vorhergehenden Mitteilung das oberste Niveau) unterscheiden, aber das untere Niveausystem gemeinsam haben. Eine andere noch kompliziertere Bandengruppe, das sog. ϵ -System, läßt sich dadurch erklären, daß auch über dem oberen Niveau der Fig. 1 weitere Stufen mit wachsenden Schwingungsquanten vorhanden sind und nun zwischen diesen beiden Niveausystemen Übergänge stattfinden. Die Frequenzen der Banden lassen sich genau so wie bei den Banden der Gase und Dämpfe durch DESLANDRESSche Formeln darstellen. Für die Gruppen α , δ , θ , C und C' lautet eine solche Formel (aus Tabelle 18 der VEGARDSchen Arbeit berechnet) $\nu = \nu_0 - 1785 n + 13 n^2$. Die Größe ν_0 , die dem reinen Elektronensprung entspricht, ist für die verschiedenen Gruppen verschieden. Für das ϵ -System lassen sich die Frequenzen durch die Formel darstellen $\nu = 33\,974 + 1461 n_1 - 15,5 n_1^2 - (2158 n_2 - 15,5 n_2^2)$. Es scheint uns nun nicht uninteressant, darauf hinzuweisen, daß die erste Formel nahe übereinstimmt mit der entsprechenden Formel für die zweite positive Bandengruppe des gasförmigen Stickstoffs, die lautet¹⁾ $\nu = \nu_0 - 1718,4 n + 14,5 n^2$. Andererseits stimmt der zweite Teil der Formel für das ϵ -System nahezu überein mit dem entsprechenden Teil der Formel für die negativen Banden des gasförmigen Stickstoffs. Diese Formel lautet $\nu = 25\,505,9 + 2398,2 n_1 - 26,5 n_1^2 - (2190,9 n_2 - 16,3 n_2^2)$. Diese Übereinstimmung besagt, daß im festen Stickstoff die Schwingungsfrequenzen des gasförmigen Moleküls mit geringen Abweichungen erhalten bleiben, und man wird daraus schließen, daß die Moleküle selbst in nur wenig veränderter Form als Bausteine im Kristallgitter auftreten. VEGARD hat nun aber im Leuchten des festen N_2 bekanntlich sowohl die positiven wie die negativen Banden des gasförmigen N_2 festgestellt und vertritt die Ansicht, daß auch diese Banden tatsächlich von dem festen N_2 selbst emittiert werden, wofür auch weitere experimentelle Befunde in der vorliegenden Arbeit zu sprechen scheinen. Wir möchten aber meinen, daß der obige Befund, der zeigt, daß das Molekül im Kristall zwar wenig, aber doch durchaus merklich deformiert ist, gegen die Auffassung von VEGARD spricht und eher die Vermutung nahelegt, daß die positiven und negativen Banden selbst doch von gasförmigem N_2 emittiert werden, der bei dem Bombardement des festen Körpers mit Kathoden- oder Kanalstrahlen frei wird. Schließlich möchten wir noch bemerken, daß die Verwandtschaft zwischen dem VEGARDSchen ϵ -System und den negativen N_2 -Banden den Schluß nahelegt, daß das ϵ -System im Kristall erzeugten N_2^+ -Ionen zuzuschreiben ist, da ja die negativen Banden bekanntlich von den gasförmigen N_2^+ -Ionen emittiert werden.

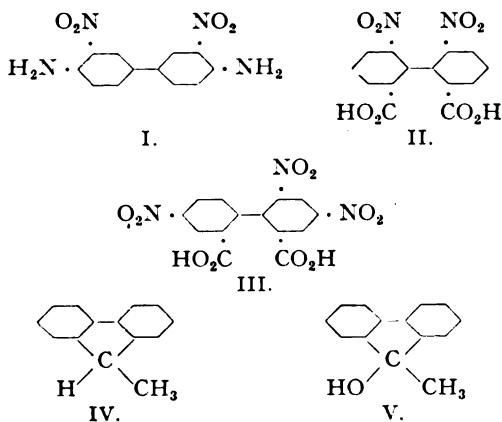
W. GROTRIAN.

¹⁾ Siehe z. B. R. MECKE, Phys. Zeitschr. 26, 231 und 232. 1926.

Das Verhältnis der klassischen Stereochemie zu den neueren Arbeiten K. Weissenbergs.

Von FRIEDRICH RICHTER, Berlin.

Die von VAN'T HOFF und LE BEL begründete stereochemische Theorie von der „Lagerung der Atome im Raume“ konnte kürzlich auf ihr fünfzig-jähriges Bestehen zurückblicken. Ihre Entwicklung ist aus diesem Anlaß von verschiedenen Forschern in ausgezeichnete Weise geschildert worden¹⁾, so daß es sich an dieser Stelle erübrigt, näher darauf einzugehen. E. COHEN hat am Schlusse seines Vortrages kurz bemerkt, daß die Vorzeichen darauf hindeuteten, „daß die Theorie des asymmetrischen Kohlenstoffatoms innerhalb absehbarer Zeit einer anderen den Platz wird räumen müssen, in welcher der Name des französischen Altmeisters LOUIS PASTEUR mit frischem Glanze leuchten wird, wenn auch die Lehre VAN'T HOFFS . . . für didaktische und heuristische Zwecke noch während langer Frist ihre Bedeutung geltend machen wird“. Zu den Vorzeichen, von denen E. COHEN gesprochen hat, gehören: das Auftreten von 3,3'-Dinitrobenzidin (I) und analogen Verbindungen in zwei isomeren Formen²⁾, die



¹⁾ E. COHEN, Naturwissenschaften 13, 284. 1925; P. WALDEN, Naturwissenschaften 13, 301, 331, 352, 376. 1925; Ber. d. dtsh. chem. Ges. 58, 237. 1925; Zeitschr. f. angew. Chem. 38, 429. 1925; B. RASSOW, Naturwissenschaften 13, 606, 819. 1925; M. DELÉPINE, Bl. (4) 37, 197. 1925; S. a. F. M. JÄGER, Bl. (4) 33, 853. 1923.

²⁾ CAIN und Mitarbeiter, Journ. of the chem. soc. 101, 2298. 1912; 103, 586, 2074. 1913; 105, 1437. 1914; BRADY, McHUGH, Journ. of the chem. soc. 123, 2047. 1923. Im Fall des Dinitrobenzidins selbst scheint es sich nach einer soeben veröffentlichten Arbeit von L. FÈVRE und TURNER (Journ. of the chem. soc. 129, 1759. 1926) um Strukturisomerie zu handeln. — In der Diphenylmethan-Reihe konnten analoge Isomerien nicht aufgefunden werden: BUTLER, ADAMS, Journ. of the chem. soc. 47, 2610. 1925.

Spaltung 5 substituierter Diphenylsäuren, z. B. der 6,6'-Dinitro- und 4,6,4'-Trinitrodiphenylsäure (II und III) in optische Antipoden¹⁾, das Auftreten von 9-Methylfluoren (IV) und 9-Methylfluorenol (V) in zwei stereoisomeren Formen²⁾, sowie endlich röntgenspektroskopische Befunde, von denen weiter unten die Rede sein wird. Die klassische Stereochemie lehrt, daß die Substituenten des Benzolringes mit diesem in einer Ebene liegen bzw., daß dieser eine Symmetrieebene des Moleküls bildet, und daß Substituenten um eine einfache Bindung frei drehbar sind, sie läßt also für Isomerien der eben genannten Art keinen Raum.

Wenn wir nun im folgenden versuchen wollen, uns Klarheit darüber zu verschaffen, wo die Ursachen für das Versagen der herrschenden stereochemischen Lehre in diesen Fällen zu finden sind, so sehen wir uns alsbald der Tatsache gegenübergestellt, daß die VAN'T HOFFsche Grundhypothese auf Voraussetzungen ruht, die wir heute als zu schematisch ablehnen müssen. Die fundamentalen Prinzipien der klassischen Stereochemie lauten in der noch heute allgemein verbreiteten Formulierung, die ihnen K. AUWERS und V. MEYER gegeben haben, folgendermaßen³⁾:

1. „Die vier Affinitäten eines Kohlenstoffatoms sind nach den Ecken eines regulären Tetraeders gerichtet, in dessen Mittelpunkt das Kohlenstoffatom gedacht ist. Kohlenstoffverbindungen der Formel Cabcd müssen daher in zwei isomeren Formen möglich sein, deren Moleküle sich verhalten wie Gegenstand und Spiegelbild. Ein Kohlenstoffatom, das mit vier verschiedenen Gruppen verbunden ist, wird ein asymmetrisches genannt. Die Isomerie optisch aktiver, chemisch gleich konstituierter Substanzen beruht auf der Anwesenheit eines oder mehrerer asymmetrischer Kohlenstoffatome.“

2. Zwei durch einfache Bindung miteinander verkettete Kohlenstoffatome sind um eine Achse, deren Richtung durch die verbindende Affinitäts-einheit gegeben ist, in beliebiger Richtung frei drehbar, und eine Isomerie ist als wirklich be-

¹⁾ KENNER und Mitarbeiter, Journ. of the chem. soc. 119, 593. 1921; 121, 614. 1922; 123, 779. 1923; 129, 671. 1926; Nature 112, 539. 1923.

²⁾ WIELAND und Mitarbeiter, Ber. d. dtsh. chem. Ges. 55, 3316. 1922; Liebigs Ann. d. Chem. 443, 132. 1925. Angaben von KUHN und JACOB (Ber. d. dtsh. chem. Ges. 58, 1432, 2232. 1925) über stereoisomere 9-Amino-fluorene sind von KLIEGL, WÜNSCH und WEIGLE (Ber. d. dtsh. chem. Ges. 59, 631. 1926) bestritten worden.

³⁾ Ber. d. dtsh. chem. Ges. 21, 784. 1888.

stehend nur für solche Körper des Typus $\text{>C}-\text{C}<$ anzusehen, welche durch Rotation um die gemeinsame Achse nicht in dieselbe Form übergeführt werden können.

3. Die Rotation zweier miteinander verbundener Kohlenstoffatome hört auf, eine freie, auch in entgegengesetzter Richtung mögliche zu sein, sobald an Stelle der einfachen Bindung eine mehrfache tritt.“

Zwar hat VAN'T HOFF¹⁾ selbst später zugegeben, daß bei unsymmetrischer Substitution geringe Abweichungen vom regulären Tetraeder wahrscheinlich seien, in die Lehrbücher ist aber diese Vorstellung nur selten übergegangen²⁾, und für die symmetrisch substituierten Derivate Ca_4 galt bis auf den heutigen Tag die Form eines regulären Tetraeders als die einzig mögliche. Daß diese Annahme aber unrichtig ist, lehrt folgende Überlegung. Die VAN'T HOFFsche Theorie der räumlichen Konfiguration³⁾ der Kohlenstoffverbindungen, soweit sie nur einfache Bindungen enthalten, ruht auf zwei experimentell gefundenen Tatsachen⁴⁾:

1. Auftreten von optischer Aktivität nur bei Verbindungen vom Typus Cabcd .

2. Fehlen von Isomeren bei Verbindungen vom Typus Ca_2bc und Ca_2b_2 sowie Ca_3b .

Nun fordert die erste Beobachtung zunächst zwingend nur, daß a, b, c, d nicht in einer Ebene mit C liegen können, denn diese Ebene ist immer eine Symmetrieebene, so daß nach dem PASTEURschen Prinzip, demzufolge die optische Aktivität durch *dissymétrie moléculaire*⁵⁾ bedingt ist, optische Aktivität hier unmöglich ist. Welcher Art indessen die besondere räumliche Anordnung ist, bleibt zunächst noch offen. Um sie näher zu bestimmen, bedient VAN'T HOFF sich der zweiten Beobachtung, indem er die unausgesprochene Voraussetzung macht, daß in erster Näherung der räumliche Bau von Cabcd beim Übergang in

¹⁾ Lagerung der Atome im Raume. 3. Aufl., S. 4. Braunschweig 1908.

²⁾ S. z. B. J. V. BRAUN, Lehrb. d. organ. Chemie, S. 18, Leipzig 1925: „Das aliphatische C-Atom hat das Symmetrieverhalten eines regulären Tetraeders“. Ähnliche Darstellungen bei HOLLEMAN, Lehrb. d. organ. Chemie, 17. Aufl., S. 55. 1924; TRAUTZ, Lehrb. d. Chemie, Bd. III, S. 206; J. SCHMIDT, Kurzes Lehrb. d. organ. Chemie, 3. Aufl., S. 42, Stuttgart 1922. Eine Ausnahme macht MEYER-JACOBSON, Bd. I¹, S. 91. Leipzig 1907.

³⁾ Unter Konfiguration versteht man die räumliche Anordnung der Atome im Molekül, unter Konstitution dagegen lediglich die Verteilung der Bindungen, ohne Rücksicht auf räumliche Verhältnisse. Dieser Hinweis erscheint nötig, da Verwechslungen nicht zu den Seltenheiten gehören.

⁴⁾ Vgl. A. WERNER, Lehrb. d. Stereochemie, S. 12. Jena 1904.

⁵⁾ Über die Bedeutung der Begriffe Dissymmetrie und Asymmetrie vgl. z. B. MANN und POPE, Journ. soc. chem. ind. 44, 833. 1925; es kann Enantiomorphie bestehen, ohne daß das Molekül aller Symmetrieelemente bar ist.

Ca_2bc erhalten bleibt. Daß dann nur das Tetraeder als räumliches Modell in Frage kommt, ist klar.

Es ist aber die schwache Seite der VAN'T HOFFschen Theorie, daß diese stillschweigende Voraussetzung in ihren Konsequenzen nicht erkannt und bei späteren Nachprüfungen meist überhaupt nicht beachtet worden ist. Nun lehrt schon die damals ja noch unbekannte Tatsache der „WALDENschen Umkehrung“, daß es unzulässig ist, sich das Molekül als ein so starres Gebilde vorzustellen. So gelangt denn auch P. WALDEN¹⁾ bei einer Diskussion des gesamten Materials über die von ihm entdeckte Umkehrung zu dem Schluß: „Die Auffassung der vier Kohlenstoffvalenzen als im Raume starr gerichteter Kräfte führt zu augenscheinlichen Widersprüchen, und infolgedessen ist die übliche Darstellung der Konfiguration einer asymmetrischen Kohlenstoffmolekel durch die räumlichen Modelle von KEKULÉ, VAN'T HOFF u. a. mit diesen starren gerichteten Valenzen nur bedingt zulässig; sie entspricht dem Grenzfall, welcher etwa beim absoluten Nullpunkt existiert“. Es ergibt sich mithin, daß die zweite Beobachtung für die Konfigurationsbestimmung nur mit Vorbehalt zu verwerten ist. Auch die von E. FISCHER²⁾ unter allen Kautelen angestellten Versuche, die häufig als schärfster Beweis für die VAN'T HOFFsche Theorie betrachtet werden, sagen über die besondere Art der räumlichen Lagerung in Wirklichkeit nichts aus. Denn das Verschwinden von optischer Aktivität bei Verbindungen vom Typus Ca_2bc ist bei jeder räumlichen Gruppierung zu erwarten, wenn die beiden Substituenten a sich symmetrisch zu der durch C, b und c gehenden Ebene stellen. Ähnliches gilt für die Umkehr der Drehung bei Vertauschung zweier Substituenten im Molekül Cabcd . Die VAN'T HOFFsche Deduktion des Tetraeders beruht auf der völlig willkürlichen Annahme, daß alle rein formal denkbaren Modifikationen auch realisierbar seien, es wird also mit anderen Worten die Frage des Energieinhaltes, d. h. der Stabilität der auf dem Papier konstruierten Isomeren ganz außer acht gelassen.

Daß nun die tatsächlich gefundenen Isomeren in keiner Weise die spezielle Hypothese eines regulären Tetraeders fordern, ist schon von LE BEL³⁾ in aller Klarheit erkannt worden; er schreibt 1890: „Betrachten wir ein Molekül, das n gleiche Radikale R enthält; wenn wir den Rest des Moleküls durch M bezeichnen, so wird seine

¹⁾ Optische Umkehrerscheinungen, S. 192. Braunschweig 1919. Aus neuerer Zeit s. etwa LEVENE, Journ. of biol. chem. 59, 473. 1924; 60, 1, 685; 63, 85. 1925; PHILLIPS, Journ. of the chem. soc. 123, 44. 1923; 127, 2567. 1925; HOLMBERG, Ber. d. dtsh. chem. Ges. 59, 125. 1926; SCHLUBACH, Ber. d. dtsh. chem. Ges. 59, 842. 1926.

²⁾ FISCHER, ROHDE, BRAUNS, Liebigs Ann. d. Chem. 402, 364. 1914; FISCHER, BRAUNS, Ber. d. dtsh. chem. Ges. 47, 3181. 1914; FISCHER, BRIEGER, Ber. d. dtsh. chem. Ges. 48, 1517. 1915.

³⁾ Bull. de la soc. chim. (3) 3, 790. 1890; 7, 613. 1892.

Formel MR_n und ein monosubstituiertes Derivat $MR_{n-1}X$ sein. Dieses Derivat ist ebenso wie das ursprüngliche Molekül ein im Gleichgewicht befindliches System materieller Punkte, und die Gleichgewichtsbedingungen des zweiten Moleküls sind wesentlich verschieden von denen des ersten, da das zweite ein neues Element X enthält. In jedem dieser Systeme kann es eine oder mehrere Gleichgewichtslagen geben; insbesondere hängt für das zweite System die Anzahl der Gleichgewichtslagen von den besonderen Eigenschaften jedes der Elemente, aus denen es sich zusammensetzt, ab, und nicht von der Lage, die diese Elemente im System MR_n eingenommen haben. Dies macht es verständlich, daß jedes dieser Systeme nur eine Gleichgewichtslage zu haben braucht, selbst wenn im ersten die Radikale nicht symmetrisch verteilt wären. . . Auch wenn daher die Lagen der Radikale R in der Verbindung CR_4 nicht symmetrisch wären, folgt daraus nicht notwendig, daß es mehrere Monosubstitutionsprodukte der Form CR_3X geben müßte, und umgekehrt hat man kein Recht, aus der experimentellen Erfahrung, daß es nur ein Monosubstitutionsprodukt gibt, zu schließen, daß CR_4 ein reguläres Tetraeder ist."

Bedenkt man nun andererseits die große Zahl von Prüfungen, denen die VAN'T HOFFSche Theorie unterworfen worden ist, ohne daß sich grobe Abweichungen in nennenswerter Zahl herausgestellt hätten, so wird man zu der Annahme gedrängt, daß ihr doch ein erheblicher Wahrheitsgehalt innewohnen muß. Zu diesem Ergebnis führt nun in der Tat eine theoretisch strengere Ableitung, welche von den Mängeln der VAN'T HOFFSchen Beweisführung frei ist.

Bevor wir indessen hierauf eingehen, ist es nötig, noch kurze Zeit bei dem ersten Hauptsatz der VAN'T HOFFSchen Theorie zu verweilen, da auch die dort eingeführte Definition des „asymmetrischen Kohlenstoffs“ sich als unzulänglich erwiesen hat. Es zeigte sich nämlich schon sehr bald, daß mit dieser Definition der Kernpunkt der Theorie der optisch aktiven Verbindungen nicht getroffen war. Ein asymmetrisches Kohlenstoffatom war wohl eine hinreichende, aber keine notwendige Bedingung für das Auftreten optischer Aktivität. Es ist heute eine ganze Reihe von Fällen bekannt, wo ein „eigentliches“ asymmetrisches Kohlenstoffatom fehlt (z. B. optisch aktive Spirane) und wo man deshalb „Molekülasymmetrie“ für die optische Aktivität verantwortlich machen muß. Aber auch in denjenigen Fällen, wo nach der Definition ein asymmetrisches C-Atom vorliegt, ist man, um zu richtigen Aussagen über die Anzahl der zu erwartenden Isomeren zu gelangen, genötigt, d- und l-Konfigurationen desselben Radikals als „verschieden“ im Sinne der Definition zu betrachten. Um diese Entscheidung zwischen d- und l-Konfigurationen herbeizuführen, muß man jedoch bereits diejenigen Symmetriebetrachtungen (Deckoperationen) vornehmen, deren Anwendung

auf das ganze Molekül schon an und für sich ohne den Begriff des asymmetrischen Kohlenstoffatoms zur Voraussage der Isomerenzahl genügt. Hätte man daher von vornherein, wie es BOUVEAULT¹⁾ am Beispiel des Inosits gezeigt hat, die Symmetrieelemente des ganzen Moleküls aufgesucht, so hätte sich ergeben, daß der Begriff des asymmetrischen Kohlenstoffatoms kein fundamentaler ist, und die Einführung von Begriffen wie „relative Asymmetrie“²⁾ und „Pseudoasymmetrie“³⁾ zur Umgehung der Schwierigkeiten hätte sich erübrigt. In den Lehrbüchern war dieses Zugeständnis implicite bereits enthalten⁴⁾, indem sie für die komplizierteren Fälle das Zurückgreifen auf das „Modell“ empfahlen. Der erste, der auf diese Verhältnisse hingewiesen hat, ist wohl O. ASCHAN⁵⁾ gewesen. Seitdem sind ähnliche Betrachtungen auch von anderen Autoren⁶⁾ wiederholt angestellt worden, ohne daß sie die Popularität des asymmetrischen Kohlenstoffatoms, das eben den Vorzug besaß, eine bequeme Faustregel darzustellen, ernstlich erschüttert hätten.

Für die im folgenden anzustellenden Überlegungen ist es wichtig, sich ferner eine Hypothese zu vergegenwärtigen, welche der Stereochemie sowohl von VAN'T HOFF als auch von LE BEL zugrunde gelegt wurde. Sie enthält eine gewisse Vereinfachung, darin bestehend, daß auf die Eigensymmetrie der Substituenten a, b, c, d des Moleküls Cabcd keine Rücksicht genommen wird (sofern diese Substituenten nicht asymmetrisch im Sinne der Theorie sind). LE BEL sagt darüber ausdrücklich⁷⁾: . . . „nous ferons abstraction des dissymétries qui pourraient résulter de l'orientation que possèdent dans l'espace les atomes et les radicaux monoatomiques, ce qui revient à les évaluer à des sphères ou à des points matériels, qui seront égaux si ces atomes sont égaux entre eux, et différents si ceux-ci sont différents. Cette restriction est justifiée par ce fait que, sans avoir recours à cette orientation, on a pu prévoir toutes les isoméries observées jusqu'à ce jour“. Bei VAN'T HOFF spielt das Prinzip der freien Drehbarkeit (s. o. S. 889/90, Satz 2) eine ähnliche Rolle. Es wird von ihm folgendermaßen formuliert⁸⁾: „Aus der Annahme, daß die am asymmetrischen Kohlenstoff gebundenen Gruppen einem unsymmetrischen tetraedrischen Gebilde entsprechen, folgt unmittelbar, daß für eine Verbindung mit zwei aneinander gebundenen asymmetrischen Kohlenstoffatomen:

¹⁾ Bull. de la soc. chim. (3) 11, 144. 1894.

²⁾ A. BAEYER, Liebigs Ann. d. Chem. 245, 130. 1888.

³⁾ LANDOLT, Das optische Drehungsvermögen, 2. Aufl., S. 50, 121. Braunschweig 1898; s. a. MOHR, Journ. f. prakt. Chem. (2) 68, 309. 1903; 87, 91. 1912.

⁴⁾ VAN'T HOFF, Lagerung usw., 3. Aufl., S. 22.

⁵⁾ Ber. d. dtsh. chem. Ges. 35, 3390. 1902; HARTWALL, Diss., Helsingfors 1904.

⁶⁾ Literatur bei F. M. JÄGER, Principe de symétrie, 2. französ. Aufl., S. 297. 1925.

⁷⁾ Bull. de la soc. chim. (2) 22, 338. 1874.

⁸⁾ Lagerung usw., 3. Aufl., S. 15.

$CR_1R_2R_3 \cdot CR_4R_5R_6$ insoweit die Lage bestimmt ist, als die Kohlenstoffatome beide gleichzeitig Mittelpunkt des einen und Eckpunkt des anderen Tetraeders bilden, wie es nebenstehende Figur zeigt. Ebenso gut jedoch wie die Anordnung in Fig. 1 steht mit der Grundauffassung jedes andere Schema im Einklang, das durch Drehung z. B. des unteren Tetraeders um die C-C-Achse entsteht. Um dieser Möglichkeit einer endlosen Isomerie zu entgehen, ist keine Zusatzhypothese nötig. Bei der durch die Grundauffassung zugelassenen freien Drehung wird die gegenseitige Wirkung der Gruppen $R_1R_2R_3$ einerseits auf $R_4R_5R_6$ andererseits zu einer einzigen bevorzugten Konfiguration führen⁽¹⁾. Dies ist im wesentlichen auch der Sinn dessen, was früher J. WISLIZENUS²⁾ als „begünstigte Konfiguration“ bezeichnet hatte. Alle diese An-

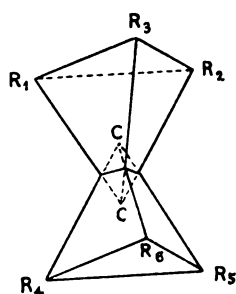


Fig. 1.

nahmen laufen darauf hinaus, daß man versucht, die durch räumliche Orientierung hervorgerufenen Isomerien auf ein Minimum herabzudrücken, um in Einklang mit den Tatsachen zu bleiben. Wenn nun die Entwicklung der Stereochemie auch die Berechtigung eines solchen Vorgehens im allgemeinen bewiesen hat, so ist doch die Möglichkeit nicht von der Hand zu weisen, daß ein Teil der eingangs erwähnten Abweichungen eben mit dieser Tatsache im Zusammenhang steht, und ist ferner zu beachten, daß für tiefe Temperaturen und den Aufbau der Moleküle im Krystall eine derartige Einschränkung zweifellos unzulässig ist. Daß der Begriff der freien Drehbarkeit bei der sog. „doppelten Bindung“ zu ernststen Schwierigkeiten führt, sei nur im Vorübergehen erwähnt³⁾.

Eine weitere Stütze des Gebäudes der VAN'T HOFF'schen Stereochemie bildete noch vor nicht allzulanger Zeit die bekannte BAYERSche „Spannungstheorie“⁽⁴⁾. Indessen erscheint der Geltungsbereich dieser Theorie durch neuere Beobachtungen zum mindesten sehr stark eingeschränkt. So hat CH. K. INGOLD⁵⁾ nachzuweisen versucht, daß die experimentellen Befunde mit gewissen

Abweichungen vom regulären Tetraeder besser vereinbar sind. Andererseits wendet man seit der Entdeckung stereoisomerer Dekahydronaphthaline durch HÜCKEL¹⁾ und dem von RUZICKA²⁾ geführten Nachweis, daß vielgliedrige Ringe völlig beständig sein können, dem räumlichen Cyclohexanmodell von SACHSE³⁾ erneutes Interesse zu. Z. B. deutet WINDAUS⁴⁾ die Stereoisomerie der Cholangsäure und Allocholansäure in diesem Sinne. Daß sich aus dem Gittermodell des Diamanten beliebig große spannungsfreie Ringe gerader C-Zahl heraus schneiden lassen, ist bereits von MOHR⁵⁾ gezeigt worden. Die Geschichte der Spannungstheorie beweist also auf das deutlichste, wie vorsichtig man mit Rückschlüssen aus der Isomerenzahl auf die Molekülkonfiguration sein sollte. Suchte man früher „Spannungen“ in gewissen Ringsystemen sowie das Fehlen von bestimmten Isomeren bei cyclischen Verbindungen aus der tetraedrischen Struktur des Kohlenstoffatoms zu erklären, so muß heute das gleiche tetraedrische Modell die Ursache für die Spannungslosigkeit solcher Ringsysteme und für das Auftreten von Isomeren abgeben, indem man die Hypothese einer gewissen Beweglichkeit der Ringglieder gegeneinander einführt.

Will man nun alle die hier erörterten Schwierigkeiten vermeiden und zu einer allgemeineren und strengeren Fassung der stereochemischen Theorie gelangen, so hat man nur nötig, die in der Kristallographie seit SCHÖNFLIES⁶⁾ und v. FEDOROW⁷⁾ zu einem hohen Grad der Vervollendung gebrachte Symmetrietheorie⁸⁾ auf das chemische Molekül zu übertragen. Der physikalische Sinn eines solchen Unternehmens zeigt sich darin, daß die symmetrischen Anordnungen von Atomen Extremwerten der potentiellen Energie entsprechen. Die Symmetrietheorie ist mit anderen Worten in der Lage, gerade über die räumliche Konfiguration der stabilen (bzw. auch der extrem labilen) Atomgruppierungen Angaben zu machen. Die Aufgabe besteht also darin, zu untersuchen, auf wieviel verschiedene Arten gegebene Atome oder Radikale

¹⁾ Ähnlich A. WERNER, Lehrb. d. Stereochemie, S. 183. Jena 1904.

²⁾ Abh. d. math.-phys. Kl. Sächs. Ges. d. Wiss. 14. 1887. S. a. BAYER, Liebigs Ann. d. Chem. 258, 183. 1890; AUWERS, Liebigs Ann. d. Chem. 285, 274. 1895.

³⁾ Vgl. Anm. 2 auf S. 895, Spalte 1.

⁴⁾ Ber. d. dtsh. chem. Ges. 18, 2277. 1885; 23. 1272. 1890.

⁵⁾ GANE und INGOLD, Journ. of the chem. soc. 129, 10. 1926. Indessen ist die alte, von diesen Autoren geteilte Ansicht, wonach aus den thermischen Daten für den Vierring ein Minimum an Beständigkeit folge, wie HÜCKEL (Ber. d. dtsh. chem. Ges. 53, 1277; vgl. FAJANS, Ber. d. dtsh. chem. Ges. 55, 2826; Zeitschr. f. Elektrochem. 31, 68) und WIBAUT (Chim. et Ind., Sonderheft Mai 1923) gezeigt haben, irrig.

¹⁾ Liebigs Ann. d. Chem. 441, 1. 1925; Ber. d. dtsh. chem. Ges. 58, 1449. 1925.

²⁾ RUZICKA und Mitarbeiter, Helv. Chim. Acta 9. 449. 1926.

³⁾ Ber. d. dtsh. chem. Ges. 23, 1363. 1890; Zeitschr. f. physikal. Chem. 10, 203. 1892. S. a. MILLS u. SCHINDLER, Journ. of the chem. soc. 123, 315. 1923.

⁴⁾ Liebigs Ann. d. Chem. 447, 240. 1926; S. a. WINDAUS und HÜCKEL, Nachr. v. d. Ges. d. Wiss., Göttingen, Mathem.-physik. Kl., 1921, S. 162.

⁵⁾ Journ. f. prakt. Chem. (2) 98, 315. 1918.

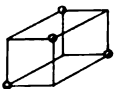
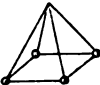
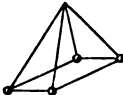
⁶⁾ Krystallsysteme und Krystallstruktur. Leipzig 1891.

⁷⁾ Symmetrie der regelmäßigen Systeme der Figuren. Petersburg 1890; Z. Krystallogr. 24, 209. 1895, und weitere Arbeiten.

⁸⁾ Aus neuerer Zeit s. vor allem P. NIGGLI, Geometrische Krystallographie des Diskontinuums. Leipzig 1919.

von bestimmtem Symmetriegrad sich stabil zu gruppieren vermögen. Es ist das Verdienst von K. WEISSENBERG¹⁾, diese Überlegungen durchgeführt und in einem Tabellenwerk niedergelegt zu haben. Um etwaige Bedenken im voraus zu zerstreuen, sei bereits hier bemerkt, daß eine solche Klassifikation selbstverständlich nur den formalen Rahmen der Theorie bildet. Welche der zahlreichen möglichen Fälle in der Wirklichkeit durch das Experiment aufgefunden werden, bleibt zunächst dahingestellt. Das Resultat der WEISSENBERGSchen Untersuchungen ist für Verbindungen vom Typus Ca_4 in der nachstehenden Tabelle

ist das *reguläre* Tetraeder möglich. Neben dem Tetraeder aber begegnet uns als Bauprinzip die Pyramide, wie sie schon von LE BEL als mögliches Modell für Verbindungen dieses Typus vorausgesagt worden ist¹⁾. Es ist deshalb ein starkes Argument für die Auffassung von LE BEL und WEISSENBERG, daß die Pyramide im Krystallgitter des Pentaerythrits $\text{C}(\text{CH}_2 \cdot \text{OH})_4$, dessen $(\text{CH}_2 \cdot \text{OH})$ -Gruppe keine trigonale Achse enthält, mit röntgenographischen Methoden exakt nachgewiesen worden ist²⁾ und daß andererseits die gleiche Methode für das Tetramethylmethan $\text{C}(\text{CH}_3)_4$ eine tetraedrische Konfiguration ergeben

Symmetrie des Substituenten			Molekül Ca_4														
			raumzentrisch						planzentrisch				pyramidal exzentrisch				
																	
			a	i	a	i	a	i	a	i	a	i	a	i	a	i	
C_1		l							V					C_4			
		d					S_4		V					C_2			C_{2v}
C_2		l							D_4		V_d						
		d							D_4								
C_3		l	T														
		d	T														
C_5							V_d			C_{4h}		V_h		C_{4v}			
C_{2v}										D_{4h}							
C_{3v}				T_d													

Die erste Kolumne enthält in Form der SCHÖNFLIESSchen Symbole (versinnbildlicht durch die danebenstehenden Zeichen) alle (sechs) Symmetrien, die vier gleiche Substituenten a (Element oder Radikal), *gleichwertig* um ein C-Atom gruppiert, besitzen können (monogonale, digonale, trigonale Achse usw.). Rechts- und Links-Formen sind durch d und l unterschieden. Die Figuren im Kopf der Tabelle zeigen die möglichen Konfigurationen der Substituenten ($^{\circ}$) um das C-Atom, das in der Mitte des Raumes (raumzentrisch), in der Mitte der Ebene oder an der Spitze der Pyramide zu denken ist. Zu jeder der sechs Symmetrien des Substituenten kann man dann aus der Tabelle die Symmetrien derjenigen Moleküle Ca_4 , die sich aus ihm aufbauen lassen, in SCHÖNFLIESSchen Symbolen ablesen. Lücken in der Tabelle bedeuten, daß die betr. Konfiguration nicht aus Substituenten aller aufgeführten sechs Symmetrien aufgebaut werden kann, z. B. die raumzentrische nicht aus Substituenten C_{3v} . Unter a sind die optisch aktiven, unter i die inaktiven Moleküle verzeichnet.

wiedergegeben. Durchmustern wir die Konfigurationen der Tabelle, so ergibt sich, daß ihre Form von der Symmetrie der Substituenten entscheidend beeinflusst wird. Nur bei Substituenten, die eine trigonale Drehachse (C_3) oder eine trigonale Drehachse und Spiegelebene (C_{3v}) enthalten,

¹⁾ Z. Krystallogr. **62**, 13, 52. 1925; **63**, 221. 1926; Ber. d. dtsh. chem. Ges. **59**, 1526. 1926; s. a. die Besprechung von SCHÖNFLIESS, Z. Krystallogr. **63**, 193. 1926. Über Zusammenhang zwischen Krystalstruktur und Molekül-Konfiguration s. a. KNAGGS, Journ. of the chem. soc. **123**, 71. 1923.

¹⁾ Es ist selten beachtet worden, daß auch VAN'T HOFF (Lagerung, 3. Aufl., S. 67) diese Möglichkeit zugegeben hat: „In bezug auf Methan-Derivate führten die Auffassungen von LE BEL und mir zu demselben Resultate ... Für LE BEL steht nur die Disymmetrie bei verschiedenen und die Symmetrie bei gleichen Gruppen fest; CH_4 könnte z. B. etwa eine regelmäßige vierseitige Pyramide sein mit Kohlenstoff im Gipfel und den Wasserstoffatomen an den Ecken der quadratischen Grundfläche. Zu entscheiden ist dies vorläufig nicht.“

²⁾ MARK, WEISSENBERG, Zeitschr. f. Physik **17**, 301. 1923; HUGGINS, HENDRICKS, Journ. of the

hat¹⁾. Der Einfluß der Symmetrie der Substituenten zeigt sich hier auf das deutlichste, indem wohl CH_3 , aber nicht $\text{CH}_2 \cdot \text{OH}$ eine trigonale Drehachse aufweist. Für asymmetrische Verbindungen Cabcd andererseits läßt sich dem WEISSENBERGSchen Tabellenwerk nur entnehmen, daß sie die kristallographische Symmetrie C_1 besitzen, d. h. unsymmetrisch und von ihrem Spiegelbild verschieden sind, was prinzipiell sowohl tetraedrische als auch pyramidale Modelle zuläßt [die ebenen Konfigurationen scheiden wegen ihrer wahrscheinlichen Labilität aus der Diskussion aus²⁾]. Die Erfolge der VAN'T HOFFschen Theorie ebenso wie die neuerlich beobachteten Abweichungen finden so eine einleuchtende Erklärung: die universelle Geltung des Kohlenstofftetraeders ist damit widerlegt.

Zu einer direkten praktischen Anwendung des WEISSENBERGSchen Tabellenwerkes fehlt natürlich einstweilen noch die genaue Kenntnis eines Faktors, nämlich des Symmetriegrades der verschiedenen Substituenten. Der Symmetriegrad braucht für einen und denselben Substituenten keine Konstante darzustellen; wahrscheinlich wird er von dem Molekül abhängen, in dem sich der Substituent befindet, und er mag auch eine Funktion der Temperatur, des Lösungsmittels usw. sein. Man wird also nur eine obere Grenze für den Symmetriegrad anzugeben vermögen und die Entscheidung auf dem Wege des Experiments suchen müssen. Wieweit die von der WEISSENBERGSchen Theorie vorausgesagten Isomeren nicht nur im Krystall, sondern auch in Dampf und Lösung isoliert werden können, läßt sich einstweilen noch nicht übersehen. Optische Aktivität ist in einer ungleich größeren Anzahl von Fällen zu erwarten, als sie die klassische Theorie vorausagt. Lassen sich derartige Fälle nach den gebräuchlichen Methoden in Dampf und Lösung nicht realisieren, so wäre neues Material für die Theorie der Autoracemisation gewonnen.

Erscheint demnach vom Standpunkt der chem. soc. 48, 164. 1926; NITTA, Bull. chem. soc. Japan 1, 62. 1926; Chem. Zentralbl. II, 332. 1926. (NITTA diskutiert außer einer tetragonalen auch eine tetragonal-tetraedrische Konfiguration S_4^2 , die jedoch nicht genügend begründet ist). — Um die Tragweite dieser Beobachtung richtig einzuschätzen, muß man sich erinnern, welche Bedeutung man der Aufklärung der Diamantstruktur mit Rücksicht auf die Konstitution der aliphatischen Verbindungen beilegen zu müssen geglaubt hat (s. z. B. TRAUTZ, Lehrb. d. Chemie, Bd. III, S. 194. 1924).

¹⁾ Nach freundlicher Privatmitteilung von Herrn Dr. MARK.

²⁾ Auch für die isomeren Platorverbindungen $\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{X}_2$ (vgl. WERNER, Neuere Anschauungen, 5. Aufl., S. 362), denen man früher plane Konfiguration zuschrieb, haben REIHLEN und NESTLE (Liebigs Ann. d. Chem. 447, 211; 448, 312. 1926) eine räumliche, und zwar tetraedrische Konfiguration wahrscheinlich gemacht (vgl. auch ROSENHEIM, HÄNDLER, Ber. d. dtsh. chem. Ges. 59, 1387. 1926).

präparativen organischen Chemie eine direkte Prüfung der WEISSENBERGSchen Deduktionen vorerst als ein weitläufiges Unternehmen, so bietet sich uns jetzt die röntgenographische Methode als wertvolles Hilfsmittel der stereochemischen Forschung an. Man kann mit ihrer Hilfe den Symmetriecharakter einer Molekel im Krystall auf folgende Weise ermitteln. Man stellt durch Ausmessung des Röntgenogramms die Abmessungen des kristallographischen Elementarkörpers fest und bestimmt dann unter Heranziehung von Dichte und AVOGADROScher Zahl die Anzahl n der AVOGADROSchen Moleküle¹⁾ im Elementarkörper. Eine Diskussion der Symmetrie des Röntgenogramms und eine grobe Abschätzung der Intensitäten ergibt sodann die Raumgruppe des Elementarkörpers und bei Kenntnis der Zahl n weiterhin die Symmetrie der Molekel. Ferner hat die Entwicklung der geometrischen Strukturtheorie durch K. WEISSENBERG²⁾ zu dem Ergebnis geführt, daß der materielle Inhalt des Elementarkörpers sich in „Mikrobausteine“ („Mikrodynaden“³⁾) zerlegen läßt, deren Anzahl für jede Raumgruppe eine universelle Konstante, vergleichbar der AVOGADROSchen Zahl, ist. In fast allen bisher geprüften Fällen hat sich nun die Anzahl der Mikrobausteine als gleich mit der Anzahl n der AVOGADROSchen Molekeln erwiesen. Soweit man also berechtigt ist, den Mikrobaustein mit der AVOGADROSchen Molekel zu identifizieren, kann man schon aus der Raumgruppe des Krystalls allein die Symmetrie der Molekel voraussagen und umgekehrt aus dem Inhalt der Molekel die Krystallstruktur. Nun würde man sich zwar täuschen, wenn man glauben wollte, damit bereits im Besitz der Raumformel desselben Moleküls im Dampf oder in Lösung zu sein — und gerade auf diese Zustände bezieht sich ja die klassische Stereochemie. Aber der heuristische Wert solcher Untersuchungen offenbart sich darin, daß wir in den Raumformeln der Moleküle im Krystall⁴⁾ mögliche Bauprinzipien des Moleküls überhaupt zu erblicken haben.

Es erscheint nötig, in diesem Zusammenhang darauf hinzuweisen, daß man sich dieser Konsequenz nicht mit dem Bemerken entziehen kann, Schlüsse vom krystallisierten auf den gelösten Zustand seien nicht zwingend. Denn wie A. REIS⁵⁾

¹⁾ Darunter sei der Molekülbegriff verstanden, wie er der kinetischen Theorie der Gase und Lösungen zugrunde liegt.

²⁾ Zeitschr. f. Elektrochem. 31, 530. 1925; Zeitschr. f. Physik 34, 406, 420, 433. 1925; Zeitschr. f. Kristallogr. 62, 13, 52. 1925.

³⁾ „Mikrodynade“ heißt eine endliche Menge M von Atomen, in der jedes Atom an M durch stärkere Kräfte gebunden ist als an jede beliebige, nicht in M enthaltene Atommenge. „Mikrobausteine“ sind die größten Mikrodynaden.

⁴⁾ Sofern das AVOGADROSche Molekül im Krystall erhalten bleibt und nicht durch den allgemeineren Begriff des Mikrobausteins zu ersetzen ist.

⁵⁾ Zeitschr. f. Physik 1, 211, 219. 1920; Zeitschr. f. Elektrochem. 26, 412. 1920; Ber. d. dtsh. chem.

nachgewiesen hat, ist die Differenz des Energieinhalts im gasförmigen und im krystallisierten Zustande, die Sublimationswärme, bei Molekülglittern von der Ordnung einiger kcal pro Mol, während die Energie einer innermolekularen Bindung rund das Hundertfache beträgt. Demnach ist also der Energieinhalt der in Lösung postulierten Tetraederkonfiguration von dem Energieinhalt der im Krystall angetroffenen pyramidalen Konfiguration so wenig verschieden, daß in Dampf und Lösung nach dem BOLTZMANN-MAXWELLSchen Verteilungssatz beide Konfigurationen in annähernd derselben Häufigkeit auftreten müssen. Zudem würde die erwähnte Annahme für den Übergang in den Krystallzustand eine Beweglichkeit der Bindungen fordern, welche zu der in Dampf und Lösung angenommenen Starrheit in seltsamem Widerspruch stände.

Die röntgenographische Methode gibt also der Stereochemie ein Mittel an die Hand, zu prüfen, ob eine bestimmte, im Krystall gefundene Konfiguration im Lösungszustand erhalten bleibt; ferner bietet sich die Möglichkeit, bisher unaufgeklärte Isomeren der röntgenographischen Untersuchung zu unterwerfen. Es würde z. B. eine zwar schwierige, aber sehr lohnende Aufgabe sein, die Röntgenogramme der 3 isomeren cis-Zimtsäuren¹⁾, ferner die der Eruca-, Isoeruca- und Brassidinsäure²⁾ zu untersuchen. Freilich, eine Bedingung muß hierzu von den Forschern, welche mit röntgenographischen Methoden arbeiten, erfüllt werden: Welche Schlußfolgerungen das Röntgenogramm erlaubt und welche Alternativen sich daraus für die Ermittlung der Molekülkonfiguration ergeben, muß klar herausgestellt werden. Nur so lassen sich Fehlschlüsse vermeiden, welche den Organiker mit Mißtrauen gegen die röntgenographischen Resultate

erfüllen müssen. Mit Recht bemerkten kürzlich NIGGLI und FAESY³⁾: „Die vollständige Strukturbestimmung von Stoffen, deren Hauptelemente C, O, H, evtl. N sind, ist allerdings keine leichte, und es darf hier wohl vermerkt werden, daß noch keine komplizierte organische Substanz *eindeutig* strukturell bestimmt werden konnte. Die vielen Arbeiten auf diesem Gebiet müssen *mit äußerordentlicher Vorsicht* aufgenommen werden, denn nicht selten läßt der Autor, der selbst nicht alle Strukturmöglichkeiten überblickt, das Ergebnis als viel sicherer erscheinen, als es in Tat und Wahrheit ist“. Ein Schritt zu einer solchen präzisen Formulierung ist durch die Untersuchungen von MARK und WEISSENBERG getan¹⁾. Eine weitere Aufgabe wäre eine von schärfster Kritik geleitete Zusammenstellung der bisher veröffentlichten Strukturbestimmungen an organischen Verbindungen²⁾. Für die Chemie ist heute das Zeitalter angebrochen, wo physikalische Methoden und physikalische Denkungsart eine so weitgehende Berücksichtigung erfordern, daß eine verständnisvolle Zusammenarbeit des Physikers und des Chemikers unerläßlich ist. Die Voraussetzung dafür ist aber das Vertrauen in die von beiden Parteien geübte Arbeitsmethodik.

Zieht man nunmehr das Fazit aus den vorhergehenden Betrachtungen, so wird man nicht verkennen können, daß sie in gewisser Beziehung, wie auch E. COHEN es ausdrückte, ein „Zurück zu PASTEUR“ und auch zu LE BEL bedeuten. Freilich, zwischen PASTEUR und der heutigen Zeit liegt die gewaltige Entwicklung der Strukturchemie, und es kann nicht wundernehmen, daß viele Voraussagen von PASTEUR der exakten Prüfung nicht standgehalten haben. Unbestritten aber gilt bis heute sein Satz, daß die optische Aktivität ihre Ursache in der molekularen Dissymmetrie hat. Diesem Theorem gegenüber spielt das asymmetrische Kohlenstoffatom nur die Rolle eines Spezialfalles. Das besondere Verdienst von LE BEL besteht nicht nur darin, diesen allgemeinen Standpunkt PASTEURS bewahrt zu haben, sondern auch darin, schon frühzeitig auf den Zusammenhang zwischen Krystallstruktur und Molekülstruktur und seine Bedeutung für die Stereochemie hingewiesen zu haben. Die Fehlschlüsse, die er in dieser Hinsicht erleiden mußte, mögen einiges dazu beigetragen haben, daß seine Anschauungen sich nicht recht zu verbreiten vermochten. Die experimentelle Grundlage für die Erforschung dieser Zusammenhänge ist erst durch die Ausbildung der röntgenographischen Methode geschaffen worden.

G.S. 59, 1544. 1926; FAJANS, Ber. d. dtsh. chem. Ges. 55, 2835. 1922.

¹⁾ STOBBE, Ber. d. dtsh. chem. Ges. 58, 2620. 1925.

²⁾ MASCARELLI, Gazz. 47, I, 160. 1917. Die schwierigen Fragen der Stereochemie ungesättigter Verbindungen sind in den obigen Ausführungen nicht berührt worden, da hier auch heute noch sehr vieles ungeklärt ist (s. z. B. KUHN, EBEL, Ber. d. dtsh. chem. Ges. 58, 2088, bes. 2094) und die Aufhebung der „freien Drehbarkeit“ keine spezielle Eigentümlichkeit des VAN'T HOFFschen Tetraeders ist (elektronentheoretische Deutung z. B. bei J. STARK, Die Elektrizität im chemischen Atom, S. 86. Leipzig 1915; HOLLEMAN, Rec. trav. chim. 32, 175). Daß die übliche Auffassung von einem „Spannungszustand“ der doppelten Bindung unhaltbar ist, haben in neuerer Zeit FAJANS (Ber. d. dtsh. chem. Ges. 55, 2829; s. a. THIEL, Ber. d. dtsh. chem. Ges. 55, 2844) sowie WIBAUT (Rec. trav. chim. 41, 456) überzeugend bewiesen. Im Grunde genommen handelt es sich bei der herkömmlichen Erklärung der geometrischen Isomerie nur um eine Umschreibung der Tatsache, daß bei Äthylen-Derivaten mehrere Gleichgewichtslagen vorhanden sind.

³⁾ Zeitschr. f. Kristallogr. 63, 322. 1926; s. a. P. P. EWALD, Zeitschr. f. Kristallogr. 61, 4. 1925.

¹⁾ MARK, WEISSENBERG, Zeitschr. f. Physik 16, 1. 1923; MARK, Ber. d. dtsh. chem. Ges. 57, 1820. 1924; Zeitschr. f. angew. Chem. 38, 771. 1925.

²⁾ Eine tabellarische Zusammenstellung hat in neuester Zeit R. W. G. WYCKOFF gegeben (International Critical Tables published for the National Research Council, Bd. I, S. 346–348. New York 1926).

Allgemeine Probleme und Richtungen der Agrikultur-Zoologie, im besonderen der Züchtungskunde.

Von C. VON PATOW, Calberwisch.

Agrikultur-Zoologie ist eine etwas ungewöhnliche Bezeichnung; man könnte dafür landwirtschaftliche Tierzuchtlehre erwarten. Diese hat in ihren Grundlagen vieles mit der Zoologie gemein: Entwicklungsgeschichte und Embryologie, Morphologie und Physiologie, Vererbungsbiologie und Ökologie, kurz bis zur Paläozoologie und Phylogenie hin zieht die Tierzuchtlehre mehr oder weniger alle Zweigwissenschaften der modernen Zoologie zu ihrer Arbeit heran. Alle ihre Forschungen müssen sich nach zwei unverrückbaren Gesichtspunkten richten, nach dem biologischen und dem wirtschaftlichen, nach Natur und Leistung. Die technischen Gesichtspunkte, die sie auch erörtern muß, sind, wie KRONACHER sich einmal ausdrückt, nur Mittel zum Zweck. Dadurch, daß die Tierzuchtlehre einen bestimmten Zweck, die Wirtschaftlichkeit, verfolgt, unterscheidet sie sich von den reinen Naturwissenschaften. Hier interessiert vor allem die naturwissenschaftliche Seite unseres Gebietes. Darum habe ich die Bezeichnung Agrikultur-Zoologie gewählt. Die wirtschaftliche Seite werde ich nicht ganz beiseite lassen können; ohne sie mit zu betrachten, kann man nie zum vollen Verständnis der Entwicklung und der heutigen Richtungen in der Agrikultur-Zoologie gelangen.

Der Landwirt, der überhaupt Tiere hält, tut dies immer zu einem bestimmten Zweck; er erwartet von ihnen Leistung in irgendeiner Form. Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit will er eine möglichst hohe Leistung mit möglichst geringem Aufwand erzielen. Jedes Tier braucht eine gewisse Zeit bis zur Erreichung der Leistungsfähigkeit. Diese Zeit der Aufzucht vergrößert die Kosten erheblich; es gilt sie abzukürzen (Frühreife). Andererseits sind die Tiere am wertvollsten, die am längsten genutzt werden können (Lebensfähigkeit, Konstitution). Als Züchter erstrebt der Landwirt solche Tiere, die ihre Nutzungseigenschaften sicher auf die Nachzucht übertragen (Vererbung). Leistung, Konstitution und Vererbung sind die drei großen Fragen der Züchtungskunde. Eine Vorfrage ist noch mit der ersten verbunden: das Erkennen und einwandfreie Festlegen der Leistung.

Als die Landwirtschaftslehre mit THAER vor etwa hundert Jahren begann eine Wissenschaft zu werden, konnte sie für unser Gebiet noch wenig bringen. Die Tierproduktion spielte zu jener Zeit gegenüber dem Ackerbau eine geringe Rolle. Ein wirtschaftlicher Zwang, ihr besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden, lag also nicht vor. Andererseits boten die Naturwissenschaften noch keinerlei Unterlagen. So beruhen die ersten Lehren der Züchtungskunde rein auf praktischen Erfahrungen. Der Raum verbietet es, auf diese interessante Zeit näher einzugehen. Man suchte die Leistung aus der Form zu erkennen. Dabei geriet man wohl auf

allerlei Abwege. Aber, wie ein englischer Forscher sagt, „im Laufe der Zeit bildete sich eine traditionelle Kunst der Tierzuchtung aus, die auf der gesammelten Erfahrung ungezählter Geschlechter von Landwirten beruhte; aus seinen Methoden von Versuch und Irrtum heraus hat der Züchter seine wundervolle Kunst entwickelt“. Diese Kunst ist in der Tat bewundernswert, sie mußte aber versagen, als man die Erfahrungen der alten Meisterzüchter, besonders der englischen, verallgemeinern und auf die heutige Leistungszucht anwenden wollte. Hatte sie doch bei uns dahin geführt, daß auf Schauen wie in der Praxis ein reiner Formalismus herrschte, der auch heute noch nicht ganz überwunden ist. Die Beziehungen zwischen Form und Leistung sind inzwischen beim Pferde, bei dem mechanische Verhältnisse die Hauptrolle spielen, so ziemlich geklärt, im übrigen steht ihre wissenschaftliche Erforschung eigentlich erst am Anfang.

Alle Anzeichen deuten darauf hin, daß es gewisse Beziehungen zwischen Form und Leistung gibt. Der Organismus als morphologische und physiologische Einheit muß durch andauernde einseitige Leistungszucht bestimmte Rassen- und Nutzungstypen annehmen. Die alte Züchterschule, wie ich sie nennen möchte, hat also instinktiv richtig gesehen. Ihre Kunst hat buchstäblich Rassen geschaffen; ich nenne nur Rennpferd und schweres Schrittpferd, Mast- und Milchrassen beim Rind, Fleisch- und Wollrassen beim Schaf, Braten- und Speckschwein, Fleisch- und Legehuhn. Sie machte im allgemeinen von 4 Mitteln Gebrauch. An Hand dieser wird sich unser Thema am besten besprechen lassen. Das erste war Schaffung eines Idealtyps. Dieser wurde in Körordnungen und Punktiervorschriften festgelegt. Da er nur auf Erfahrungen in der Praxis und noch mehr auf Schauen beruhte, konnte er den toten Formalismus nicht vermeiden. Der zweite Grundsatz war der der Paarung des Besten mit dem Besten. Dieser Punkt führt uns auf das Gebiet der Vererbung. Über diese herrschten bis vor kurzem in der Tierzucht recht unklare Begriffe. Wir haben zwar seit einem Vierteljahrhundert den Mendelismus. Dieser hat sich aber erst nach und nach entwickelt. Aus der Phase der Hypothese ist er eigentlich erst durch die Arbeiten der MORGANSCHULE in den Jahren während des Weltkrieges herausgetreten. Er beruht auf dem Experiment. Ein solches ist mit den landwirtschaftlichen Haustieren der Kosten, der geringen Nachkommenzahl, der erforderlichen Zeit wegen und aus manchen anderen Gründen recht schwierig, oft fast ausgeschlossen. Die Tierzucht hat daher erst spät zögernd, ja oft widerwillig den Mendelismus anerkannt. Bei der Durchführung der Paarung des Besten mit dem Besten und des

dritten Punktes, der Abstammung, ließ und läßt sie sich vielleicht auch noch heute von Anschauungen leiten, die dem Mendelismus entgegengesetzt sind. Die Lehren GALTONS haben hier einen tiefgehenden Einfluß geübt. Nach ihnen war das Tier in der Vererbung als Ganzes aufzufassen. Jeder Vorfahre hat an der Vererbung Anteil gemäß dem Platz, den er in der Ahnentafel einnimmt: die Eltern je $\frac{1}{2}$, die Großeltern je $\frac{1}{4}$ usw. Diese Regeln schienen die alten Vorstellungen vom „Blut“ in der Vererbung zu bestätigen. Ausdrücke wie $\frac{1}{2}$ -, $\frac{1}{4}$ -Blut usw. waren längst in der Tierzucht gebräuchlich. Eine ganze Reihe von Arbeiten in Deutschland, die sich an den Namen von DE CHAPEAUROUGE knüpfen und die im Anfang des Jahrhunderts erschienen, wollten feststellen, daß die Rassen und Zuchten bei allen möglichen Haustieren auf wenige hervorragende Vertreter zurückzuführen sind; es hatten sich einige wenige Blutlinien gebildet. Damit und durch das Studium des Verfahrens der alten englischen Meisterzüchter, die Ende des 18. Jahrhunderts ihre Triumphe feierten, kam man auf die Fragen der Inzucht und der Individualpotenz. Die Blutlinienbegründer sollten einerseits dadurch gewirkt haben, daß ihr Blut durch Inzucht gehäuft wurde, andererseits sollten sie eine besondere gesteigerte Vererbungskraft, die man als Individualpotenz bezeichnete, besessen haben. Diese Forschungsrichtung hat die Tierzucht lange beherrscht und ist heute noch längst nicht überwunden. Sie hat teilweise zu Konsequenzen geführt, die nach dem heutigen Stand unseres Wissens sonderbar anmuten. So wurde allen Ernstes behauptet, in gewissen Fällen sei diese Hälfte des Körpers vom Vater, jene von der Mutter vererbt; man sprach vom „typischen Vererberkopf“ u. a. m. Die Bedeutung der Abstammung wurde aber auf diese Weise allgemein bekannt, das Herdbuchwesen ausgebaut. Die erstere hat auch heute noch ihre Bedeutung, das letztere ist vielfach zum Formalismus herabgesunken. Es gibt Stimmen, nach denen der angerichtete Schaden den Nutzen überwiegt. Das mag dahingestellt sein. Die Tierzucht hat entschieden in den letzten Jahrzehnten bessere, d. h. leistungsfähigere Tiere geschaffen. Aber ebenso steht fest, daß sie sich aus Unkenntnis der zugrunde liegenden biologischen Verhältnisse mit manchem belastet hat, das sie besser entbehrt hätte, und daß sie so nicht immer wirtschaftlich verfahren ist.

Man darf der Züchterwelt nicht allein daraus einen Vorwurf machen, daß sie an den alten Anschauungen so zäh festhielt; bis vor kurzem konnten die Naturwissenschaften ihr nichts Besseres bieten. Und noch heute gilt bei manchen Vererbungsforschern die Beschäftigung mit den größeren Haustieren als nicht standesgemäß und aussichtslos. Immerhin ist die Vererbungsbiologie auch der Tierzucht bereits in größerem Umfang dienstbar gemacht worden. Hier handelt es sich fast nur um die Vererbung physiologischer Leistun-

gen, und das macht die Frage verwickelt. Die Forschung warf sich zunächst auf morphologische, leicht erkennbare Merkmale, wie Farbe, Zeichnung, Behornung usw. Diese sind wirtschaftlich meist gleichgültig, zum Teil aber auch von einer gewissen Bedeutung. Manche Farben und Abzeichen beim Rind, z. B. der Weißkopf der Herefords, einer englischen ausgesprochenen Mast-rasse, oder die kleinen Farbflecke an den unteren Extremitäten der Shorthorns, gleichfalls einer englischen Mastrasse, haben sich, wenn sie in anderen Rassen auftreten, als Zeichen einer früheren Einkreuzung herausgestellt. Die Vererbung der roten und schwarzen Farbe, die von Einfarbigkeit und Scheckung beim Rind, ist soweit geklärt, daß der Züchter sich viele Erscheinungen, denen er bisher ratlos gegenüberstand, erklären kann. Ähnlich steht es mit den anderen Haustieren in morphologischer Beziehung. Aber die etwaigen Beziehungen morphologischer Merkmale zu physiologischen in der Vererbung sind noch ungewiß. Und damit kommen wir zu dem Problem der Tierzucht, dem *Leistungsproblem*. KRONACHER identifiziert dieses mit dem Konstitutionsproblem. Die Konstitutionsforschung hat in der Humanmedizin neuerdings wieder an Bedeutung gewonnen; für die Tierzucht bedeutet sie schlechthin alles. KRONACHER nennt Konstitution „die allgemeine Körperverfassung des Individuums und das auf ihr sich gründende Verhalten gegenüber den Einflüssen der Gesamtlebensweise und bestimmten Faktoren derselben“. Wenn wir wissen, worin die Konstitution besteht und worin sie sich äußert, wenn wir ihr Wesen und ihre Merkmale restlos kennen, dann sind alle die eingangs aufgeführten Fragen der Tierzucht gelöst, dann kann erst von einer bewußten wirtschaftlichen Züchtungskunde die Rede sein.

Wir haben bereits gesehen, daß die Züchtungskunde meist noch nach praktischen Erfahrungen arbeiten muß. Aber es zeigt sich überall ein starkes Verlangen nach biologischer Erkenntnis. In Deutschland hat es sich erst in letzter Zeit mehr hervorgewagt; in anderen, besonders in angelsächsischen Ländern, hat es schon zu einem engen Zusammenarbeiten der Biologen, vor allem der Genetiker, mit den Vertretern der landwirtschaftlichen Züchtungskunde in Theorie und Praxis geführt. Welche Teilprobleme ergeben sich dabei, und welche Wege der Forschung sind eingeschlagen? Zunächst sind die cytologischen und mikrobiologischen Verhältnisse klarzustellen. Die Chromosomenforschung ist bei den Säugetieren durch die große Zahl und die Kleinheit der Chromosomen schwierig. Bei den größeren Haustieren kennen wir bisher noch nicht einmal ihre Anzahl genau. Es ist zu hoffen, daß eine eingehendere Beschäftigung hiermit auch wertvolle Winke für die Vererbung geben wird. Die neueren Methoden der Cytologie lassen die Aufgabe aussichtsvoll erscheinen; Material ist aus Schlachthöfen und aus der Praxis zu erhalten. Die Mikrobiologie muß vor

allem die Fragen des Zellstoffwechsels klären. Dabei ergibt sich die weitere Frage: sind die spezifischen Unterschiede, die wir in dieser Beziehung wie in der Zellstruktur an bestimmten Rassen und Zuchten kennen, vererbbar oder nicht? sind insbesondere die Keimzellen (genauer deren Kern) beeinflussbar? Die sogenannte „Vererbung erworbener Eigenschaften“ taucht hier auf. Eine solche wird von der Wissenschaft meist gelehnt; in der Tierzucht gibt es Tatsachen, die auf sie hindeuten scheinen. So ist eine feststehende, aber bisher unerklärliche Tatsache, daß importierte Zuchttiere, besonders männliche, zu verschiedenen Zeiten verschieden vererben. Derartige Erscheinungen werden wohl als Nachwirkung (Nachklingen) oder durch Beziehungen zwischen Cytoplasma und Kern ihre Erklärung finden. Ob solche und ähnliche Beeinflussungen der Keimzellen auf die Dauer zu wirklich erblichen Veränderungen, zu Mutationen führen können, steht noch dahin, erscheint aber nicht ausgeschlossen. Diese Fragen rühren an die Grundlagen biologischer Auffassung und führen schließlich auf den Unterschied zwischen Darwinismus und Lamarckismus.

Bau und Funktion der Organe und endlich die Funktionseinheit des Organismus, die durch die Systeme der Nerven, der innersezierenden Drüsen und des Blutes gewährleistet ist, bieten ein großes Feld weiterer Forschung, auf das näher einzugehen der Raum leider nicht gestattet. Ich möchte daher zum Schluß nur noch kurz die Wege erörtern, die die Vererbungsforschung in der Züchtungskunde neuerdings eingeschlagen hat. Hier haben die Schwierigkeiten des Experimentierens mit Haustieren vielfach dazu geführt, daß man sich mathematischen Methoden, der Variationsstatistik oder Biometrie, zuwandte. Man hat versucht, aus dem Durchschnitt großer Zahlen Regeln und Gesetze herauszufinden. Seit JOHANNSEN wissen wir, daß die Variationsstatistik Vererbungsprobleme nicht lösen kann; sie ist nur ein Hilfsmittel der Vererbungsforschung. Das hat sich auch in der Tierzucht erwiesen. Es ist überaus schwer, den Genotyp rein darzustellen, ihn vom Phänotyp zu trennen. Aufzucht, Fütterung und Haltung, Nutzung und viele andere äußere Einflüsse modellieren diesen. Diese Einflüsse wechseln von Stall zu Stall und in diesem wieder von Jahr zu Jahr. Ferner sind die Leistungen unserer Haustiere, deren Erbgang es zu erforschen gilt, allermeist physiologischer Natur und als solche kompliziert bedingt. Auch mit den feinsten Methoden der Variationsstatistik gelingt es nicht restlos, die äußeren, nicht erblichen Einflüsse auszuschalten und die die Einzelleistung bedingenden Faktoren zu trennen. So sind die Ergebnisse der Massensstatistik in der Tierzucht, wie sie vor allem in den U. S. A. von PEARL und seinem Nachfolger GEWEN getrieben wurde, ganz ähnlich denen GALTONS ausgefallen und wie diese eigentlich Trugschlüsse. Trotzdem bilden die umfangreichen

Untersuchungen dieser Schule eine wertvolle Vorarbeit für die Vererbungsforschung im eigentlichen Sinne. Sie haben u. a. gezeigt, daß die Beurteilung von Tieren nach dem Augenschein nicht im entferntesten so genau ist, wie die nach der Leistung. Leistungsprüfung war der vierte Grundsatz der alten Züchterschule. Die neuere Forschung auf mendelistischer Grundlage hat gelehrt, diese weiter auszudehnen und andererseits genauer zu gestalten. Die älteste Leistungsprüfung sind die Rennen für Vollblutpferde. Milchleistungsprüfungen in großem Umfange kennt man seit drei Jahrzehnten; vereinzelt findet man sie schon früher. Die Legeleistung der Hühner, die Wollleistung der Schafe, die Fleischleistung der Schweine wird heute systematisch geprüft. Die Leistungsprüfung beim einzelnen Haustier wiederum muß immer vielseitiger werden und wird es auch in der Praxis, um möglichst die Gesamtkonstitution zu erfassen. Es läßt sich am besten an einem Beispiel zeigen, wie hier Praxis und Wissenschaft Hand in Hand arbeiten müssen. Die Milchleistungsprüfungen in den großen Rindvieh-Zuchtverbänden stellen heute nicht nur die Milchmenge, den Fettgehalt und die Fettmenge fest, sondern versuchen auch auf verschiedene Weise den Futterverbrauch und seine Beziehung zur Milch- und Fettleistung festzulegen. Wissenschaftliche Untersuchungen müssen hier das Verhältnis der sonstigen festen Bestandteile der Milch, des Nichtfettes zur Milch- und Fettmenge und den Einfluß bestimmter Futtermittel auf jeden einzelnen Bestandteil noch besser klären. Die Herdbuchführung, die heute noch nicht überall mit der Leistungsprüfung an einer Stelle vereinigt ist, begnügt sich meist damit, Abstammung, Deck- und Kalbedaten, ein Verzeichnis der Nachzucht und das Körergebnis aufzuzeichnen. Hier ist noch vieles zu ergänzen, um für Forschungszwecke wirklich geeignetes Material zu erhalten. Die Angaben über Fütterung und Haltung sind von Geburt an fortlaufend zu führen (Aufzucht), alle Gesundheitsstörungen, auch auffallende Erscheinungen im Geschlechtsleben sind aufzunehmen, die Beurteilung nach dem Äußeren bei der Körung und zwischendurch ist genauer zu gestalten (Maß und Zahl, Photographie, Rechtecksystem). Endlich müssen die Feststellungen am lebenden Tier in wissenschaftlichen Instituten durch solche am toten ergänzt werden. Die so gewonnenen absoluten Zahlen sind nicht ohne weiteres für die Vererbungsforschung brauchbar. Als äußere, nichterbliche Einflüsse, die es zu erforschen und auszuschalten gilt, nenne ich außer Fütterung und Haltung: Witterung, Zeit der ersten Zuchtbenutzung, Kalbezeit, Alter, Länge der Lactation und der Zeit des Trockenstehens, Melken. GOWEN und andere haben hierfür zum Teil schon brauchbare Normen gefunden, die nachzuprüfen sind. Hierbei wird immer wieder auch die Frage gelöst werden müssen, was eigentlich vererbbar, was Modifikation ist. Das Studium von Mißbildungen und Zwillingen wird manchen Aufschluß geben

können. Es ist nicht leicht, alle diese Fragen mit dem Material zu lösen, das die Praxis bietet. Versuchsherden an landwirtschaftlichen Forschungsinstituten würden einen rascheren Fortgang sichern. Beides läßt sich gut vereinigen, das zeigen die Verhältnisse in den Vereinigten Staaten. Dort arbeiten das Department of Agriculture und die landwirtschaftlichen Institute der Einzelstaaten (Experiment Stations) im engen Einvernehmen mit der Praxis.

Eine Vorbedingung scheint mir unerläßlich: Die biologische Vorbildung der an der Spitze der Tierzucht stehenden Persönlichkeiten kann nicht umfassend genug sein. Vielleicht wird sich auch

frühzeitige Spezialisierung empfehlen und die Schaffung besonderer Stellen für Genetiker, nicht nur an den Hochschulen und landwirtschaftlichen Instituten der Universitäten, sondern auch in der Art eines genetischen Zuchtbeamten, wie in den U. S. A. und in Norwegen. Dann werden Fragen, wie Inzucht und Individualpotenz, Reinzucht und Kreuzung, die wissenschaftlich im Grunde geklärt sind, auch nicht mehr die Züchterwelt beunruhigen.

Es ist unmöglich, im Rahmen eines kurzen Aufsatzes unser Thema erschöpfend zu behandeln. Es konnte nur ein kurzer Überblick über die Eigenart und den Umfang des Gebietes gegeben werden.

Besprechungen.

SCHÜRHOFF, P. N., **Die Plastiden.** (Handbuch der Pflanzenanatomie, herausgeg. von K. LINSBAUER. Allgemeiner Teil: Cytologie. Band I, Abt. 1, Liefg. 10.) Berlin: Gebr. Borntraeger 1924. IV, 224 S. und 57 Abbildungen im Text. Preis RM 13.50.

Bei dem großen Umfang der wissenschaftlichen Spezialliteratur sind zusammenfassende Darstellungen einzelner Wissensgebiete heute auch für den Spezialforscher von Wert, wenn sie eine zuverlässige Übersicht über das bisher erarbeitete Tatsachenmaterial bieten und den Anschluß an benachbarte Wissensgebiete herstellen. Können sie doch die zeitraubende Durchsicht älterer Arbeiten zum Teil ersetzen oder wenigstens die Auswahl einschlägiger Untersuchungen erleichtern. Wenn eine solche Darstellung wirklichen Gewinn bringen soll, müssen freilich recht hohe Anforderungen gestellt werden: zweckmäßige und übersichtliche Anordnung des Stoffes, straffe Durchführung der Disposition sind unbedingt erforderlich. Die Zusammenstellung der anatomischen und cytologischen Daten über die Plastiden — die Farbstoffträger der Pflanzen — ist eine sehr fleißige Arbeit, läßt aber von dem eben dargelegten Standpunkt aus noch manchen Wunsch offen. Schon die Einteilung des Stoffes ist nicht immer glücklich, so daß sehr oft Wiederholungen stattfinden und zusammengehörnde Probleme an verschiedenen Stellen ohne gegenseitige Hinweise behandelt sind. Verf. hat sich in der Regel bewußt von jeder Kritik ferngehalten, um die Objektivität zu wahren. Das Hervortreten persönlicher Eigenart und Stellungnahme braucht aber der objektiven Würdigung der Tatsachen durchaus nicht im Wege zu stehen — man denke z. B. nur an die Allgemeine Physiologie von A. von Tschermak. Der Inhalt ist in 4 Hauptabschnitte gegliedert: Morphologie der Plastiden, die Bestandteile der Plastiden, Physiologie der Plastiden und Pathologie der Plastiden. Im ersten Abschnitt werden zunächst die verschiedenen Theorien über die Entstehung der Plastiden erörtert, wobei naturgemäß die Ansichten über die Beziehungen der Plastiden zu den Chondriosomen den breitesten Raum einnehmen. Dann folgen Angaben über Entwicklung und Teilung, wobei auf die wichtige Tatsache, daß die verschiedenen Formen der Plastiden — nämlich Leukoplasten (farblos) Chromoplasten (gelb bis rot) und Chloroplasten (grün) ineinander übergehen können, nur kurz hingewiesen wird. Schließlich werden Form und feinerer Bau der vollentwickelten Plastiden dargestellt; hier finden sich auch die Angaben über die merkwürdigen Elaioplasten (Ölbildner) verschiedener Pflanzen (z. B. Vanilla). Eine breitere Darstellung der Verteilung der verschiede-

nen Plastidenformen im Pflanzenkörper in Beziehung zu ihrer Funktion wäre sehr wünschenswert und hier wohl am Platze gewesen; man findet in dem letzten Abschnitt lediglich einige Angaben über die Zahl der Chloroplasten in Schwammparenchym und Palisaden. In den beiden folgenden Hauptteilen, die an Umfang den cytologischen Teil übertreffen, werden besonders die Farbstoffe der Chromatophoren und ihr physiologisches Verhalten sehr ausführlich behandelt. Hier ist Verf. über den Rahmen eines anatomischen Handbuchs weit hinausgegangen, wohl selbst über den Rahmen einer Plastidenmonographie. Das gilt sowohl für die eingehende Darstellung der chemischen Konstitution der Plastidenfarbstoffe als auch für die breite Erörterung der chemischen Vorgänge bei der Kohlen-säureassimilation und ihrer physiologischen Bedingungen, die mehr als 30 Seiten umfaßt. Die eigentümlichen autonomen Bewegungsvorgänge mancher Chromoplasten sind bei der Besprechung der Chromatophorenbewegungen leider gar nicht erwähnt. Im letzten Hauptteil werden die Krankheitserscheinungen der Plastiden — Anomalien der Form und Farbe — besprochen. Zu den Anomalien der Farbe gehört neben der in der Entstehung noch unklaren Panaschierung (bei deren Besprechung der Einfluß des Kerns auf die Plastidenfarbe hervorgehoben wird) die bei Licht- oder Eisenmangel auftretende Hemmung der Chlorophyllbildung, die Chlorose. Merkwürdigerweise wird an dieser Stelle auch die Chlorophyllarmut von *Cuscuta* (Parasit) und *Neottia nidus avis* (Saprophyt) besprochen, die doch für diese Pflanzen zweifellos keine Krankheitserscheinung, sondern den Normalzustand darstellt. Weiterhin wird zu den pathologischen Erscheinungen das unter besonderen Versuchsbedingungen im Licht erfolgende „metaplastische Ergrünen“ von Leukoplasten (von Knollen, Zwiebeln, Wurzeln, Pollenschläuchen usw.) gezählt, die normalerweise dem Licht entzogen sind und farblos bleiben. Mir erscheint das eher als eine normale physiologische Erscheinung, die sich ungezwungen aus der Verwandtschaft der Plastidenformen untereinander ergibt. Mit größerem Recht könnte man hier das herbstliche Vergilben (das im Abschnitt Physiologie der Plastiden behandelt ist) oder die nach intensiver Besonnung oder Zuckerkultur erfolgende Rötung mancher Chloroplasten (ganz kurz im Abschnitt: Anomalien der Plastidenform erwähnt) einfügen. Dem Buch ist ein ziemlich vollständiges Literaturverzeichnis, ein Autoren- und ein Pflanzen-namenregister beigegeben. Bedauerlich ist das Fehlen eines Sachregisters, das die Benutzung besonders im Hinblick auf die zahlreichen versteckten Angaben sehr

lage wieder vorzüglich, nur wäre es wünschenswert gewesen, bei einem Buche, das auf Jahrzehnte hinaus zum täglichen Handwerkszeug der Botaniker gehören wird, besseres Papier zu verwenden. Einige der sonst so trefflichen Figuren (z. B. 86a, 87, 96a, 115b) sind durch den Druck auf zu durchlässigem Papier so dunkel geworden, daß sie kaum noch etwas erkennen lassen.

J. HILLMANN, Berlin-Pankow.

ENGLER, A., und K. PRANTL, **Die natürlichen Pflanzenfamilien.** 2. Aufl. Band 14a: Angiospermae, von A. ENGLER. Leipzig: W. Engelmann 1926. IV, 167 S. und 125 Textfig. Preis geh. RM 11.—, geb. RM 17.—.

Es ist erfreulich, daß in diesem Sammelwerk über alle bekannten Pflanzengattungen auch eine allgemeine Erörterung über die Kennzeichen der Verwandtschaft und die Differenzierung der Organe bei den höheren Blütenpflanzen erscheint. ENGLER behandelt die phylogenetische Entstehung der Blüte, ihre wichtigen Bestandteile, die Fruchtentwicklung, dabei auch die Verhältnisse im Gametophyten, und knüpft daran eine Untersuchung über die Ableitung der Angiospermen von anderen Stämmen des Pflanzenreichs. Ein besonderer Abschnitt faßt dann noch die bei der systematischen Anordnung wichtigen Merkmale zusammen und sucht allgemeine Sätze über Kennzeichen abgeleiteter gegenüber primitiven Formen zu gewinnen. (Entsprechend den einleitenden Bemerkungen in ENGLERS Syllabus.) FR. MARKGRAF, Berlin-Dahlem.

WESENBERG-LUND, C., **Contributions to the biology of Zoothamnium geniculatum Ayrton.** Mém. Acad. Sci. Lett. Danemark. Sect. Sci. Sér. 8., t. X, Nr. 1. Kopenhagen 1925. 53 S. und 14 Tafeln.

Die Hauptfrage, die zu lösen Verf. in der vorliegenden Arbeit bemüht ist, ist die Frage nach der Entstehung und der Bedeutung der sog. „Ciliosporen“ (= Makrogonidien der früheren Autoren). Nach einer kurzen Einleitung und einer kritischen Würdigung früherer Arbeiten auf diesem Gebiet gibt WESENBERG-LUND eine detaillierte anatomische Beschreibung der Kolonien von *Zoothamnium geniculatum*: des Stieles, dessen eigenartige Beugungsstelle den Artnamen verursacht hat, seiner Verästelungen, die stets nach bestimmten Regeln gebildet werden, der contractilen Fibrillen, der Ernährungszellen, der Mikrogonidien und der Ciliosporen. Letztere sind umgewandelte Ernährungszellen, deren biologische Bedeutung in der Verbreitung der Kolonien besteht. Zu diesem Zweck lösen sie sich von der Mutterkolonie ab und schwimmen einige Zeit frei umher, um sich dann festzusetzen, einen Stiel zu bilden und durch Teilung neue Kolonien zu erzeugen (einige Versuche lehren, daß beim Festsetzen der Ciliosporen und der Bildung des Stieles die Beschaffenheit des umgebenden Mediums eine große Rolle spielt). Normale Ernährungszellen wurden niemals in freischwimmendem Zustand beobachtet. Im Herbst können sich die Ciliosporen zu ruhenden Cysten umbilden, deren weiteres Schicksal nicht verfolgt werden konnte, die aber höchstwahrscheinlich im nächsten Jahr neue Kolonien erzeugen. WESENBERG-LUND ist der Ansicht, daß die Entstehung der Ciliosporen vollständig unabhängig von der Befruchtung ist und führt verschiedene Stützen dieser Ansicht an.

In dem „Theoretical Remarks“ betitelten Abschnitt legt WESENBERG-LUND die Gründe dar, aus denen seines Erachtens die Kolonien von *Z. geniculatum* nicht als Zellstöcke, sondern als vielkernige Einzelzellen anzusehen sind. Wo die Grenze zwischen Einzelzelle und Zellstock zu ziehen ist, mag ja Gefühlssache sein. Doch glaubt Ref., daß man in diesem Fall den Ausführungen WESENBERG-LUNDS nicht folgen dürfe:

sind doch die einzelnen Zellen der Kolonien vermehrungs- und besonders befruchtungsphysiologisch voneinander vollständig unabhängig, so daß, wollte man mit WESENBERG-LUND die Zoothamnium-Kolonie als Einzelzelle bezeichnen, sie dann als „Kern-Kolonie“ aufgefaßt werden müßte — eine ganz unannehmbare Konsequenz.

Es konnte hier nur das Wichtigste aus der großen Fülle der mitgeteilten Beobachtungen hervorgehoben werden. Zum Schluß sei noch auf die vorzüglichen Abbildungen hingewiesen, die das im Text Gesagte erläutern und aufs beste unterstützen.

A. LUNTZ, Berlin-Dahlem.

HUBER-PESTALOZZI, G., **Die Schwebeflora (das Phytoplankton) von Seen und Kleingewässern der alpinen und nivalen Stufe.** Zürich: ALB. RAUSTEIN 1926. Mit 1 Tafel und 1 Textfigur. Preis RM 6.—.

Die Arbeit umfaßt etwa 100 Seiten und ist ein Abdruck aus der 2. Auflage von Prof. SCHRÖTERS „Pflanzenleben der Alpen“. Sie befaßt sich hauptsächlich mit den alpinen, auch arktischen Gewässern, bietet aber durch die geschickte Art der Darstellung auch Einblick in die allgemeinen Verhältnisse der Seen überhaupt, so in die Thermik, Optik, Chemie usw.

Ein Schwerpunkt der Veröffentlichung liegt in der pflanzengeographischen Betrachtung und ökologischen Besprechung der Organismen, die viel Angregendes bietet. Der Leser folgt mit Interesse den Darlegungen des Autors, durch welche er zeigt, daß die alpine Schwebeflora im allgemeinen als eine verarmte Tieflandsflora aufzufassen ist. Reduziert an Zahl sind dabei hauptsächlich die Planktondiatomeen, die über 2000 m Meereshöhe immer seltener werden. Verf. erwähnt dabei auch die Gattung *Dalailama*, die aber zu streichen ist. Unter den Grünalgen steigen am höchsten die Desmidiaceen. Rein alpine typische „Schwebepflanzen“ gibt es nach Verf. nicht, ausgenommen vielleicht *Mallomonas akrokomos* und *Tetrastrum multisetum* var. *punctatum*, doch bliebe nach Ref. noch zu untersuchen, ob nicht doch eine Reihe von Formen als Spezifika für Alpen und Arktis gefunden werden können.

KOLKWITZ, Berlin.

KISSER, J., **Leitfaden der botanischen Mikrotechnik.** Leipzig: G. Fischer 1926. IV, 145 S. und 51 Abbild. im Text. 16 × 23 cm. Preis geh. RM 6.—, geb. RM 7.50.

Der vorliegende Leitfaden ist mit der Absicht geschaffen, dem Anfänger die wichtigsten Methoden der Schneidetechnik und Färbekunst vorzuführen und auch dem Kundigen bewährte Vorschriften für die alltäglich vorkommenden Arbeitsgänge zu bringen. Der ganzen Anlage und Auswahl nach scheint mir das richtige Maß getroffen zu sein. Im Mittelpunkt des Ganzen steht natürlich die Mikrotomtechnik. Während aber z. B. in der bekannten Mikrotechnik von S. SIEBEN (die vergriffen ist und wohl nicht wieder in neuer Auflage erscheint) nur die Paraffineinbettung berücksichtigt ist, werden hier auch andere sonst in der neueren botanischen Literatur vernachlässigte Methoden besprochen. So lassen sich vielfach frische Objekte ohne jede Einbettung oder nach einfachem Einschmelzen in Paraffinklötzchen mit dem Mikrotom schneiden. Objekte, die nicht entwässert werden dürfen, können in Glyceringelatine besonderer Zusammensetzung eingeschmolzen werden, während die bei medizinisch-klinischen Untersuchungen häufig gebrauchte Gefrier-methode bei botanischen Untersuchungen nur selten besondere Vorteile bietet. Eingehender wird die sonst hauptsächlich bei zoologischen Objekten angewandte Celloidinmethode behandelt, die besonders bei der Untersuchung bröckeliger Objekte (z. B. Fossilien) oder

bei der Feststellung komplizierter räumlicher Verhältnisse an dicken Schnitten von Nutzen sein kann. Originell ist die Verwendung der Celloidinmethode zur Darstellung von Interzellularen. Bei allen Teilen des Arbeitsganges ist die Beschränkung auf das Wichtigste wohlthuend fühlbar; das gilt besonders für die Besprechung der Fixier- und Färbemethoden. Hier wird man mit der gegebenen Auswahl zumeist ausreichen. Für die erste Orientierung sind auch einige besonders wichtige mikrochemische Reaktionen aufgenommen worden, soweit sie für Mikrotompräparate brauchbar sind. Dem Anfänger werden besonders die Hinweise auf Schwierigkeiten und die Ratschläge zu ihrer Überwindung willkommen sein; ein besonderer Abschnitt ist schließlich der Rettung von verderbenden Präparaten gewidmet. Nur eines könnte man in einem derartig praktisch angelegten Buch noch wünschen: eine kurze Anleitung, die den Anfänger in den Stand setzt, Fehlresultate auch als solche zu erkennen (ein Punkt, der erfahrungsgemäß oft Schwierigkeiten bereitet). Dies als Wunsch für eine Neuauflage! — Literaturangaben sind völlig vermieden worden mit dem Hinweis, daß die Literatur von SCHNEIDER (SCHNEIDER, H., und A. ZIMMERMANN, Die botanische Mikrotechnik. Jena 1922) ausführlich berücksichtigt sei. Wer sich also über den Ursprung einer bestimmten Methode informieren will, muß sich erst an dies oder ein anderes umfangreicheres Werk wenden, um bis zur Originalarbeit vorzudringen; eine Zitierung wenigstens der wichtigeren Arbeiten hätte für die nicht in den Anfangsgründen steckenden Benutzer manchen Vorteil gebracht. Der praktische Wert des Buches, das vor allem dem Anfänger empfohlen werden kann, wird dadurch natürlich nicht gemindert. P. METZNER, Berlin-Dahlem.

MARKGRAF, F., **Kleines Praktikum der Vegetationskunde**. Biologische Studienbücher, herausgegeben von W. SCHÖNICHEN. Berlin: Julius Springer 1926. IV, 64 S. und 31 Abbildungen. Preis geh. RM 4.20, geb. RM 5.40. Im Rahmen der ohnehin nicht gerade zahlreichen

deutschen Literatur, die eine praktische Einführung in das in neuerer Zeit so rasch sich entwickelnde Gebiet der Vegetationskunde gibt, besitzt das vorliegende ansprechende Büchlein dadurch eine besondere Note, daß alle Begriffe und Methoden aus Beispielen heraus entwickelt werden, die sämtlich eigenen Beobachtungen und Erfahrungen des Verf. entstammen und hauptsächlich den Waldformationen entnommen sind. So werden dem für die pflanzlichen Lebensgemeinschaften interessierten Pflanzenkenner die Möglichkeiten vor Augen geführt, mit denen er selbst imstande ist, Vegetationsstudien vorzunehmen. Inhaltlich gliedert sich das Buch in zwei annähernd gleich starke Teile, von denen der eine die praktische Bestandsaufnahme natürlicher Pflanzengesellschaften, der andere die Standortsökologie behandelt. Hinsichtlich der soziologischen Methodik bevorzugt Verf. in Anlehnung an die schwedischen Autoren die Quadratmethoden, die ja ohne Zweifel auch einen beträchtlichen erzieherischen Wert besitzen; abweichend von jenen erzieherischen Wert des Assoziationsbetont er aber den soziologischen Wert des Assoziations-individuums, so daß als Konstanten bei ihm die Arten erscheinen, die innerhalb eines solchen überall vorkommen sind, und außerdem betont er mit Recht die kausale Verknüpfung der Regelmäßigkeit der Vegetationsanordnung mit den Standortsfaktoren. Aus dem letzteren gewidmeten Abschnitt seien die Ausführungen über den Boden besonders hervorgehoben. Rühmende Erwähnung verdient ferner auch noch die reiche und treffliche illustrative Ausstattung, die zusammen mit der klaren, leicht faßlichen Darstellungsweise das Buch besonders geeignet macht, die Kenntnis der Vegetationskunde und die Beschäftigung mit ihr weiteren Kreisen zugänglich zu machen und sie zu einer Betätigung anzuregen, die ebenso sehr innere Befriedigung für den einzelnen wie die Sicherung eines reichen Forschungsmaterials für den Fortschritt der Wissenschaft verheißt.

W. WANGERIN, Danzig-Langfuhr.

Aus den Sitzungsberichten der Heidelberger Akademie der Wissenschaften 1925.

Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse.

24. Januar.

PAUL ERNST: **Colloide Struktur des Nierensekretes**. In den gewundenen Kanälchen normaler und pathologischer, embryonaler und reifer, menschlicher und tierischer Nieren wird eine blasig-schaumige Struktur nachgewiesen, die als eine kolloide Struktur aufgefaßt wird. Die Bedeutung des Befundes liegt darin, daß die Kolloidstabilisierung den Harn befähigt, Substanzen weit jenseits der Grenze ihrer echten Löslichkeit ohne Entstehung von Niederschlägen zu beherbergen. Durch die kolloide Zerteilung wird die Durchflußgeschwindigkeit durch Röhren herabgesetzt, eine feine Steuerung des Durchflusses ermöglicht und dafür gesorgt, daß das letzte aus der Wand herausgeholt wird. Da ähnliche Befunde auch in der embryonalen Urniere, aber auch in Milch-, Speichel- und Samendrüsen, sogar im Zentralkanal des embryonalen Rückenmarks erhoben wurden, scheint die kolloide Struktur eine Eigenschaft aller Sekrete zu sein.

11. Juli.

RASCH: **Über die Ausnützung der Gezeiten des Meeres zur Energiegewinnung**. Die Flutmühle war nachweislich schon im Jahre 1438 bekannt, eine Ausnützung der Ebbe und Flut im großen aber erst nach Entwicklung der elektrischen Arbeitsübertragung möglich. Mittels Dämmen werden geeignete Buchten oder

Flußmündungen in vom Meere abgetrennte Becken umgewandelt, in welchen die Wasserhöhe, teilweise unter Mitwirkung von Schleusen, dem Bedarf angepaßt werden kann, so daß zwischen Meer und Becken ein Gefälle entsteht, das zur Energiegewinnung ausgenutzt werden kann. Beim *Einbeckensystem* ist aber dieses Gefälle zeitweise zu gering, um eine Energieabgabe zu ermöglichen; es entsteht daher bei jeder Flut und jeder Ebbe eine Betriebspause von 2–3 Stunden. Diesen Nachteil des Einbeckensystems vermeidet das *Zweibeckensystem*, bei dem zwischen einem Hoch- und einem Niederbecken mit Hilfe zweier Schleusen immer ein hinreichendes Gefälle unterhalten werden kann. Hiernach wäre zu erwarten, daß allgemein das Zweibeckensystem vor dem Einbeckensystem den Vorzug verdiene. Aber bei beiden, bis jetzt bekannt gewordenen Ausführungen ist das Einbeckensystem zugrunde gelegt. Dieser Umstand veranlaßte den Verf., eine Prüfung beider Systeme vorzunehmen und die Arbeitsleistung für eine Meeresperiode (Tide) für 1 Quadratkilometer Beckenfläche und 3 Meter Meeres- (deutsche Nordseeküste) zu ermitteln. Er fand für das Einbeckensystem 8860, für das Zweibeckensystem nur 4830 Kilowattstunden. Da das Zweibeckensystem zwar keine Betriebsunterbrechungen, aber doch — wegen des stark veränderlichen Gefälles —

große Schwankungen der abgegebenen Leistung mit sich bringt, ist in beiden Fällen für einen Energie-speicher zu sorgen. Bei vollkommen ausgeglichener Arbeitsleistung ist das Verhältnis der Ausbeuten vom Ein- und Zweibeckensystem immer noch 5 : 3 unter Annahme eines Verlustes von 35 v. H. der aufgespeicherten Energie. In der vom Verf. entwickelten Formel für die Energie auf 1 Quadratkilometer Beckenfläche tritt der Meereshub im Quadrat auf. Da derselbe mit 3 bis 3,2 Meter an unseren Seeküsten im Vergleich mit anderen verhältnismäßig niedrig ist, ist für Deutschland zunächst nicht viel von dieser Energiequelle zu erwarten.

Aus Akademieberichten.

Académie des sciences de Paris.

1. Februar 1926.

H. DESLANDRES: **Sur la perturbation magnétique du 26. janvier 1926 à l'Observatoire de Meudon.** Eine starke magnetische Störung hat in der Zeit von Januar 26 15^h 30^m bis Januar 27 3^h bestanden. In Meudon war ein Nordlicht sichtbar. Eine Gruppe von Sonnenflecken, die Januar 24 6^h den Meridian passiert hat, ist wahrscheinlich die Ursache. — R. CHEVALLIER: **Extinction des perturbations magnétiques à la périphérie de l'Etna.** Durch die Wirkung des Ätnamassivs erhält die normale Deklination (6,4°) in Catania eine Abweichung um -0,35° und in Randazzo eine Abweichung von +0,35°. An den übrigen Orten liegen die Werte dazwischen. Sie stehen im Einklang mit den bekannten Werten für die Magnetisierung von Laven. — C. LEVEN und E. COUDERT: **Données nouvelles sur la pathogénie et la thérapeutique des vomissements incoercibles de la grossesse.** Die unstillbaren Erbrechen der Schwangerschaft sind meistens durch Aerophagie hervorgerufen, die gelegentlich von einer Magenerweiterung und einer durch die Schwangerschaft verschlimmerten Verdauungsstörung begleitet wird. Sie sind meistens heilbar.

8. Februar.

E. GLEDITSCH und C. CHAMIÉ: **Contribution à l'étude des propriétés chimiques du mésothorium 2 et de l'actinium.** Das Mesothorium II folgt den Cererden und speziell dem Lanthan, dessen Homologes es sein muß. Trotz der unwägbaren kleinen Mengen wurden die chemischen Reaktionen eindeutig festgestellt.

15. Februar.

L. BLOCH, EUG. BLOCH und G. DÉJARDIN: **Sur un second spectre d'étincelle du néon.** Die Autoren haben durch Funkenanregung ein ganz neues Spektrum des Neons erhalten, das ganz im Ultraviolett liegt. Die stärksten Linien finden sich zwischen 2600 und 3000 Å. — J. LAISSUS: **Cémentation des alliages ferreux par le tungstène.** Die Zementation mit Wolfram ergibt etwa doppelt so starke zementierte Schichten wie die Zementation mit Chrom. Die blanke äußere Schicht bildet sich schon bei 800° anstatt erst bei 1100°. Die Stücke nehmen nach dem Polieren einen nickelähnlichen Glanz an. — R. CAZAUD: **Recherches sur auto-aimantation des aciers à la torsion.** Das Studium der Selbstmagnetisierung der Stähle bei der Torsion läßt Schlüsse auf ihre Zusammensetzung und ihre thermische Behandlung zu.

22. Februar.

O. MUNERATI: **Possibilité de déterminer l'âge des graines de blé par la température de leur germination.** Die Körner des laufenden Jahres keimen gut zwischen 5° und 7° und nicht mehr über 24°. Die Körner des vorangegangenen Jahres keimen gut zwischen 5° und 32°. Alte Körner keimen gut zwischen 22° und 32°. — L. LAUDAUD: **Sur la présence d'un Cyprès dans les**

14. November.

WILHELM SALOMON-CALVI: **Magmatische Hebungen (Mit besonderer Berücksichtigung von Calabrien).** Der Verf. bemüht sich zu zeigen, daß absolute Hebungen stattfinden und durch eine allerdings stark veränderte Theorie des Plutonismus zu erklären sind, wobei er die neuen Strömungstheorien und die Kontinentalverschiebungstheorie von WEGENER heranzieht. Die Unzulänglichkeit der Kontraktionslehre wird stark betont. Calabrien, Süddeutschland, Lothringen und die Randmassen des Skandik werden als Beispiele und Beweismittel benutzt.

montagnes du Tassili des Azdgers (Sahara central). Das Vorkommen von Cupressus sempervirens an dieser Stelle beweist, daß in der Sahara neuerdings eine wesentliche Verschlechterung der biologischen Bedingungen eingetreten ist.

8. März.

J. OTTENHEIMER und R. DUBOIS: **Sur une onde précédant l'onde explosive** Bei der Explosion von Melinitladungen unter Wasser haben die Autoren eine Welle entdeckt, die der eigentlichen Explosionswelle vorauslief. Wahrscheinlich sind die beiden Wellen gleichzeitig entstanden, aber die Geschwindigkeit der ersten ist langsamer abgefallen als die der zweiten. — P. JOB: **Etude spectrophotographique de sels de potassium trihalogénés.** Durch das Studium der Absorptionsspektren der wässrigen Lösungen der Alkalihalogenide hat der Verfasser die Existenz der Komplexe KJ₃, KBr₃, KBrJ₂, KClJ₂ nachgewiesen.

15. März.

M. DELAVILLE und P. CARLIER: **Dosage des petites quantités de potassium.** Die Methode beruht auf der Überführung des Kaliums in das Kalium-Kobaltnitrit und auf der Bestimmung des Kobalts in diesem Nitrit. Die Autoren bestimmen 0,1 mg K in wenigen Milligramm Substanz.

26. April.

LÉON et EUG. BLOCH: **Sur un second spectre d'étincelle du fer.** Die Autoren haben eine neue Serie im Funkenspektrum des Eisens entdeckt. Im Bogenspektrum fehlt sie. — L. ABONNENC: **Gouttes formées dans un champ électrique.** Das elektrische Feld scheint auf Zähigkeit und Oberflächenspannung keinen Einfluß zu haben. Die Variationen im Gewicht der Tropfen und ihrer Bildungszeit scheinen auf die Kräfte zurückzuführen zu sein, die aus der Existenz von Ladungen auf der als leitend vorgestellten Oberfläche durch deren jeweilige Verteilung entstehen, und weiterhin auf diejenigen Kräfte, die mit der Polarisierung des Dielektrikums verbunden sind. — P. RUSSO: **Sur la présence de dépôts glaciaires quaternaires dans le Riff oriental.** Gewisse Täler nördlich von Taza sind von Stirn- und Seitenmoränen begleitet. — J. THOULET: **Région volcanique abyssale active des îles Hawai dans le Pacifique nord.** Die Challengerexpedition hat in der Nähe der Hawaischen Inseln eine Gegend unterirdischer vulkanischer Tätigkeit gefunden. Aus ihren Beobachtungen geht hervor, daß diese Vulkane die Dichte des Wassers erhöhen, indem sie flüssige Wolken von vergrößertem Salzgehalt bilden, die bis zur Oberfläche heraufsteigen können. Diese Vulkane liefern dem Ozean einen beträchtlichen Zustrom von Salz. — CH. NICOLLE, E. CONSEIL et P. DURAND: **L'agent de la Scarlatine,** Entsprechend den Arbeiten von DICK ist anscheinend ein Streptokokkus der Scharlacherreger. Die Schutzimpfung gegen diese Krankheit ist möglich.

National Academy of Sciences of the U. S. A.
Januar 1926. Bd. 12, Nr. 1.

C. E. ALLEN: **Die direkten Ergebnisse der Mendelschen Reduktionsteilung.** Bei Kreuzungsversuchen mit dem Lebermoos *Sphaerocarpus Donnellii* Aust. erhielt ALLEN aus der Kombination ♀ typisch (*t*) mit ♂ polyclad (*p*) folgende Nachkommenschaft: 52 Tetraden ergaben 2 ♀ *t* Gametophyten und 2 ♂ *p*, 44 ergaben 2 ♀ *p* und 2 ♂ *t*, und außerdem ergaben 8 je einen ♀ *t*, ♀ *p*, ♂ *t* und ♂ *p*. Aus dem Vorkommen solcher 4 Formen haltender Tetraden schließt der Verfasser, daß neben dem ersten heterotypischen Teilungsschritt der Tetradenbildung auch die homöotypische Teilung bei der Verteilung der Chromosomen oder von Chromosomenteilen eine Rolle spielt. — M. DEMEREC: **Rötlich — eine häufig mutierende Eigenschaft von *Drosophila virilis*.** Die Körperfarbe Rötlich tritt als Allelomorph von Gelb auf und gibt bei der Kreuzung mit diesem in F_1 : Gelb, und in einem Teil von F_2 den Wildtypus. Rötlich scheint also häufig in diesen Typ zu mutieren. — W. E. CASTLE: **Die Erklärung der Wachstumsenergie der Bastarde.** Zur Prüfung der Frage, ob JONES' Theorie zutrifft, daß die Dominanz wachstumsanregender Gene aus jeder Chromosomengarnitur das Luxurieren der Bastarde bewirke, oder ob es die Heterozygotie der Bastarde für alle Erbfaktoren, in denen die Eltern sich unterscheiden, tue, zieht CASTLE TYZZERS Erfahrungen mit der Transplantation von Carcinomgewebe heran. Auf der Tanzmaus spontan entstandenes Carcinom konnte auf andere Tanzmäuse, nicht aber auf die Hausmaus mit Erfolg überimpft werden. Auf den Bastarden von beiden gingen die Geschwülste noch besser an als bei der Tanzmaus, in der F_2 -Generation war die Empfänglichkeit sehr selten. Da in der Hausmaus überhaupt keine Faktoren für das Gedeihen dieses Tumors vorhanden sind, sprechen die Befunde gegen die Dominanz und für die Theorie der Heterozygotie an sich als Ursache der gesteigerten Wachstumsenergie.

März 1926. Bd. 12, Nr. 3.

L. C. STRONG: **Die genetische Grundlage für Gewebeüberpflanzungen.** Die viel diskutierte Frage, ob die Empfänglichkeit für überimpfte Tumoren erblich sei, wurde von STRONG durch exakte Versuche bejaht. Er ging von 2 Mausstämmen aus, von denen der eine für ein bestimmtes Carcinom empfänglich, der andere unempfänglich war. Er fand aus seinen Zahlen in verschiedenen Generationen, daß 2 Faktoren für die Tumorempfänglichkeit maßgebend sind. — L. V. MORGAN: **Zusammenhang zwischen Form und Verhalten eines Chromosoms.** Die besondere Form eines X-Chromosoms in einer Mutante von *Drosophila melanogaster* konnte als Ursache ihres eigentümlichen Erbganges erkannt werden. Das Chromosom war statt schwach gebogen fast geschlossen U-förmig. Es fanden sich besonders zahlreiche Fälle von non-disjunction, unter den vorkommenden crossing-over aber war die Zahl der Doppelcross-over relativ hoch. Außerdem führt die U-Form des Chromosoms leicht zu seiner Elimination bei einem späteren Teilungsschritt, d. h. zu Gynandromorphen. — S. SATINA und A. F. BLAKESLEE: **Studien über biochemische Unterschiede zwischen dem (+) und (–) Geschlecht von *Mucor*.** 2. Vorläufige Mitteilung über die Manoilovreaktion und andere Proben. Während die Konzentrationen an Wasserstoffionen, Peroxydase, Katalase, Gesamtsäure in den Extrakten von (+)- und (–)-*Mucor*en sich als nicht oder kaum unterscheidbar erwiesen, ermöglichte die Manoilov-Reaktion (MANOILOV, Münch. med. Wochenschr. 1924, S. 1784) in mehr als 90% der über hundert untersuchten Fälle die Unterscheidung der beiden Geschlechter. — Dieselben: Bio-

chemische Geschlechtsunterschiede bei grünen Pflanzen. Die Blätter wurden auf verschiedene chemische Weisen geprüft. Die weiblichen Pflanzen, blühend oder fruchttragend extrahiert, ergaben gelblichere alkoholische Extrakte als die männlichen, auch erwiesen sie sich als stärker reduzierend (KMnO_4 , Na_2SeO_3 und Methylengrün). Die besten Ergebnisse von 92% richtigen Geschlechtsbestimmungen hatte hier wie bei *Mucor* die Manoilov-Reaktion. — C. P. RICHTER: **Die Bedeutung des Wechsels im elektrischen Widerstand beim schlafenden Körper.** Leitete man mit unpolarisierbaren Elektroden einen schwachen Gleichstrom von Handrücken zu Handrücken durch den Körper, so betrug der Widerstand ca. 500 000 Ohm. Durchbohrte man die Haut beider Hände, so sank der Widerstand auf 15 000 Ohm. Er ist also wesentlich in der Haut gelegen. Das Verhalten des Widerstandes der wenig porösen Handrücken und der vielporigen Handflächen war Beeinflussungen und gegenüber sehr verschieden. Der Widerstand von Handfläche zu Handfläche konnte durch Mittel, die auf das Nervensystem wirken, wie Injektion von Atropin und bei Affen, mittels Durchschneidung der Hand- und Fußnerven stark erhöht werden, und ging parallel mit der Tiefe des Schlafes. Der Widerstand von Handrücken zu Handrücken wuchs z. B. beim Schlaf mit der völligen Entspannung der Muskeln. Diese Messungen ermöglichen unter anderem die Unterscheidung von echtem Schlaf und krankhaften schlafähnlichen Zuständen. — C. D. MURRAY: **Der geringste Arbeitsaufwand als physiologisches Prinzip. I. Das Gefäßsystem und der Aufwand für das Blutvolum.** Aus der zur Überwindung der Reibung und zur bloßen Erhaltung des Blutvolums notwendigen Arbeit wird berechnet, daß das Verhältnis der Blutströmung zum Volum des Gefäßsystems den bestmöglichen Effekt der aufgewandten Energie ergibt.

Mai 1926, Bd. 12, Nr. 5.

C. D. MURRAY: **II. Sauerstoffaustausch in den Capillaren.** Sollte der arterielle Sauerstoffdruck des Blutes in den Capillaren auf Null absinken, so wäre ein unendlich großes Capillarsystem nötig. Sollte er praktisch unverändert bleiben, so müßte die durchströmende Blutmenge unendlich groß sein. Es wird gezeigt, daß die gegebenen Verhältnisse im Körper ein Minimum an Arbeit erfordern.

Juni 1926, Bd. 12, Nr. 6.

C. LADD-FRANKLIN: **Die rotblauen Bögen und der rotblaue Schimmer der Retina.** PURKINJE hat beobachtet, daß man im sonst dunklen Raum zu beiden Seiten eines hellroten Lichtstreifens große mit etwas Rot gemischte blaue Bögen wahrnimmt. Aus der Form zu schließen erblickt man so als entoptisches Phänomen gewisse Fibern des optischen Nerven, die an der Oberfläche der Retina liegen. Verfasser deutet die Erscheinung als Biolumineszenz des Nerven selbst. — TH. M. CARPENTER: **Die Wirkung von Alkohol-, Dextrose- und Lävuloseklistieren auf den menschlichen Stoffwechsel.** Die Versuche wurden an vier gesunden Studenten durchgeführt. Daraus, daß der Atmungsquotient $\text{CO}_2 : \text{O}_2$ 2 Stunden nach Einführung von Äthylalkohol merklich sank (er ist für Alkohol theoretisch niedriger als für Fett, Eiweiß, Kohlenhydrat), schloß Verfasser auf seine Verbrennung. Die Pulsbeschleunigung nach rectaler Einführung des Alkohols war größer als bei oraler. Seine Absorption, geprüft durch Reinigungsklistiere und Urinuntersuchung, war fast vollständig. Lävulose und Dextrose wurden weniger stark absorbiert und erhöhten den Quotienten nicht merklich. Bei Lävulose verminderte sich der Stickstoffgehalt des Urins (Eiweißspaltung) mehr als bei Alkohol, nicht aber bei Dextrose.

Das Problem der δ -Cephei-Sterne.

Von P. TEN BRUGGENCATE, Göttingen.

Die folgenden Ausführungen schließen sich an einen Aufsatz über die Entwicklung stellarer Materie an, der in dieser Zeitschrift im Jahre 1925 (Jahrg. 13, S. 261) veröffentlicht wurde. Sie sind

diagramm im Sinne der Riesen-Zwergtheorie sei, möchte ich auf den ersten Aufsatz verweisen.

1. *Das Russell-Diagramm.* Die Grundlage einer jeden Untersuchung über die Entwicklung der

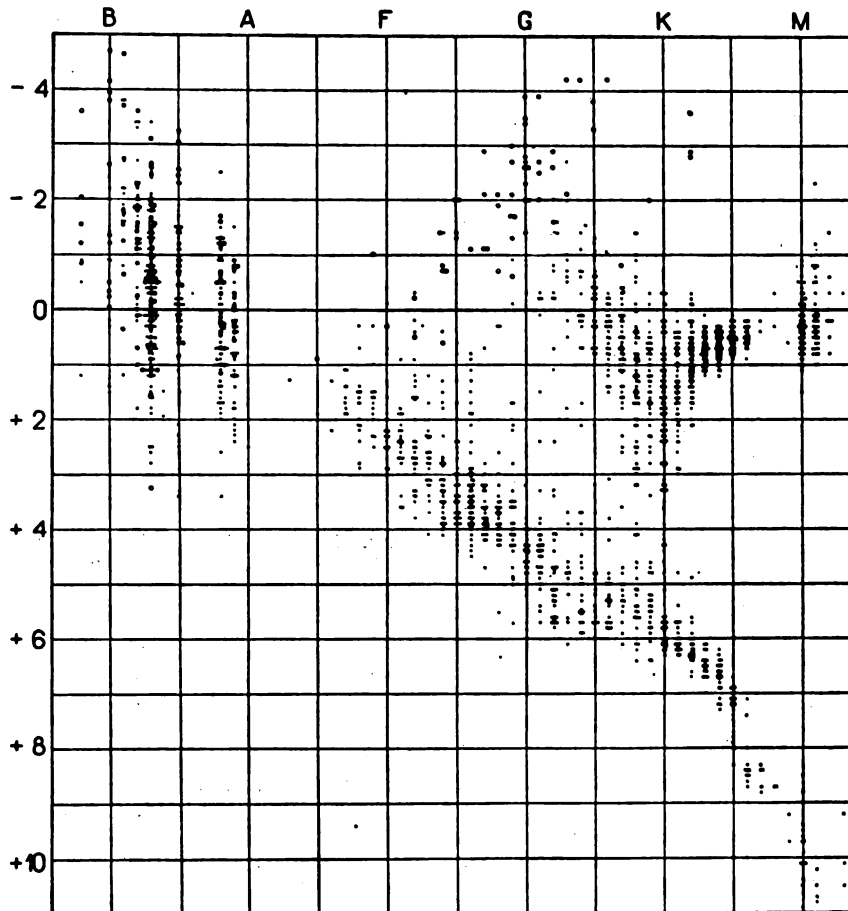


Fig. 1. Das RUSSELL-Diagramm für etwa 2000 Sterne mit bekannten spektroskopischen Parallaxen. Abszissen: Spektraltypus. Ordinaten: Absolute Helligkeit.

insofern eine Weiterführung der dortigen Betrachtungen, als hier versucht wird, auch kritische Zustände der Sternentwicklung, wie sie bei den δ -Cephei-Sternen, den O-Sternen und den planetarischen Nebeln vorliegen, in ein allgemeines Entwicklungsschema einzuordnen. Des Zusammenhangs wegen habe ich die wichtigsten Ergebnisse der zitierten Arbeit nochmals in § 1 kurz zusammengefaßt. Wegen der eingehenden Begründung der für das Weitere grundlegenden Auffassung, daß das Russell-Diagramm Entwicklungs-

Sterne bildet das sog. *Russell-Diagramm*. Es stellt die statistische *Verteilung der Sterne* nach ihrer *Leuchtkraft* (absolute Helligkeit) und ihrem *Spektraltypus* (Temperatur) dar. Abszisse des Diagramms ist gewöhnlich der Spektraltypus, Ordinate die absolute Helligkeit. Jeder Punkt des Diagramms repräsentiert somit einen Stern von bestimmter Leuchtkraft und bestimmter Temperatur. Man könnte erwarten, daß für einen Stern *jede Kombination von absoluter Helligkeit und Spektraltypus gleich wahrscheinlich* sei; dann wären

die einzelnen Punkte im Russell-Diagramm, die die einzelnen Sterne darstellen, *gleichmäßig* in der Ebene des Diagramms verteilt. Dies trifft nun aber keineswegs zu, sondern die Punkte ordnen sich in der Diagrammebene im allgemeinen mit erstaunlicher Regelmäßigkeit in zwei gesonderten Reihen an, der Reihe der Riesensterne und der Reihe der Zwergsterne. In der Fig. 1 ist das Russell-Diagramm für etwa 2000 Sterne mit bekannten spektroskopischen Parallaxen wiedergegeben. Die Frage, ob dieser Anordnung nur eine *statistische* Bedeutung zukommt (in welchem Falle die Riesen mit den Zwergen in keinem *kosmogonischen* Zusammenhang stehen würden), oder ob ein Entwicklungszusammenhang zwischen beiden Reihen von Sternen existiert, bildet ein Zentralproblem der modernen Kosmogonie. In der oben zitierten Arbeit fiel die Entscheidung zwischen beiden Möglichkeiten (auf Grund von Untersuchungen über Sternhaufen) zugunsten der zweiten aus: *Das Russell-Diagramm ist ein Entwicklungsdiagramm* in dem Sinne, daß ein normaler Stern sein Leben als roter Riese beginnt und als Zwerg endigt.

EDDINGTON hat auf Grund wesentlich theoretischer Überlegungen gefunden¹⁾, daß sowohl für Riesen- wie für Zwergsterne die absolute Helligkeit bestimmt wird durch die Masse und Temperatur des Sternes, und zwar für *beide Sternarten auf die gleiche Weise*. Für lauter Sterne gleicher Temperatur ist die Leuchtkraft also nur noch eine Funktion der Masse. Das heißt aber, ein Riesenstern (an Leuchtkraft) kann, wenn seine Masse während der Entwicklung konstant bleibt, niemals zu einem Zwergstern (an Leuchtkraft) mit der gleichen Temperatur werden, wie es die Deutung des Russell-Diagramms als Entwicklungsdiagramm verlangen würde. Die einzige mit den Beobachtungen verträgliche Konsequenz ist die, daß die Konstanz der Masse während der Entwicklung aufgegeben wird, daß vielmehr die Masse sich umsetzt in Strahlungsenergie.

2. *Der Lebensweg eines „normalen“ Sterns*²⁾. Der Zusammenhang zwischen Leuchtkraft, Masse und Temperatur, wie er für Riesen- und Zwergsterne gilt, ist in der Fig. 2 graphisch dargestellt. Sie ist einer Arbeit von JEANS³⁾ entnommen, der diese Darstellung zuerst angewandt hat. Abszisse ist die Masse (M), Ordinate die Leuchtkraft (L). Zu jeder Kurve in der Ebene (M, L) gehört eine bestimmte Temperatur oder ein bestimmter Spektraltypus.

Der Lebensweg eines Sternes, der seine Strahlung durch Massenverlust in der Weise deckt, daß seine Leuchtkraft dauernd in einem konstanten

Verhältnis zu seiner Masse steht — offenbar der einfachste Fall —, geht durch den Ursprung des Diagramms. Er kann etwa durch die Gerade AO dargestellt werden. Seine Temperatur würde dauernd wachsen; er könnte also auch nicht die Reihe der Riesensterne im Sinne wachsender Temperatur, die der Zwergsterne im Sinne abnehmender Temperatur durchlaufen. Das *einfachste* Modell, das diese Bedingung erfüllen würde, wäre offenbar ein Stern, der sich aus zwei Arten von Materie zusammensetzt; die eine Art möge sich in konstantem Verhältnis in Strahlung umsetzen, die andere bleibe erhalten. (Es lassen sich daneben natürlich noch beliebig viel andere gleichberechtigte Modelle konstruieren. Für das folgende ist es völlig ausreichend, dies denkbar einfachste Modell zu betrachten. Ich bin mir dabei bewußt, daß es sicher nur eine ganz rohe Annäherung an

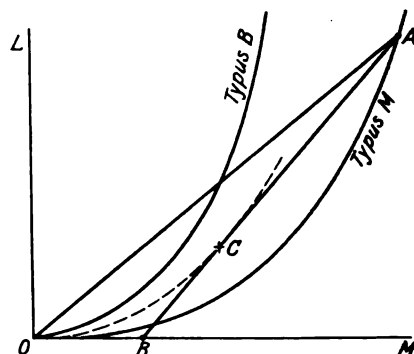


Fig. 2. Zusammenhang zwischen Leuchtkraft, Masse und Temperatur bei „normalen“ Riesen- und Zwergsterne.

die Wirklichkeit darstellen kann.) Dann schneidet der Entwicklungsweg des Sternes (AB) die M -Achse und berührt (wie man aus der Form der Kurven konstanter Temperatur in der ML -Ebene sieht) in einem bestimmten Punkte C eine der Kurven $T = \text{const.}$ Von A bis C nimmt der Stern an Temperatur zu, d. h. er bewegt sich in der Richtung der Spektraltypen $M, K, G \dots$ Im Punkte C erreicht er die höchste Temperatur, den „frühesten Spektraltypus“. Von C bis B endlich nimmt die Temperatur wieder ab, er bewegt sich in der Richtung $\dots G, K, M$. Die Vorstellung, daß sich die Strahlung eines Sternes aus seiner Masse decken soll, zieht also die Annahme nach sich, daß der Stern aus mehreren Arten von Materie bestehen muß, die an der Deckung der Strahlung verschieden stark beteiligt sind. Das einfachste Modell dieser Art haben wir eben skizziert.

3. „*Kritische Zustände*.“ Von den bisherigen Ausführungen glauben wir, daß sie eine stilisierte Beschreibung von der Entwicklung eines normalen Sternes geben. Daß die Entwicklung der Sterne in vielen Fällen keine so einfache — vom roten Riesen bis zum roten Zwerg — ist, zeigt abermals das Russell-Diagramm. Im Russell-Diagramm kommen einige Stellen vor, die man mit Recht

¹⁾ EDDINGTON, Monthly Notices 84, 308.

²⁾ Im folgenden wird unterschieden zwischen „normalen“ und „kritischen“ Zuständen der Sternentwicklung. Es wird zunächst nicht angenommen, daß diese identisch sind mit „stabilen“ und „instabilen“ Zuständen.

³⁾ JEANS, Monthly Notices 85, 798.

„kritische Stellen in der Sternentwicklung“ nennen kann¹⁾. Eine solche Stelle — die uns hier besonders interessiert — liegt auf dem Ast der Riesensterne beim Spektraltypus G , eine andere an der Spitze des Diagramms bei den B - und O -Sternen und den planetarischen Nebeln. Bei der ersten Stelle zeigen die Beobachtungen deutlich, daß in diesem Entwicklungsstadium eines Sternes die Möglichkeit besonders groß ist, aus einem „normalen“ in einen „kritischen“ Zustand überzugehen. Es existieren nämlich fast gar keine *normalen* F -Riesen, während die normalen G -Riesen und die normalen A -Riesen nicht selten sind. Dagegen gibt es sehr viele *veränderliche Sterne* mit periodischem Lichtwechsel, die nach ihrer Leuchtkraft und ihrem Spektraltypus zu den F -Riesen gezählt werden müssen. Diese veränderlichen Sterne gehören zur Klasse der δ -Cephei-Sterne, so genannt, weil der Stern δ -Cephei charakteristisch für die Art ihres Lichtwechsels ist. Auf rein empirischem Wege läßt sich zur Zeit beim Studium von kritischen Zuständen in der Sternentwicklung kaum weiterkommen als bis zum Aufzeigen der „kritischen Stellen“ im Russell-Diagramm. Wir wissen, rein empirisch, gar nichts darüber, wo die Bildpunkte der Sterne nach diesem Zwischenstadium im Russell-Diagramm zu suchen sind, welcher neue „normale“ Zustand also aus dem „kritischen“ hervorgeht. Wir sind hier auf rein theoretische Betrachtungen angewiesen.

4. *Theoretische Untersuchung von „normalen“ und „kritischen“ Zuständen.* Die Untersuchung der „normalen“ Zustände ist theoretisch relativ einfach. Sie ist im wesentlichen abgeschlossen, wenn es gelungen ist, eine den Beobachtungen entsprechende Beziehung zwischen Leuchtkraft, Temperatur, Masse und Dichte der Sterne zu finden. Dies hat z. B. die Eddingtonsche Theorie in ihrer alten Fassung geleistet und leistet heute das einfachste Jeanssche Modell mit seinen zweierlei Arten von Materie. Im einzelnen bieten sich selbstredend wesentliche Schwierigkeiten; man denke nur etwa an die schwierige Frage nach dem Absorptionskoeffizienten. Das Wesentliche der theoretischen Untersuchungen über „normale“ Zustände ist, daß sie die im Russell-Diagramm enthaltenen Beobachtungen gut darzustellen vermögen, wenn man einen Stern behandelt als *nicht rotierende, strahlende Gaskugel*. Die Berücksichtigung einer Rotation des Modells erscheint für diese Fragen völlig unnötig. Verbesserungsbedürftig ist die „Theorie der normalen Zustände“ an einer ganz anderen Stelle, nämlich in der Theorie des Absorptionskoeffizienten, in der man bisher keineswegs zu befriedigenden Resultaten gekommen ist.

Die theoretische Untersuchung „kritischer“ Zustände, also z. B. des Problems der δ -Cephei-Sterne, auf das wir nun näher eingehen wollen, stößt auf weit größere Schwierigkeiten. Die Be-

handlung dieses Zustandes durch ein nicht rotierendes, kugelförmiges Modell, wie es etwa EDDINGTON in seiner bekannten Pulsationstheorie versucht hat, stößt auf ganz erhebliche Schwierigkeiten, auf die HELLERICH kürzlich in dieser Zeitschrift hingewiesen hat¹⁾. In dieser Theorie wird der „kritische Zustand“ der δ -Cephei-Sterne aufgefaßt als eine adiabatische Schwingung einer strahlenden Gaskugel um einen stabilen Zustand. Wenn man sich auf kugelförmige Modelle beschränkt, kann in der Entwicklungsgeschichte des Modells kein „Verzweigungspunkt“ im Poincaréschen Sinne auftreten, d. h. kein Wechsel der Stabilität stattfinden. War das Modell anfangs stabil, so bleibt es, wenn wir nur kugelsymmetrische Deformationen zulassen, dauernd stabil. Der „kritische Zustand“ ist also hiernach ebenfalls ein stabiler Zustand, aus dem der Stern notwendigerweise *kontinuierlich* in andere stabile Nachbarzustände übergeht. Identifiziert man aber — und nichts scheint mir gegen einen solchen Versuch zu sprechen — die „normalen Zustände“ mit „stabilen“, die „kritischen“ mit „instabilen“, so bedeutet dies, daß die „kritische“ Stelle im Russell-Diagramm einen „Verzweigungspunkt“ darstellt, in dem ein Wechsel der Stabilität auftritt. Wir können nun nicht mehr sagen, daß der Stern aus dem kritischen Zustand kontinuierlich in stabile Nachbarzustände übergeht. Vielmehr vollzieht sich nun im Verzweigungspunkt eine *dynamische Katastrophe*, deren Endprodukt wieder ein stabiler Zustand sein wird, der aber im allgemeinen *keinerlei Ähnlichkeit mit dem Ausgangszustand* haben wird. Dies ist der fundamentale Unterschied beider Auffassungen und ich glaube, daß das im Russell-Diagramm enthaltene empirische Material ausreicht, worauf wir in § 7 zurückkommen wollen, um die zweite Auffassung des kritischen Zustandes als die wahrscheinlichere erscheinen zu lassen. Wenn also überhaupt die Auffassung der „kritischen Stelle“ als eines Verzweigungspunktes näher diskutiert werden soll, hat man die kugelförmigen, d. h. nicht rotierenden Modelle zu verlassen und zu der Behandlung von Gleichgewichtsfiguren rotierender Gasmassen überzugehen. Dies bedingt eine ungeheure Erschwerung der theoretischen Untersuchungen.

5. *Gleichgewichtsfiguren rotierender und strahlender Gasmassen.* Was wir aus der Eddingtonschen Theorie der normalen Zustände wissen, ist, daß der Aufbau eines strahlenden Sternes *vor Erreichung des Verzweigungspunktes* befriedigend dargestellt werden kann durch den Aufbau einer Gaskugel nach der Polytropen $n = 3$. Um nun aber auch „Verzweigungspunkte“ in der Entwicklung des Sternmodells studieren zu können, dürfen wir die Rotation nicht mehr vernachlässigen. Der nächste Schritt wird also sein, die Gleichgewichtsfiguren einer rotierenden und strahlenden Gasmasse zu untersuchen, deren innerer Aufbau bei verschwindender Rotation übereinstimmt mit dem

¹⁾ KIENTLE, Naturwissenschaften 12. Jg., H. 24, 1924.

¹⁾ HELLERICH, Naturwissenschaften 14. Jg., S. 635

Aufbau einer Gaskugel nach der Polytropen $n = 3$. Die mechanische Gleichgewichtsbedingung, die offenbar die Gleichgewichtsfiguren bestimmt, läßt sich sehr einfach formulieren. Sie bildet den Ausdruck dafür, daß Gasdruck und Strahlungsdruck der Gravitationswirkung der Gasteilchen das Gleichgewicht halten müssen. Mathematisch geschrieben lautet sie

$$d(p + p_r) = \varrho d\varphi;$$

dabei ist p der Gasdruck, p_r der Strahlungsdruck, φ das Gravitations- (plus Zentrifugal-) Potential und ϱ die Dichte. Die vier Größen sind Funktionen des Ortes in der gravitierenden und strahlenden Gasmasse.

Eine exakte Theorie der Gleichgewichtsfiguren läßt sich nicht einmal für nicht strahlende, rotierende Gasmassen mit beliebigem polytropem Aufbau, aufstellen, sondern nur für zwei extreme Spezialfälle durchführen, die wir gleich näher besprechen werden. Bei einer Untersuchung rotierender und strahlender Gasmassen muß man sich deshalb im wesentlichen auf rohe qualitative Resultate beschränken. Es geht daraus hervor, daß die theoretischen Betrachtungen über den „kritischen Zustand“ der δ -Cephei-Sterne, die von der Voraussetzung ausgehen, dieser sei mit einem „Verzweigungspunkt“ im Poincaréschen Sinne zu identifizieren, im allgemeinen nur qualitativer Art sein können. Darin ist die hier entwickelte Theorie zweifellos der Eddingtonschen Pulsationstheorie unterlegen; denn die letztere vermag auch quantitative Resultate zu geben, was der ersteren nur in viel beschränkterem Maße möglich ist. Andererseits vermag aber, wie wir sehen werden, die hier geschilderte Auffassung der kritischen Zustände mehrere fundamentale Beobachtungsergebnisse ohne jeden Zwang wenigstens qualitativ zu erklären, denen gegenüber EDDINGTONS Pulsationstheorie versagt. Dies berechtigt, wie ich glaube, dazu, sie hier auseinanderzusetzen.

Wir wollen zuerst kurz eingehen auf die Untersuchungen über die *Gleichgewichtsfiguren nicht strahlender, rotierender Modelle*, die bei verschwindender Rotation in polytrope Gaskugeln übergehen. Es ist bekannt, daß nur die Gaskugeln der Polytropenklassen $0 \leq n \leq 5$ physikalisch realisierbar sind. Denn alle Kugeln, die zu höheren Klassen gehören, besitzen unendliche Masse. Was die Dichteverhältnisse betrifft, so stellen die beiden Grenzfälle $n = 0$ und $n = 5$ Extremfälle dar. $n = 0$ ist die Kugel konstanter Dichte (also äquivalent mit einer homogenen, inkompressiblen Flüssigkeitskugel); $n = 5$ ist die Kugel mit dem stärksten Dichteabfall nach außen. Sie kann schematisiert werden durch ein Modell mit massivem Kern und einer darüberliegenden praktisch masselosen Atmosphäre (äquivalent dem Modell von ROCHE). Diese beiden Fälle sind es auch, für die eine strenge Theorie der Gleichgewichtsfiguren durchgeführt werden kann. Die klassischen Untersuchungen von JACOBI, POINCARÉ u. a. haben ge-

zeigt, daß das Modell $n = 0$, von der Kugel ausgehend, zuerst die abgeplatteten Rotationsellipsoide, dann die Jacobischen dreiaxigen Ellipsoide durchläuft. Diese beiden Reihen von Figuren interessieren uns hier nicht weiter, da sie stabile Zustände darstellen. An die Jacobischen Ellipsoide schließt sich eine weitere Reihe an, die POINCARÉ nach ihrer äußeren Gestalt die birnenförmigen Figuren genannt hat. Von ihnen hat JEANS gezeigt, daß sie säkular instabil, aber ordinär stabil sind. Man unterscheidet in der Theorie der Gleichgewichtsfiguren rotierender Flüssigkeitsmassen zwischen ordinärer und säkularer Stabilität. Ist eine reibungslose Flüssigkeit stabil, so spricht man von ordinärer Stabilität. Bleibt diese auch noch erhalten, wenn Reibungskräfte zugelassen werden, so nennt man die Stabilität eine säkulare. Eine säkular stabile Figur ist also immer auch ordinär stabil, aber nicht umgekehrt. Es gibt somit Figuren, die zwar ordinär stabil, aber säkular instabil sind — die birnförmigen Figuren sind solche —, und diese haben eine interessante Eigenschaft, auf die wir, in ihrer speziellen Form bei den birnförmigen Figuren, noch kurz hinweisen wollen. Der Übergang vom Ellipsoid zur Birnform, also der Übergang von der säkular stabilen zur säkular instabilen Figur, setzt ein durch eine Schwingung, die mit Laméschen Funktionen beschrieben werden kann. *Im Gegensatz zu einer Schwingung um einen stabilen Zustand kann eine Schwingung um einen säkular instabilen, aber ordinär stabilen Zustand eine dauernd endlich bleibende Amplitude besitzen.* Die Schwingung wird hier gespeist durch die Rotationsenergie des Systems. Die einfachste Birnform wird, wegen ihrer säkularen Instabilität, wahrscheinlich, auf was die äußere Form hindeutet, durch eine Zweiteilung endigen. JEANS hat in seiner Theorie der δ -Cephei-Sterne gerade diese Art von Schwingungen benutzt, um den Lichtwechsel dieser veränderlichen Sterne zu erklären. (Näheres findet sich in dem zitierten Referat von HELLERICH.) Übrigens hat schon SCHWARZSCHILD im Jahre 1904 in seiner Vorlesung über Gleichgewichtsfiguren darauf hingewiesen, daß es vielleicht möglich sei, die Cepheiden als birnförmige Figuren aufzufassen. — Ganz anders verhält sich nun das Modell $n = 5$. Es durchläuft, von der Kugel ausgehend, Pseudoellipsoide, die schließlich zur Linsenform ausarten. Hat sich bei der Entwicklung eine scharfe Linsenkannte ausgebildet, so beginnt der Instabilitätsprozeß: das Modell verliert Masse längs des Äquators. Die Ansichten über die Vorgänge während des Materieverlustes, insbesondere ob dieser kontinuierlich, wie JEANS meint, oder diskontinuierlich nach POINCARÉ vor sich geht, gehen weit auseinander. Aber bestimmt kann man wohl sagen, daß es sich hier nicht handeln kann um Schwingungen um einen säkular instabilen, aber ordinär stabilen Zustand. Fassen wir das Ergebnis der klassischen Untersuchungen zusammen, so finden wir, daß das Modell $n = 0$, das auf der einen Seite der

physikalisch realisierbaren polytropen Gaskugeln steht, birnförmig, also wohl durch Teilung instabil wird, während das Modell $n = 5$, das die Kugeln nach der anderen Seite begrenzt, durch Materieverlust am Äquator seine Stabilität verliert. Es ist plausibel, zu schließen, daß alle dem Modell $n = 0$ benachbarten Modelle durch Teilung, alle dem Modell $n = 5$ benachbarten Modelle äquatorial instabil werden. Wenn wir alle polytropen Modelle von $n = 0$ bis $n = 5$ durchlaufen, findet also mehr und mehr eine Verschiebung des Instabilitätscharakters vom T -Typus (Teilung) zum A -Typus (Äquator) statt. JEANS hat versucht, dasjenige Modell anzugeben, bei welchem gleichzeitig T - und A -Instabilität stattfindet. Er fand dafür die polytrope Kugel $n = \frac{5}{6}$. Insbesondere setzt also beim nicht strahlenden Modell (des Eddingtonschen Sternes) $n = 3$ zuerst A -Instabilität ein.

Bis jetzt haben wir nur nichtstrahlende, rotierende Modelle betrachtet. Wir haben nun einen Schritt weiterzugehen und die Wirkung der Strahlung abzuschätzen. Ich glaube, daß man dazu erfolgreich den folgenden qualitativen Weg einschlagen kann. In die Bedingung mechanischen Gleichgewichts geht die Summe von Strahlungsdruck und Gasdruck ein. Es liegt deshalb nahe, auch hier zwei Grenzfälle zu betrachten.

a) Der Strahlungsdruck ist klein gegenüber dem Gasdruck, was eintritt, sobald ein Stern genügend kleine Masse hat.

b) Der Gasdruck ist klein gegenüber dem Strahlungsdruck, was der Fall ist bei Sternen genügend großer Masse.

Fall a: Für $p_r = 0$ geht das Modell über in das nicht strahlende. Die Gleichgewichtsfiguren eines schwach strahlenden rotierenden Eddingtonschen Modellsternes werden also in erster Näherung übereinstimmen mit den Figuren einer rotierenden Gasmasse, die bei verschwindender Rotation übergeht in die polytrope Gaskugel $n = 3$. Von dieser wissen wir aber, daß sie A -Instabilität zeigt. Wir finden also: *Sterne, die nach der Eddingtonschen Theorie aufgebaut sind und kleine Masse besitzen, werden, wenn überhaupt, äquatorial instabil.*

Fall b: E. A. MILNE¹⁾ hat diesen Fall zuerst, nach ihm auch V. ZEIPPEL²⁾ durchgerechnet. Das Ergebnis dieser Untersuchungen ist, daß ein genügend massiger Stern, in welchem die Energie nach EDDINGTONS Annahmen erzeugt wird, sich verhält wie ein inkompressibles Modell. *In diesem Falle erhalten wir eine birnförmige Instabilität.*

Wir werden also auf den wichtigen Satz geführt: *Bei Sternen, die im Grenzfall verschwindender Rotation der Eddingtonschen Theorie genügen, ist der Charakter der Instabilität eine Funktion der Masse des Sternes. Mit wachsender Masse findet eine Verschiebung des Instabilitätscharakters vom A -Typus*

zum T -Typus statt. Für mittlere Massen werden sich beide Instabilitäten überlagern.

Bei einer Anwendung dieser theoretischen Überlegungen auf kosmogonische Probleme dürfen wir uns nicht verhehlen, daß sie nicht frei von Schwierigkeiten sind, auf die wir deshalb noch kurz aufmerksam machen wollen. Die Überlegungen enthalten zwar keine Hypothese, die nicht auch in die Theorie der „normalen Zustände“ einginge. Eine Schwierigkeit erblicke ich vielmehr darin, zu entscheiden, in welchem Maße den *mathematischen* Grenzfällen eine *physikalische* Bedeutung zukommt, d. h. die Größenordnung einerseits derjenigen Massen zu bestimmen, die *rein* äquatorial, und andererseits derjenigen, die *rein* birnenförmig instabil werden. Insbesondere geht bei der Anwendung dieser qualitativen Resultate auf das Problem der δ -Cephei-Sterne die Hypothese ein, daß wir es bei dieser Klasse von Sternen mit „mittleren Massen“ zu tun haben, bei denen gleichzeitig beide Arten von Instabilität auftreten.

6. *Die δ -Cephei-Sterne.* Aus der Verteilung der kurzperiodischen ($P < 1^d$) und langperiodischen ($P > 1^d$) Cepheiden in manchen Kugelsternhaufen kann man schließen, daß diese Klasse von Veränderlichen sich über einen verhältnismäßig großen Bereich der Masse verteilt. Die kurzperiodischen Cepheiden sind zahlreich in den Randteilen der Haufen zu finden. Langperiodische dagegen findet man nur ganz im Zentrum der Haufen. Dies ist so ausgeprägt, daß sie überhaupt nur bei kurzen Expositionszeiten gefunden werden können, wenn die große Zahl schwächerer Sterne im Zentrum noch nicht auf der Platte erscheint. Wir müssen also annehmen, daß die Masse der Cepheiden bei wachsender Periode stark zunimmt.

Wenn wir also überhaupt die Cepheiden auffassen wollen als säkular instabile Zwischenzustände in der Sternentwicklung, so ist es sehr wahrscheinlich, daß sich bei dem verhältnismäßig großen Intervall, über das sich die Massen der δ -Cephei-Sterne zu verteilen scheinen, die Verschiebung des Instabilitätscharakters mit der Masse bemerkbar macht. Eine Theorie, die zur Erklärung mancher Erscheinungen bei den langperiodischen Cepheiden ausreicht, dürfte bei den kurzperiodischen auf Schwierigkeiten stoßen und umgekehrt. In der Tat ist dies der Fall. Die Theorie von JEANS, die nur mit dem Instabilitätscharakter von großen Massen operiert, versagt, wie wir sehen werden, für Cepheiden, deren Periode kleiner ist als etwa 6 Tage.

Für große Massen gehen die hier entwickelten Überlegungen in diejenigen von JEANS über, die wir beiseite lassen können, da HELLERICH hierüber eingehend referiert hat. Was wir tun wollen, ist, zuzusehen, ob die exaktere Behandlung der Frage nach den Gleichgewichtsfiguren rotierender und strahlender Modelle uns in bezug auf die Cepheiden kürzerer Periode nicht weiter führen kann als die Jeanssche Theorie. Deshalb wollen wir zuerst diejenigen Beobachtungsdaten aufzählen, die die

¹⁾ MILNE, Monthly Notices 83, 140.

²⁾ V. ZEIPPEL, Monthly Notices 84, 665.

Jeanssche Theorie nicht zwanglos zu erklären vermag. — Über die Lichtkurven der δ -Cephei-Sterne verschiedener Periode existiert zur Zeit noch kein umfangreiches und ganz gesichertes Material. Aber ich glaube, daß man doch einige charakteristische Unterschiede zwischen den Lichtkurven kurzperiodischer und langperiodischer Cepheiden als gesichert ansehen kann. Das ist vor allem das Auftreten solcher sekundärer Maxima im Lichtwechsel, die *regelmäßig* in jeder Periode wiederkehren. Diese Schwankungen sind bis jetzt nur bei langperiodischen Cepheiden beobachtet worden.

leuchtende Oberfläche zukehrt. Die sekundären Maxima können nur dann fehlen, wenn die Rotationsachse des Sternes mit der Gesichtslinie zusammenfällt. Faßt man nun aber *alle* Cepheiden als birnförmige Figuren auf, so ist das Fehlen des Rotationsgliedes bei *allen* kurzperiodischen Cepheiden unverständlich. — Bei den δ -Cephei-Sternen besteht nicht nur eine Korrelation zwischen Periode und Leuchtkraft, sondern, wenn auch nicht so ausgeprägt, ebenfalls eine solche zwischen Periode und Spektraltypus, und zwar in dem Sinne, daß die Temperatur wächst mit ab-

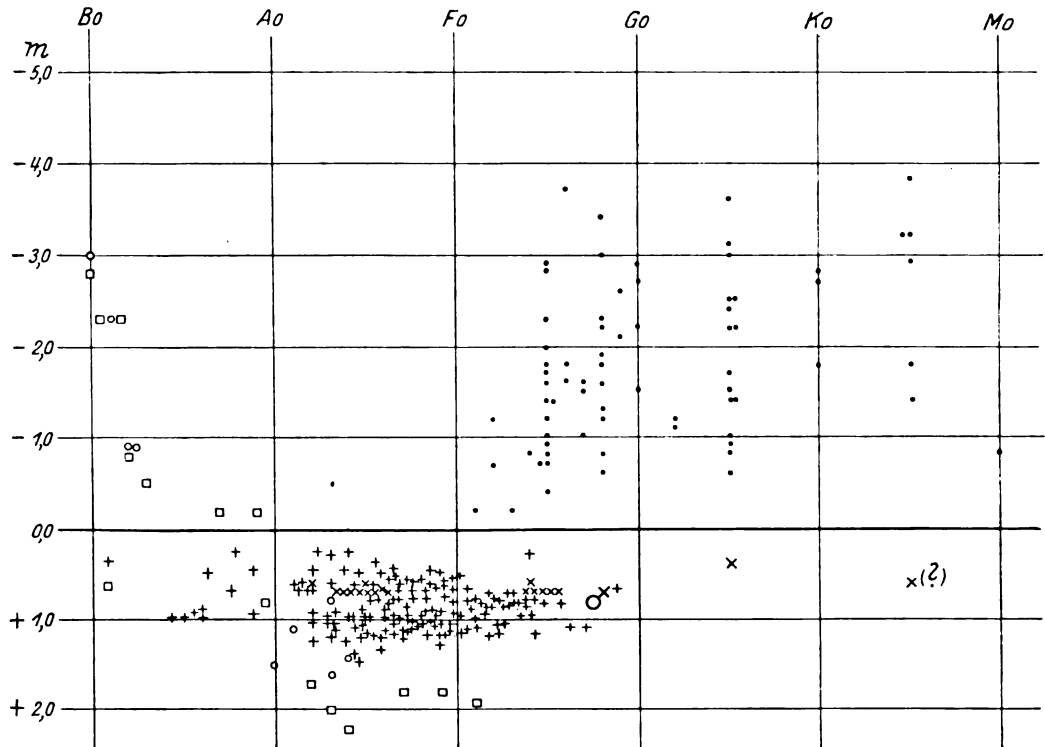


Fig. 3. Verteilung der δ -Cephei-Sterne nach Leuchtkraft und Spektraltypus.

• Langperiodische galaktische Cepheiden $1^d < P < 40^d$.

× Kurzperiodische galaktische Cepheiden.

+ Haufenveränderliche Cepheiden.

○ } Spektroskopische Doppelsterne { mit kleiner Exzentrizität
□ } vom β -Can. maj. Typus.

Man kann, was HERTZSPRUNG¹⁾ gezeigt hat, nicht sagen, daß solche sekundären Wellen bei allen Lichtkurven von langperiodischen Cepheiden auftreten; dagegen ist wohl sicher, daß sie bei den kurzperiodischen fehlen. Dort zeigen sich vielmehr öfters, im Gegensatz zu den langperiodischen Cepheiden, kleine *unregelmäßige* Schwankungen der Lichtkurven von Periode zu Periode. In der Jeansschen Theorie des Lichtwechsels der Cepheiden tritt ein Rotationsglied auf, das die *regelmäßigen* sekundären Schwankungen hervorruft; es rührt davon her, daß eine birnförmige Figur uns im allgemeinen nicht immer eine gleichgroße

nehmender Periode. Die Verteilung der Cepheiden nach Spektraltypus und Leuchtkraft ist in Fig. 3 dargestellt. Was sofort in die Augen fällt, ist der Unterschied in der Verteilung der langperiodischen und kurzperiodischen Veränderlichen. Die *langperiodischen Cepheiden* ($1^d < P < 40^d$) sind über ein relativ enges Spektralgebiet verteilt, das *gegen hohe Temperaturen, etwa bei F 5, eine ausgeprägt scharfe Grenze* besitzt. Die *kurzperiodischen Cepheiden* dagegen überdecken den Spektralbereich von G0 bis B0 ziemlich gleichmäßig, *ohne daß das Gebiet nach der Seite höherer Temperaturen scharf begrenzt wäre*. Diese charakteristische Differenz vermag die JEANSSCHE Theorie ebenfalls nicht zu erklären.

¹⁾ HERTZSPRUNG, B. A. N. 3, 115.

Der Unterschied zwischen der Theorie von JEANS und der hier entwickelten Auffassung besteht darin, daß hier die Cepheiden betrachtet werden als instabile Zustände, in denen sich T -Instabilität und A -Instabilität überlagern, wobei mit wachsender Masse des Sternes, d. h. zunehmender Periode die A -Instabilität gegenüber der T -Instabilität immer mehr zurücktritt. Es ist leicht einzusehen, daß das (in der Jeansschen Theorie fehlende) bei kurzen Perioden immer stärker werdende Auftreten der A -Instabilität neben der T -Instabilität gerade die obigen Punkte qualitativ zu erklären gestattet. Was zunächst die Lichtkurven anbetrifft, so wird der „primäre Lichtwechsel“, genau wie bei JEANS, bei allen Cepheiden durch die vorhandene T -Instabilität hervorgerufen, die in Schwingungen um einen säkular instabilen, aber ordinär stabilen Zustand besteht. Bei kurzen Perioden aber überlagert sich eine merkbare A -Instabilität, die der Gleichgewichtsfigur eine symmetrischere Oberfläche erteilt, so daß die Rotationseffekte verschwinden. An ihre Stelle können aber, durch den Verlust von Materie längs des Äquators, unregelmäßige sekundäre Lichtschwankungen treten.

Die Korrelation zwischen Spektraltypus und Periode ergibt sich ebenfalls zwanglos aus der Vorstellung stärker werdender A -Instabilität, d. h. größeren Massenverlustes längs des Äquators, bei kleiner werdender Periode. Massenverlust eines Sternes auf dem Riesenast bedeutet, nach den Betrachtungen des § 2, ein Vorwärtsschreiten des Sternes zu früherem Spektraltypus, so daß also nach der Theorie eine Zunahme der Temperatur mit abnehmender Periode zu erwarten ist, ein Zusammenhang, der durch die Beobachtungen voll bestätigt wird.

Endlich wollen wir noch kurz hinweisen auf eine Bemerkung von HENROTEAU¹⁾, die nun eine einfache Erklärung findet. HENROTEAU stellt fest, daß bei den kurzperiodischen Cepheiden, im Gegensatz zu den langperiodischen, gewisse Eigentümlichkeiten in Spektrum und Lichtwechsel auftreten, die nicht durch eine reine Pulsation erklärt werden können. Er sagt: „Are we then to assume that in the short-period variables, and in them alone, there is present a satellite whose tidal action is superimposed upon the true Cepheid variation of the primary? Or is it more logical to suppose that the satellite is present in all cases, and forms one of the necessary conditions and causes of Cepheid variation, the secondary perturbations in the case of the longer-period stars being so small as in most cases to have escaped notice or be practically evanescent?“ Wenn wir A -Instabilität in Betracht ziehen, so übernimmt die am Äquator ausgestoßene Materie die Rolle des Satelliten und ruft auf der primären Masse Gezeitenwirkungen hervor, die um so größer sein werden, je kürzer die Periode ist. Es ist danach nicht verwunderlich, daß die von

¹⁾ HENROTEAU, Publ. of the Dom. Obs. Ottawa 2, Nr. 1.

HENROTEAU erwähnten Eigentümlichkeiten nur bei Cepheiden kurzer Perioden beobachtet werden.

Die hier vorgeschlagene Erweiterung der Jeansschen Theorie durch eine exaktere Erfassung der Gleichgewichtsfiguren rotierender und strahlender Gasmassen gestattet, die eben besprochenen charakteristischen Beobachtungsdaten, wenn auch nur qualitativ, befriedigend zu beschreiben. Ich glaube, daß dies ein starkes Argument dafür ist, daß wir dazu berechtigt sind, den „kritischen Zustand“ der δ -Cephei-Sterne mit einem „instabilen Zustand“ zu identifizieren. Wir kommen hierauf im folgenden Paragraphen noch eingehender zu sprechen.

7. *Ein empirisches Argument gegen die Pulsationstheorie.* Wir haben als einen besonders charakteristischen Unterschied in der Verteilung der kurz- und langperiodischen δ -Cephei-Sterne im Russell-Diagramm hervorgehoben, daß das Gebiet der langperiodischen Cepheiden eine ausgeprägt scharfe Grenze gegen höhere Temperaturen aufweist, die bei den kurzperiodischen fehlt. Die letzteren finden wir bis zu den höchsten Temperaturen, die von „normalen“ Sternen erreicht werden. *Die scharfe Begrenzung des Gebietes der langperiodischen Cepheiden ist es, die, wie ich glaube, gegen die Eddingtonsche Pulsationstheorie spricht.* Denn — wir haben darauf in § 4 hingewiesen — die Auffassung der Cepheiden als Sterne, die um einen stabilen Zustand adiabatisch schwingen, bedingt eine *kontinuierliche Weiterentwicklung* zu benachbarten Zuständen, so daß der Bildpunkt eines solchen Sternes im Russell-Diagramm aus dem Gebiet der δ -Cephei-Sterne *kontinuierlich in Nachbargebiete* wandern muß. Bei den kurzperiodischen Cepheiden begegnen wir hier keinen Schwierigkeiten, wohl aber, wie ich glaube, bei den langperiodischen. Diese können sich sicher nicht kontinuierlich zu Sternen höherer Temperatur und annähernd konstanter Leuchtkraft entwickeln. Sonst wäre das vollständige Fehlen von A -Riesen mit negativer absoluter Größe, wie es Fig. 1 so deutlich zeigt, nicht zu verstehen. Die einzige Möglichkeit wäre die, daß diese Sterne das Gebiet der langperiodischen Cepheiden verlassen in der Richtung langsam wachsender Temperatur und verhältnismäßig rasch abnehmender Leuchtkraft, um in den Zwergast einzumünden. Sie müßten dann aber das Gebiet der kurzperiodischen Cepheiden durchwandern, und man käme zu der Vorstellung, daß im Laufe der Entwicklung die Pulsationen immer kurzperiodischer würden. Dies scheint aber den empirischen Erfahrungen aus den Farbenhelligkeitsdiagrammen von Kugelsternhaufen zu widersprechen. Ein Vergleich der Diagramme von Messier 3 und Messier 13¹⁾ zeigt, daß wir M. 13 als den älteren Haufen ansprechen müssen. Nun enthält aber M. 3 zahlreiche kurzperiodische Cepheiden und keine langperiodischen, während M. 13 auffallend reich an langperiodischen und arm an kurzperiodischen δ -Cephei-Sternen ist. Ich glaube, daß dies die große Unwahrscheinlich-

¹⁾ TEN BRUGGENCATE, Seeliger-Festschrift 1924, S. 50.

keit der oben entwickelten Vorstellung dartut, nach der die kurzperiodischen Cepheiden aus den langperiodischen hervorgehen müßten. *Wir werden also, mehr oder weniger zwangsläufig, zur Konsequenz geführt, daß es aus dem Gebiet der langperiodischen Cepheiden keinen kontinuierlichen Übergang in „normale Zustände“ gibt.* Das heißt aber, da der kritische Zustand der δ -Cephei-Sterne nach allen unseren physikalischen Anschauungen nicht dauernd erhalten bleiben kann: *Die Bildpunkte im Russell-Diagramm verlassen das Gebiet der langperiodischen Cepheiden sprunghaft.* Es muß also, wenn ein Stern im Lauf seiner Entwicklung den Zustand der langperiodischen Cepheiden erreicht hat, durch säkulare Instabilität ein *dynamischer* Prozeß einsetzen, wobei der Zustand des Endprodukts dem Ausgangszustand nicht benachbart zu sein braucht. Ganz konsequent werden wir so auf die Theorie von JEANS geführt, aber, wie ich hervorheben möchte, *nur* für die langperiodischen Cepheiden. Denn die eben gemachten Ausführungen treffen nicht zu für die kurzperiodischen Veränderlichen.

Nach vollzogener Teilung durch T -Instabilität müssen, wie man sich an Hand der Fig. 2 leicht klarmachen kann, die Bildpunkte der Komponenten des entstandenen Doppelsternes in einem dem Gebiet des „Elternsternes“ nicht benachbarten Gebiet liegen. Es ist eine der schönsten Stützen der Jeansschen Auffassung der langperiodischen Cepheiden als sich bildender Doppelsterne, daß, wenn man aus Leuchtkraft und Temperatur der Komponenten von spektroskopischen Doppelsternen mit kleiner Exzentrizität rückwärts (nach Fig. 2) Leuchtkraft und Temperatur des „Elternsternes“ ausrechnet, man in das Gebiet der langperiodischen Cepheiden gelangt. In Fig. 3 sind die helleren Komponenten einiger spektroskopischer Doppelsterne eingezeichnet.

Es ist aber auch klar, daß wir die kurzperiodischen Cepheiden nicht als sich bildende Doppelsterne auffassen können. Die Bildpunkte der aus der Teilung hervorgehenden Komponenten könnten im allgemeinen, wie man leicht übersieht, nicht in das Gebiet der spektroskopischen Doppelsterne mit geringer Exzentrizität fallen, die fast ausnahmslos zu den A -Riesen gehören. Wir haben hier einen neuen Hinweis auf das Versagen der Jeansschen Theorie für die kurzperiodischen Veränderlichen vom δ -Cephei-Typus. Ihre Weiterentwicklung muß eine wesentlich andere sein als diejenige der langperiodischen Cepheiden.

8. *Kurzperiodische Cepheiden und planetarische Nebel.* Der Instabilitätscharakter der Cepheiden kurzer Perioden unterschied sich, wie wir sahen, dadurch von demjenigen der Cepheiden langer Perioden, daß die Wirkung der A -Instabilität nicht mehr vernachlässigt werden darf. Grob gesprochen, können wir uns etwa das folgende Modell für einen kurzperiodischen δ -Cephei-Stern konstruieren: Ein Kern, dessen Oberfläche im wesentlichen nach Laméschen Funktionen schwingt, wodurch der

primäre Lichtwechsel hervorgerufen wird, und darüber eine Atmosphäre, deren Instabilitätscharakter, da sie sicher nicht als inkompressibel behandelt werden kann, im wesentlichen vom A -Typus ist. In Wirklichkeit wird auch der Kern durch A -Instabilität Masse verlieren, so daß der Prozeß wahrscheinlich darin besteht, daß der Kern immer kleiner, die Atmosphäre immer größer wird. Der Massenverlust des Kernes bedingt aber, wie wir sahen, steigende Temperatur, also ein kontinuierliches Wandern des Bildpunktes von späten zu früheren Spektraltypen. Gibt es nicht einen empirischen Befund, der diesen theoretischen Schluß wahrscheinlich macht? In den kugelförmigen Sternhaufen kennt man eine Reihe von Sternen, die mit den Haufenveränderlichen oder kurzperiodischen Cepheiden, soweit man aus ihrer Verteilung im Farbenhelligkeitsdiagramm schließen kann¹⁾, eng zusammenzuhängen scheinen. Ich habe sie, vielleicht nicht ganz geschickt, „Übergiganten“ genannt. Vergleicht man den mittleren Farbenindex (also im wesentlichen den mittleren Spektraltypus) der Übergiganten in den beiden Sternhaufen Messier 3 und Messier 13, so findet man beim ersten etwa den Wert $+0^m.15$, beim letzteren etwa $-0^m.10$. In Spektraltypen ausgedrückt, heißt dies, daß die Übergiganten in M. 3 durchschnittlich vom Typus $A\ 4$, in M. 13 dagegen vom Typus $B\ 8$ sind. Mit zunehmendem Alter — wir sahen, daß M. 13 älter als M. 3 ist — sind also diese Sterne kontinuierlich in das Gebiet höherer Temperaturen gerückt. Nimmt man den Zusammenhang zwischen Übergiganten und Haufenveränderlichen als wahrscheinlich an, so ist dadurch die oben gezogene theoretische Folgerung einigermaßen gestützt.

In diesem Zusammenhang ist es bemerkenswert, daß an der Spitze des Russell-Diagramms „Sterne“ vorkommen, ich meine die planetarischen Nebel, von denen JEANS²⁾ schon vor einer Reihe von Jahren gezeigt hat, daß sie aufgefaßt werden können als schließliche Endprodukte eines instabilen Prozesses vom Charakter des Rocheschen Modells, also vom A -Typus. Nun kommen wir auf theoretischem Wege, gestützt durch einige empirische Daten, zu der Anschauung, daß den kurzperiodischen Cepheiden im wesentlichen der gleiche Instabilitätscharakter zukommt, wie den planetarischen Nebeln. Bedarf es da noch eines großen Schrittes, um zwischen beiden Objekten einen tieferen kosmogonischen Zusammenhang zu vermuten, etwa in dem Sinne, daß der instabile Zustand, der durch den charakteristischen Lichtwechsel der kurzperiodischen Cepheiden sich dokumentiert, ein Zwischenstadium darstellt in der Entwicklung eines Sternes zum planetarischen Nebel?

Was bis jetzt alle Schlüsse in dieser Richtung noch sehr unsicher macht, sind die wenig gesicher-

¹⁾ TEN BRUGGENCATE, Seeliger-Festschrift 1924, S. 50.

²⁾ JEANS, Problems of cosmogony and stellar dynamics. Cambridge 1919, S. 247 ff.

ten Daten über Leuchtkraft und Masse der planetarischen Nebel. Da die kurzperiodischen Cepheiden sicher keine große Masse besitzen, sondern an Masse etwa der Sonne gleichkommen mögen¹⁾, so müssen wir folgern, wenn beide Arten von Himmelsobjekten in einem kosmogonischen Zusammenhang stehen sollen, daß auch den planetarischen Nebeln keine großen Massen zukommen können.

9. *Radialgeschwindigkeit und galaktische Verteilung der planetarischen Nebel.* Bei den bisherigen Versuchen, die planetarischen Nebel in das Schema der Sternentwicklung einzuordnen, ergaben sich vielfach erhebliche Schwierigkeiten. Nach ihrem Spektrum sind diese Objekte sicher an die Spitze der Spektraltypen zu stellen. Dann gelangt man aber zu einem Widerspruch im Gang der mittleren Radialbewegungen mit den Spektraltypen. Dies zeigt die folgende Tabelle:

Spektraltypus	Realgeschwindigkeit.
P	30 km/sec
B	7,0
A	11,8
F	14,5
G	15,8
K	15,9
M	17,2

Die planetarischen Nebel fallen mit ihren großen Radialgeschwindigkeiten vollkommen aus der Reihe der „normalen Sterne“ heraus. Wenn man ihnen eine große Masse zuerkennt, wird die Schwierigkeit noch größer. Sie verschwindet, sobald man einen Zusammenhang zwischen den kurzperiodischen Cepheiden und den planetarischen Nebeln als vorhanden annimmt. Denn von den letzteren weiß

man, daß sie zu der Gruppe von Sternen großer Geschwindigkeiten gehören.

Die scheinbare Verteilung der galaktischen Cepheiden am Himmel hat, wie man weiß, eine große Ähnlichkeit mit der scheinbaren Verteilung der Kugelsternhaufen. Nun besteht aber auch eine überraschende Ähnlichkeit in der scheinbaren Verteilung der Kugelsternhaufen mit derjenigen der planetarischen Nebel¹⁾. Sie ist so auffallend, daß CHARLIER hierin eine starke Stütze für seine Auffassung der Kugelhaufen als Glieder des engeren Sternsystems erblickte. Wir sehen also, daß die galaktische Verteilung der planetarischen Nebel nicht gegen einen Zusammenhang mit den Cepheiden spricht.

Wenn man die Ansicht, daß sich aus langperiodischen δ -Cephei-Sternen spektroskopische Doppelsterne bilden, die kurzperiodischen aber mit den planetarischen Nebeln in kosmogonischem Zusammenhang stehen, als nicht genügend begründet verwirft, so möge man der hier entwickelten Theorie zugute halten, daß sie mit einem Minimum von Hypothesen — die übrigens alle schon in der Eddingtonschen oder Jeansschen Theorie enthalten sind — die wichtigsten instabilen Zustände in das Schema der Sternentwicklung einzureihen versucht. Die obigen Untersuchungen bilden die konsequente Durchführung einer Idee, die ich zuerst in der SEELIGER-Festschrift an Hand von Farbenhelligkeitsdiagrammen von Sternhaufen ausgesprochen und in einer Arbeit über die Absorption des Lichtes in offenen Sternhaufen²⁾ zu stützen versucht habe.

¹⁾ CHARLIER, Meddel. Lund Serie II, 2, Nr. 19.

²⁾ TEN BRUGGENCATE, Zeitschr. f. Physik 29, 263.

¹⁾ PANNEKOEK, B.A.N. 3, 47.

Besprechungen.

BETHE, A., G. v. BERGMANN, G. EMBDEN und A. ELLINGER, *Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie*. XI. Band: Receptionsorgane I (E/3, Tangorezeptoren, Thermorezeptoren, Chemorezeptoren, Phonorezeptoren, Statorezeptoren). Berlin: Julius Springer 1926. XIV, 1062 S. und 236 Abbild. 17 x 26 cm. Preis RM 81.—, geb. RM 88.50.

Von dem groß angelegten Handbuch liegt ein neuer Band vor, der schon in seinem Titel die Prägung modernen Geistes offenbart, in dem die von BEER, BETHE und UEXKÜLL eingeführte Nomenklatur zugrunde gelegt, aber auch in allen ihren Konsequenzen, die weit mehr als bloße Nomenklatur sind, soweit das bei biologischen Dingen angängig ist, durchgeführt wird. Eine prachtvolle Einleitung zur Physiologie der Sinne von WEIZSÄCKER, voller neuer und tiefer Gedanken bildet den würdigen Anfang dieses in seiner Ganzheit so reichen Bandes. Auf die vergleichende Physiologie der Tangorezeptoren bei Tieren von HERTER und der Tangorezeptoren bei Pflanzen von STARK folgt die feinsinnige Studie von FREY über die Tangorezeptoren der Menschen, in denen der seit Jahren auf diesem Gebiete führende Autor dem abgerundeten Bilde des Erreichten eine Menge neue Züge hinzugefügt hat. Das soeben Gesagte läßt sich, ohne daß es eine bloße Wiederholung wäre, von GOLDSCHNEIDERS Darlegung des Temperatur-

sinnes des Menschen aussagen. Der Anlage des Werkes entsprechend folgen dann die durch Temperaturunterschiede hervorgerufenen Bewegungen bei Pflanzen von SIERP und die Thermotaxis und Hydrotaxis bei Tieren von HERTER. GOLDSCHNEIDER, dem wir so viel zur Aufklärung des Schmerzes verdanken, gibt ein etwas subjektiv gefärbtes, aber doch anderen Anschauungen gerecht werdendes und durch reiche Erfahrung aus der Pathologie vervollständigtes Bild der Physiologie und Pathologie des Schmerzes. In dem Hauptabschnitt Chemorezeptoren finden sich zwei durch Originalität des Gedankenganges und der Methodologie ausgezeichnete Unterabschnitte in der vergleichenden Physiologie des Geruch- und Geschmacksinnes von v. FRISCH und in der Physiologie des Geschmacksinnes von v. SKRAMLIK; ferner enthält die Lehre von den Chemorezeptoren noch den gediegenen Geruchssinn beim Menschen von F. B. HOFMANN, den Chemotropismus, Chemomonastie und Chemotaxis bei Pflanzen von SEYBOLD und die Psychologie der chemischen Sinne von HENNING, die mannigfache sinnespsychologische Anregungen enthält. Die Phonorezeptoren leitet MANGOLD mit dem Abschnitt „das äußere und mittlere Ohr und ihre physiologischen Funktionen“ ein, ein Abschnitt, der sehr viel Neues, namentlich nach der methodologischen Seite hin, enthält. Auf die pathologische Physiologie des schalleitenden Apparates folgt ein

anatomisches Kabinettstück, welches kein Physiologe in diesem Werke missen möchte, HELDS Beschreibung der Cochlea der Säuger und der Vögel, ihre Entwicklung und ihr Bau. Die Hörschwellen und Hörgrenzen von GILDEMEISTER und die Hörprüfungen bei Normalen und Kranken sind wertvolle methodologische Ergänzungen zur Phonorezeptorenlehre. Die beiden Abschnitte von WAETZMANN, Ton, Klang und sekundäre Klangerscheinungen und die Hörtheorien sind eine ebenso elegante wie gründliche Erörterung des namentlich nach der physikalischen Seite nicht leichten Problems. Der auf diesem Gebiete berufene Autor hat es verstanden, eine glänzende Apologie der HELMHOLTZschen Lehre zu schaffen und wird trotzdem dabei den Tatsachen und Auffassungen, welche andere Vorstellungen als die HELMHOLTZschen vertreten, gerecht. Die psychologische Seite kommt in v. HORNOSTELS Das räumliche Hören und die Psychologie der Gehörserscheinungen zu ihrem Rechte. Wenn die vergleichende Physiologie des Gehörs von KREIDL, Die pathologische Physiologie des Labyrinths und der Cochlearisbahn von RHESE, Die Pharmakologie und Toxikologie des Ohres von RHESE, Die Labyrinthneurosen und die psychogenen Hörstörungen von KÜMMEL nur erwähnt werden, so geschieht dies ausschließlich nur der gebotenen Kürze wegen. Der über 200 Seiten große Abschnitt Statorezeptoren dokumentiert so recht den Fortschritt der Physiologie gegenüber der Zeit des klassischen HERMANNschen Handbuches der Physiologie vom Jahre 1880, in dem es einen solchen Abschnitt überhaupt nicht gab. In sachkundigster Weise bringt KOLMER den Bau der statischen Organe. Auf die kurze, doch interessante Schilderung der Funktionen der statischen Organe folgt Die Funktion des Vestibularapparates (der Bogengänge und Otolithen) bei Fischen, Amphibien Reptilien und Vögeln, die M. H. FISCHER in einer sachlich und methodologisch sehr vollständigen, durch neueste Erfahrungen wertvoller Art ergänzten Weise bearbeitet hat. Mit hohem Genuß wird man Die Funktion des Bogenganges und Otolithenapparates, bei Säugern von MAGNUS und DE KLEIJN lesen. Jede neue Darlegung des Arbeitsgebietes des Utrechter Pharmakologischen Institutes rundet sich zu einem Kunstwerk des logischen Aufbaues und der Methodik. Das gleiche gilt von der Theorie über die Funktion des Bogengangs- und Otolithenapparates von Säugern von den gleichen Autoren, wo Tatsächliches und Theoretisches harmonisch verflochten wird. Sehr gründlich behandelt GRAHE die Funktion des Bogengangsapparates und der Statolithen beim Menschen. Der leider zu früh verstorbene ROHRER hat gemeinschaftlich mit MASUDA in dem Abschnitt Physikalische Vorgänge im Bogengangsapparat und Otolithenapparat in der ihm eigenen Weise durch Anwendung streng physikalischer Betrachtungsweisen ganz neue Gesichtspunkte in die Materie hineingetragen. Ein Anhang, bestehend aus Geotropismus bei Pflanzen von JOST, Geotropismus bei Tieren ohne statische Apparate von v. BUDDENBROCK, und Galvanotaxis von KÖHLER beschließt diesen Band, der eine neue Bereicherung der physiologischen Weltliteratur bedeutet.

LEON ASHER, Bern.

KATZ, DAVID, *Sozialpsychologie der Vögel*. Ergebnisse der Biologie. Band I. Berlin: Julius Springer 1926.

Der Verf. unterzieht die verschiedenen psychologischen Vorgänge und Erscheinungen, die beim sozialen Leben der Vögel zur Geltung kommen, einer eingehenden Betrachtung. In einzelnen Kapiteln werden die Mittel der gegenseitigen Erkennung, das Ehe- und Familienleben, das Leben in Mischgesellschaften, die

Despotie und soziale Rangordnung, die beim geselligen Leben auftreten, geschildert. Als gegenseitige Erkennungsmittel kommen bei den Vögeln nur akustische und optische Reize in Betracht. Hühner, Gänse, Enten und Schwäne erkennen sich gegenseitig am Gesicht. Bindet man einem Huhn den Kamm nach der anderen Seite, als er für gewöhnlich liegt, so wird es von den anderen Hühnern als ein fremdes Individuum betrachtet. Bei den Tagvögeln spielen die optischen, bei den Nachtvögeln die akustischen Verständigungsmittel die Hauptrolle. Als gegenseitiges Verständigungsmittel im sozialen Leben der Vögel dienen auch bestimmte Rufe und Laute, mit denen ganz bestimmte Affekte und Empfindungen ausgedrückt werden (Lock-, Angst-, Warn- und Hilferufe). Ein zwingender Grund dafür, daß diese Laute in der Absicht hervorgerufen werden, um sich mit den Artgenossen zu verständigen, läßt sich nicht nachweisen, denn die Vögel lassen die Laute auch vernehmen, wenn sie allein sind, und eine Verständigungsmöglichkeit nicht vorliegt. Die Laute scheinen nur der Ausdruck des subjektiven Empfindens zu sein. Neben den Lautäußerungen wenden die Vögel zur gegenseitigen Verständigung auch eine Zeichensprache an, wie z. B. das Sträuben des Gefieders oder Schnabelbewegungen. Diese Ausdrucksbewegungen können bei verschiedenen Vogelarten ganz verschiedene Bedeutung haben. Der Truthahn will durch Gefiedersträuben seinem Weibchen imponieren, der Höckerschwan aber seinen Gegner einschüchtern. Bei dem geselligen Leben der Vögel macht sich häufig eine genaue Rangordnung geltend, indem einzelne Individuen die Vorherrschaft und die Oberhand über andere gewinnen und von letzteren dann als Despoten anerkannt werden. Meist hat das männliche Geschlecht den Vorrang vor dem weiblichen. Eine Ausnahme findet beim Sperling statt, wo das Weibchen der Despot ist.

Die Schrift gibt eine wertvolle Zusammenstellung über die Sozialpsychologie der Vögel. Leider hat der Verf. die neuesten Forschungen, die über das Seelenleben und die Sozialpsychologie der Papageien in der ornithologischen Literatur veröffentlicht sind, nicht berücksichtigt. Bei den Singvögeln sind bisweilen nicht nur der Gesang, sondern häufig sogar die einfachen Locktöne keine erblichen Eigenschaften und müssen erst durch Beispiel erworben werden. So kennt ein von mir jung aufgezogener Stieglitz nicht einmal den Lockton des Stieglitz.

F. VON LUCANUS, Berlin.

KRÜGER, PAUL, *Tierphysiologische Übungen*. Berlin: Gebrüder Borntraeger 1926. XXXV, 518 S. und 180 Abbildungen. Preis RM 30.—.

Das Werk enthält mehr als sein entschieden zu kurzer Titel verrät. Der „verbindende Text“ zu den Versuchen erweist sich als vollständiger, gut abgerundeter Grundriß der Physiologie, der in den Versuchen seine praktische Erläuterung findet.

Dem eigentlich physiologischen Teil werden zwei einleitende Abschnitte vorausgeschickt: „Physikalisch-chemische Grundlagen“ und „Substrat der Lebenserscheinungen“, welche, wie Verfasser mit Recht urteilt, notwendig erscheinen wegen der „zumeist geringen Kenntnisse“ sowohl der physikalisch-, als auch der analytisch-chemischen Methoden „seitens der Biologiestudierenden“. Aber auch für viele Zoologen, die sich mit dem Studium physiologischer Probleme befassen, werden diese Abschnitte sich als sehr nützlich erweisen. In der den eigentlich physiologischen Teil eröffnenden „allgemeinen Charakteristik der Lebenserscheinungen“ bekennt Verfasser sich zu

einem gemäßigten Mechanismus. Zwar meint er, worin das Leben eigentlich bestehe und woran es letzten Endes gebunden sei, das sei uns völlig unbekannt, äußert aber gleich darauf die Vermutung, daß alle Lebensvorgänge wahrscheinlich auf physikochemische Umsetzungen zurückgehen. Dieser Standpunkt wird heute wohl von der Mehrzahl der Forschenden, wenn auch nicht der lediglich spekulierenden Biologen gebilligt werden. Weniger dürfte das bei zwei anderen Thesen dieses Abschnittes der Fall sein. Verfasser meint, „das Substrat des Lebens weise stets eine ganz bestimmte morphologische Struktur auf: das Getrenntsein in Zellprotoplasma und Zellkern“. Für Tiere mag diese Behauptung dem heutigen Stande unserer Kenntnisse entsprechen. Für die Pflanzen aber trifft sie schon jetzt nicht mehr zu. Mögen auch alle Bakterien, wie manche Forscher wollen, Chromatin enthalten, so ist dieses doch bei zahlreichen unter ihnen noch nicht in einem besonderen Zellorgan gesammelt; zur Scheidung von Plasma und Kern ist es noch nicht gekommen. Hier zeigt sich wieder, daß sich eine allgemeine Physiologie ohne Berücksichtigung des Pflanzenreiches eigentlich nicht schreiben läßt. Ferner hätte Verfasser unter den zur Verfügung stehenden Definitionen des Reizbegriffes eine weniger falsche und irreführende auswählen können, als die VERWORNsche (Reiz = Veränderung der äußeren Bedingungen, die zu einer Beeinflussung der Lebensvorgänge führt). Wohl berechtigt ist dagegen des Verfassers Bruch mit der tatsächlich veralteten Einteilung der Funktionen in vegetative und animalische. Er stellt die Reizphysiologie an die Spitze und läßt ihr als weitere Hauptabschnitte die Stoffwechselphysiologie, die Physiologie des Energieumsatzes und die Physiologie des Formwechsels folgen. Zwei zusammenfassende Abschnitte: Gesamtstoff- und Energiewechsel und Physiologie der Korrelationen, schließen den theoretischen Teil. Wenn lückenlose Vollständigkeit auch weder zu erreichen noch beabsichtigt war, so dürfte doch alles wichtige genügend berücksichtigt sein. Am kürzesten ist der Abschnitt Formwechsel ausgefallen (nur etwa 5 Seiten Text und 6 Seiten Versuche).

Die Versuche sind instruktiv, gut ausgewählt und erfordern kein kompliziertes Instrumentarium. Die Trennung der Versuche vom Text im Inhaltsverzeichnis ist zweckmäßig, weil sie das Aufsuchen bestimmter Abschnitte sehr erleichtert. Die dem Buche beigegebene Literatur-, Sach- und Tiernamenverzeichnisse erhöhen ebenfalls seine Brauchbarkeit.

J. Gross, Neapel.

BRAUN, M., und O. SEIFERT, **Die tierischen Parasiten des Menschen**. 2. Teil: O. SEIFERT, Klinik und Therapie der tierischen Parasiten des Menschen. Leipzig: Kurt Kabitzsch 1926. 8°. VI, 574 S. und 21 Abb. Preis geh. RM 27.—, geb. RM 29.40.

Der soeben erschienene 2. Teil von SEIFERT ergänzt den 1. Teil von BRAUN, der sich mit der Naturgeschichte der tierischen Parasiten des Menschen befaßte. Es werden im einzelnen behandelt die klinischen Erscheinungen nach dem Befall durch die tierischen Parasiten und die Therapie. In folgende Gruppen wird der Stoff eingeteilt: Amöbina, Flagellata, Trypanosomiden, Haemosporidia, Infusoria, Plathelminthes, Zestoden, Echonokokkus, Nematoden, Hirudine, Arthropoda, Insecta, Myiasis. Im wesentlichen bietet das Buch nur eine Zusammenstellung der klinischen Erscheinungen bei beobachteten Fällen unter Angaben der verschiedenen therapeutischen Maßnahmen. Als Quellensammlung in dieser Hinsicht erfüllt das Buch seinen Zweck. Einige Abschnitte sind gegenüber der vorher-

gehenden Auflage etwas umgestaltet und erweitert worden, so z. B. der Abschnitt über Amöbina, Haemosporidia, Zestoden, Nematoden und Insekten. In anderer Hinsicht befriedigt aber die Neuauflage nicht. Vor allen Dingen hätte eine bessere Gruppierung des Stoffes stattfinden müssen. Überholte Dinge hätte Verf. streichen und dafür das Ganze mit leitenden Gesichtspunkten durchziehen sollen. Es sind Dinge in gleichwertige Abschnitte verwiesen worden, die in Unterabschnitte gehören. Am schlimmsten ist es, daß Gebiete in Abschnitten behandelt werden, wo sie direkt falsch untergebracht sind. Z. B. ist es ganz unverständlich, warum in dem Abschnitt über Zestoden ein Teil der klinischen Erscheinungen nach Nematoden-Befall abgehandelt werden, denn die Nematoden, Ascaris und Oxyuris usw. können doch unmöglich unter den Zestoden besprochen werden. Ein besonderer Abschnitt über Nematoden ist ja von S. geschaffen worden. Ferner: wenn man einen Abschnitt „Arthropoda“ macht, so muß man doch die Insekten mit darunter fassen, oder zum mindesten den ganzen Abschnitt anders beschriften. Dem Abschnitt „Insecta“ wird des weiteren ein Abschnitt über „Myiasis“ gegenüber gestellt. Die Myiasiserkrankungen werden doch von Insekten, d. h. von Fliegenlarven hervorgerufen. Vollkommen unzulässig ist es, dann in dem gleichen Abschnitt über Myiasis noch: Zecken, Käfer und Skorpione mit abzuhandeln. Wenig didaktisch ist es auch, wenn Verf. in dem Abschnitt über Insekten als Unterabschnitte z. B. aufstellt: Stomoxys, Pappataziefieber. Dem Abschnitt über Stomoxys hätte doch unbedingt ein Abschnitt Phlebotomus, und nicht Pappataziefieber, folgen müssen. Warum Verf. in dem Abschnitt Insecta auf Microtrombidium und Trombidium verweist, ist ebenso unverständlich wie der bereits gerügte Fehler, Ascaris- und Oxyuriserkrankungen bei den Zestoden zu behandeln. Wenn man schon die Gliederung des ganzen Buches dem zoologischen System anpaßt, so dürften derartige Grundfehler nicht unterlaufen. Der Unterabschnitt Cordylobia hätte folgerichtig auch bei Myiasis behandelt werden müssen. Auch die Behandlung der zoologischen Nomenklatur wird nicht viel Beifall finden. Derartige Flüchtigkeiten setzen das Buch leider herab.

Auch in der Wahl des Ausdruckes sind Fehler unterlaufen. In einem wissenschaftlichen Buch sollte man nicht mehr von Läusebissen und Simuliumbissen sprechen. Diese Insekten „beißen“ nicht, sie „stechen“. Auf S. 500 wird ferner Trombidium als „Buschmücke“ bezeichnet, und gleichzeitig darauf sagt Verf., daß es eine „Milbenart“ sei. Manche Abschnitte sind über Gebühr ausgedehnt im Verhältnis zum Ganzen, und andere wieder sind recht dürftig weggekommen. So z. B. der Abschnitt über Xenopsylla cheopis, dem gerade knapp eine halbe Seite gewidmet ist. Auf S. 476 wird die Blausäurebekämpfung der Bettwanzen in 8 Zeilen abgetan. Die sehr umfangreiche neuere Literatur hierüber hat Verf. anscheinend nicht zu Rate gezogen.

Die einzelnen Abschnitte sind überhaupt sehr ungleich durchgearbeitet, so z. B. werden die neueren Ergebnisse der englischen Arbeiten über Kala azar fast gar nicht berücksichtigt, und was über Tyroglyphus farinae auf S. 428 gesagt wird, ist weit überholt. Für eine Neuauflage war es dringend erforderlich, nicht einfach das Material zusammenzustellen. Längst überholte Dinge mußten herausgestrichen werden und eine kritische Sichtung hätte Platz greifen müssen. Das Beste an dem Buch ist noch die umfangreiche Literaturangabe, die auch wesentlich wertvollere

wäre, wenn nicht nur Verfasser und Zeitschriften aufgeführt wären, sondern auch die Titel der betreffenden Arbeiten. Einige Abbildungen sind beigelegt. Die Abbildungen 5–12 hätte man aber wirklich durch neuere und bessere Bilder ersetzen müssen bei einer vermehrten Neuauflage.

ALBRECHT HASE, Berlin-Dahlem.

GRIMPE, G., und E. WAGLER, **Die Tierwelt der Nord- und Ostsee**. Lieferung IV. Teil VII. c₁: *Bryozoa* von E. MARCUS (100 S. 168 Fig.) Teil XII. c: *Pisces*, Allgemeiner Teil von H. M. KYLE und E. EHRENBAUM (104 S., 20 Fig., 1 Tafel.) Teil XII. g₁: *Teleostei Physoclisti* 1–5. von G. DUNCKER u. ERNA W. MOHR. (44 S., 34 Fig.) Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft 1926. 15 × 22 cm. Preis RM 18.—.

Die Behandlung der vielgestaltigen, von der deutschen Zoologie von jeher etwas vernachlässigten Klasse der Bryozoen durch MARCUS ist in jeder Hinsicht als sehr gelungen zu bezeichnen. Anatomie, Embryologie, Physiologie, Oekologie und Chorologie sind alle gleich eingehend und ausgiebig berücksichtigt. Es ist erstaunlich, wie viel des Wissenswerten hier auf 100 Seiten zusammengetragen ist. Die Brauchbarkeit des Textes wird sehr erhöht durch die zahlreichen, zum großen Teil neuen Abbildungen, welche die komplizierten Strukturverhältnisse der Bryozoen in ausgezeichnete Weise erläutern. Sehr dankenswert sind auch die knappen, aber genauen Anweisungen über Technik der Untersuchung und Aquarienhaltung. Auf Theoretisches geht der Verf. im allgemeinen nicht ein, wo es aber doch geschieht, wie bei der Zurückweisung der aus den Tatsachen der Knospung und Regeneration von manchen Autoren gefolgerten Einwände gegen die Keimblätterlehre, da geschieht es mit Umsicht und Kritik, wie es bei einem Schüler von K. HEIDER ja auch nicht anders zu erwarten war. Die Bestimmungstabelle schließt sich eng an HINCKS bekannte Monographie der britischen Bryozoen an.

Auch gegen die Bearbeitung des allgemeinen Teiles der *Pisces* durch KYLE und EHRENBAUM läßt sich sachlich nichts wesentliches einwenden. Die Art der Darstellung aber entspricht wenig den Zwecken eines Werkes, das hauptsächlich der schnellen Information von Anfängern dienen will. Auf eine kurze, Form und Bau der Fische betreffende, Einleitung folgt eine Übersicht über das System, in welcher eine solche Menge anatomischer Kenntnisse vorausgesetzt werden, daß nur ein Leser, der schon recht bewandert in der Ichthyologie ist, sie mit Gewinn benützen kann. Und dabei beschränkt sich die unmittelbar darauf folgende Organbeschreibung grundsätzlich auf „diejenigen Teile eines Fisches, die den Organismus mehr als etwas Belebtes betreffen“. Eine solche anatomisch-physiologische Behandlungsweise ist zwar modern, aber hier gewiß nicht zweckentsprechend. Sie führt z. B. dazu, daß, bis auf ein paar Bemerkungen über die Schwanzwirbelsäule, das Skelett überhaupt nicht erwähnt wird. Diesem Mangel wird auch durch die schöne Tafel mit Röntgenaufnahmen von 10 Fischtypen nicht abgeholfen. Ersparnisse hätten sich die Verff. dagegen die häufigen Ausfälle gegen die Selektionstheorie, die zwar einer Tagesmode entgegenkommen, in ein Werk, wie das vorliegende, aber nicht hineingehören und nur verwirrend wirken können. Andererseits überschätzen die Verff. die Tragweite der Mutationstheorie doch allzusehr, wenn sie z. B. meinen, die Asymmetrie des Schädels bei den Plattfischen sei „eine plötzliche Abänderung von normalen Verhältnissen“. Eine sehr erwünschte Beigabe der Arbeit ist die Tabelle zur Bestimmung der Fischeier. Den Bestimmungsschlüssel

für die Familien hat der bekannte Hamburger Ichthyologe G. DUNCKER beigelegt. Den Schluß der Lieferung bildet der Anfang des Kapitels Teleostei. Und zwar bespricht DUNCKER die Syngnathiformes, und MOHR die Scombrociformes, Ammodythiformes, Plectognathi und Atheriniformes. In übereinstimmender Weise werden kurze Diagnosen und Bestimmungsschlüssel der Familien, Gattungen und Arten gegeben und ökologische Bemerkungen eingestreut, die den Wert der Arbeit sehr erhöhen. Bei den Arten werden auch die deutschen, holländischen, englischen, schwedischen, norwegischen, zum Teil auch die finnischen Vulgarnamen angeführt. J. GROSS, Neapel.

PFEIFFER, H., **Grundlinien zur Entwicklungsmechanik der Pflanzengewebe**. Abhandlungen zur theoretischen Biologie, herausgeg. von JULIUS SCHAXEL, H. 20. Berlin: Gebr. Borntraeger 1925. VI, 99 S. 16 × 25 cm. Preis RM 6.—.

Die von WILHELM ROUX zur Sonderwissenschaft erhobene Entwicklungsmechanik hat sich ein hohes Ziel gestellt: sie will die Gestaltungsvorgänge in den Lebewesen, deren Zweckmäßigkeit wir durch vergleichende Untersuchungen kennen, kausal erfassen. Ihre Methode ist das Experiment, die Untersuchung der Entwicklung unter verschiedenen Bedingungen. Die bei den entwicklungsmechanischen Untersuchungen auftauchenden schwierigen Probleme und mannigfachen Fehlerquellen fordern hier besonders scharfe Kritik der Methode und des Erfolges durch den Experimentierenden, präzise Erfassung aller Möglichkeiten. Auf botanischem Gebiet liegen zwar einige entwicklungsmechanisch verwertbare Erfahrungen vor, doch vorerst zerstreut und nicht unter einheitlichem Gesichtspunkt betrachtet. Verf. sucht nun hier eine Basis zu schaffen, ein logisches Gerüst aufzubauen, in das die bestehenden Erfahrungen eingeordnet werden können, das auch Ausblick auf neue Fragestellungen und Einblick in sonst unbeachtete Zusammenhänge gewährt. Ein solches Beginnen ist zweifellos verdienstlich. In dem Streben nach Klarheit ist für die Entwicklungsmechanik ein ganzes System von streng logisch definierten und verknüpften Begriffen geschaffen worden, die hier auf die Entwicklungsmechanik der Pflanzengewebe angewandt werden. Aus dem Inhalt können nur die Hauptpunkte angedeutet werden. Inhalt und Umfang der Entwicklungsmechanik, ihre erkenntnistheoretische Begründung und ihre Beziehungen zur physiologischen Anatomie werden im ersten Hauptteil der Arbeit auseinandergesetzt. Dann wird die experimentelle und gedankliche Methodik der entwicklungsmechanischen Pflanzenanatomie und schließlich die Analyse der beobachteten Erscheinungen — die Zurückführung auf die bedingenden Faktoren und die den Geweben innewohnenden Potenzen — aufgezeigt. Klarheit wird angestrebt, aber sie wird dem philosophisch nicht geschulten Leser nicht leicht gemacht, der sich zum Verständnis auch geläufiger Dinge ein Heer von lateinisch-griechischen Kunstausdrücken aneignen muß. Ich habe bestimmt den Eindruck, daß sich viele Zusammenhänge in einfacher deutscher Sprache mindestens ebenso klar, aber leichter verständlich darstellen ließen. So aber wird manchem Leser mehr das System als die Sache selber in den Vordergrund treten. Im einzelnen aber wird er eine Menge wertvoller Hinweise und Anregungen finden. P. METZNER, Berlin-Dahlem.

KOSTYTSCHEW, S., **Lehrbuch der Pflanzenphysiologie**. I. Band. Chemische Physiologie. Berlin: Julius Springer 1926. VII, 567 S. und 44 Abbild. 16 × 24 cm. Preis geh. RM 27.—, geb. RM 28.50.

Unter dem Einfluß einiger bedeutender Vertreter

der Botanik in Deutschland und ihrer Schüler, die heute die wichtigsten Lehrstühle unserer Hochschulen einnehmen, hat sich zwar im ganzen ein erfreulich hoher Stand unserer Wissenschaft in Deutschland, besonders der Physiologie, entwickelt. Auf der anderen Seite brachte es aber die überragende Stellung jener Männer mit sich, daß ihr weitaus umfangreichster und in mancher Beziehung wichtigster Zweig, die Stoffwechselphysiologie, in der sie selbst sich nicht oder doch in ihren reiferen Jahren nicht mehr betätigt hatten, in Deutschland kaum noch Vertreter fand und fast ganz in den Hintergrund gedrängt wurde. So ergab sich ein Zustand, der nicht nur vom wissenschaftlichen Standpunkt aus beklagenswert genannt werden muß, sondern auch aus praktischen Gründen, weil unsere wissenschaftliche Landwirtschaft der für sie wichtigsten botanischen Anregungen beraubt wurde und auch für die angewandte Botanik z. T. die Gefahr nahe rückte, in unfruchtbarem Strohdrusch zu verkümmern.

Hier hat nun der bekannte russische Akademiker die deutsche botanische Literatur um ein prächtiges Werk bereichert, für das wir in Deutschland ihm besonders dankbar sein müssen. Die Anlage des Buches ist durchaus originell. Das zeigt ein Vergleich mit den Darstellungen in unseren Lehrbüchern oder etwa mit der eingehenden Bearbeitung von BENECKE in der mit JOST verfaßten „Pflanzenphysiologie“. Diese schließen sich in der Stoffgruppierung und -auswahl im allgemeinen an PFEFFERS berühmtes Werk an, das, wie der Verf. betont, einer vergangenen Epoche angehört, welche — notgedrungen — ihre Kräfte an (oft nebensächlichen) Beeinflussungen des Stoffwechsels von außen her erschöpft hatte, so daß die Darstellung dieser sekundären Bedingtheit gegen diejenige des noch ganz unvollkommen bekannten primären Geschehens in der Pflanze breit in den Vordergrund trat, ja sie zum Teil ganz überwucherte.

Der Verf. verzichtet auf dieses Sekundäre in weitestem Maße und stellt das chemische Geschehen in der Pflanze ganz in den Mittelpunkt seiner Darstellung. Es ist somit keine Stoffwechselphysiologie im üblichen Sinne geworden. Aber obwohl dieses Chemische, Stoffe und Reaktionen, den Kern des Buches bildet, so ist daraus wiederum auch keine Biochemie geworden, sondern das physiologische Moment bleibt in Stoffgruppierung, Auffassung und als Lehrziel immer dominierend, wobei wir selbstverständlich von den physiologisch noch fast ganz unbekannten Stoffgruppen (Kap. VII) absehen müssen. Der Titel „Chemische Physiologie“ erscheint somit berechtigt und glücklich gewählt. Er entspricht dem Inhalt auch insofern, als die physikalischen Vorgänge, wie Stoffaufnahme und -wanderung, welche in der uns seit PFEFFER geläufigen Stoffgliederung zwar viele wichtige Beziehungen zwanglos hervortreten zu lassen gestatten, die Darstellung des chemischen Geschehens aber auch immer wieder zu unterbrechen zwingt, ganz weggelassen und einer besonderen „physikalischen Physiologie“ vorbehalten werden. Ob der Verf. damit nicht nur von seinem besonderen Standpunkt Recht hat — darüber kann kaum ein Zweifel sein — sondern auch vom allgemein-didaktischen, wird sich erst beurteilen lassen, wenn der 2. Band des Werkes vorliegt.

Der Inhalt des 1. Bandes gliedert sich in folgender Weise: Das I. Kapitel, den besonderen Charakter des Buches sehr glücklich betonend, bringt „die Grundlagen der chemischen Physiologie“. Hier werden die Grenzflächenerscheinungen, die Kolloidlehre, die physiologische Bedeutung der molekularen Asymmetrie, der Reaktionsgeschwindigkeit, Katalyse, Enzyme und der

H-Ionenkonzentration knapp und klar besprochen. Kap. II behandelt die Photosynthese, das III. die Chemosynthese und Assimilation des molekularen N. Es folgen das IV. Kap. über die Ernährung mit fertigen org. Verbindungen und das V. über diejenige mit Aschenstoffen. Im VI. werden die Kohlenhydrate und Eiweißkörper, sowie deren Verwandlungen und im VII. als „sekundäre“ Pflanzenstoffe die Fette, Lecithine und Phosphatide, org. Carbonsäuren, Terpene, Harze usw. besprochen. Ein VIII., der Atmung und Gärung gewidmetes Kapitel macht den Schluß.

Wie schon gesagt, ist das Denken des Verf. überall physiologisch gerichtet, wofür auch die Einzelheiten (z. B. Auffassung der sog. Symbiose, der Hefegärung) Belege bieten. Die Darstellung verrät überall die Bemächtigung des gewaltigen Stoffes und die autoptische Vertrautheit mit den Einzelheiten. Lücken unseres Wissens werden scharf herausgestellt und wichtige Punkte angedeutet, wo neue Untersuchungen einzusetzen haben. Den Problemen gegenüber nimmt der Verf. entschiedene Stellung, statt sich auf jenes einerseits-andererseits zu beschränken, das schon manches gute Lehrbuch um seine beste Wirkung gebracht hat. Das Werk wird sicher überaus anregend wirken, wozu die knappen, überall verstreuten methodischen Hinweise nur beitragen können. Diese könnten in einer späteren Auflage vielleicht noch vermehrt werden (z. B. HÜBLSche Lichtfilter, Chinchidronelektrode, Mikroanalyse usw.). Den Bemerkungen S. 464 über das Barcroftmanometer kann übrigens Ref. nicht beistimmen.

In manchen Fragen, auch der Stoff- und Literaturauswahl, die Ref. fast durchweg billigt, kann man natürlich verschiedener Meinung sein, und nichts wäre müßiger, als dem Verf. hier einzelne Fortlassungen anzurechnen. Der besondere Charakter des Buches verlangt natürlich einen entsprechenden Maßstab der Beurteilung. Sehr zu begrüßen ist die eingehende Berücksichtigung der in Deutschland vielfach unbekannt gebliebenen russischen Literatur; dafür hat Ref. einiges Wenige, z. B. Erwähnung der schönen Arbeiten K. NOACKS (Photosynthese und Fluoreszenz, S. 131, Anthocyane S. 312), vermißt. In manchen Einzelfragen (J, Cl, S. 276 f, Glykogen, S. 303, Pentosen, S. 305, Succulentenstoffwechsel), wäre noch einiges physiologisch nicht Unerhebliche nachzutragen. Dort wären wohl auch einzelne Abbildungen (z. B. auf S. 194 und 249) durch geeignetere zu ersetzen. Auch die Legenden zu einzelnen Tabellen (z. B. S. 210) blieben noch etwas zu vervollständigen. Vielleicht möchte auch scheinen, daß in der Einteilung des Verf. der N-Stoffwechsel etwas zersplittert herauskommt, wobei aber zuzugestehen ist, daß wieder andere Zusammenhänge, auf die es dem Verf. ankam, nicht hervorgetreten wären, wenn dafür ein einheitliches Kapitel vorgesehen worden wäre. Das Kapitel VIII (Atmung und Gärung) wird nach den allerneuesten Forschungen um so leichter umzugestalten sein, als dessen vorliegende Darstellung schon zeigt, auf wie richtiger Bahn der Verf. sich hier und bei seinen glänzenden einschlägigen Arbeiten bewegt hat.

Möge das ausgezeichnete und auch vortrefflich ausgestattete Buch den Leserkreis finden, den wir ihm nicht nur bei Botanikern, sondern auch bei Chemikern und chemisch vorgebildeten Tierphysiologen wünschen müssen. Den letzteren kann es um so mehr empfohlen werden, als Kenntnisse aus der Morphologie und Anatomie nur in sehr bescheidenem Maße vorausgesetzt werden. Denn der Verf. glaubte, mit Recht, auf eine Besprechung der physiologischen Bedeutung der Zell-

und Gewebestrukturen verzichten zu müssen, und nur dann ein zusammenhängendes Bild des biochemischen Geschehens entwerfen zu können, wenn er die gesamte Pflanze als einheitliches Reaktionsmedium behandelte.

W. RUHLAND, Leipzig.

CHOLODNY, N., Die Eisenbakterien. Beiträge zu einer Monographie. Jena: G. Fischer 1926. VI, 162 S., 20 Abb. im Text und 4 Tafeln. 17 × 25 cm. Preis RM 12.—.

Der Verf. dieser Monographie hat sich schon dadurch einen Namen gemacht, daß er die Morphologie der Eisenbakterien auf eine ganz neue Grundlage gestellt hat. Die Bearbeitung, die er uns jetzt bringt, faßt alles was über diese wichtigen und interessanten Lebewesen bekannt ist, in kritischer Weise zusammen und wirkt dadurch überaus klärend. Dagegen ist man etwas enttäuscht, in physiologischer Hinsicht zwar eine vortreffliche Übersicht, aber nichts eigentlich Neues zu finden. Immerhin darf man hoffen, daß die Aufzeigung der großen Lücken dazu anregen wird sie auszufüllen. Seit der ersten Monographie über dieses Gebiet, die von MOLISCH herrührt, sind nun schon 15 Jahre verflossen; kein Wunder, daß da manches jetzt anders aussieht. Nimmt man hinzu, daß auch die praktische Bedeutung dieser Organismen immer besser erkannt wird, so muß man die Bearbeitung des Verf. als sehr verdienstlich bezeichnen.

Es werden in den einzelnen Kapiteln geschildert: Die Morphologie der Eisenbakterien, Physiologie und Ökologie, und die Rolle der Eisenbakterien in der Natur und im Haushalt des Menschen. Ausführliche Register und besonders schöne Abbildungen erhöhen den Wert des Büchleins.

Das Charakteristische für die Eisenorganismen ist der Umstand, daß sie Eisenoxydhydrat ablagern, und zwar an bestimmten Stellen ihrer Oberfläche und in morphologisch bezeichnender Weise. WINOGRADSKY hat 1888 für die zu den Bakterien gerechneten Eisenorganismen die Theorie aufgestellt, daß die aus der Oxydation von Ferro- zu Ferriverbindungen stammende Energie ihnen die Atmung ersetzt. Die Einwände hiergegen, die MOLISCH erhoben hat, weil es ihm gelungen war ein Eisenbakterium mit organischen Substanzen zu ernähren, können jetzt nicht mehr als stichhaltig betrachtet werden, weil wir inzwischen andere Bakterien kennen, die sowohl chemo-autotroph wie heterotroph gedeihen können. LIESKE hat dann auch bewiesen, daß es wirklich streng autotrophe Eisenbakterien gibt, die unter Ausschluß organischer Substanzen leben und ihre Leibessubstanz aus organischen Substanzen aufbauen, die durch Verarbeitung von Kohlensäure entstehen. Im einzelnen ist aber auf diesem Gebiete noch viel zu klären, wozu die vorliegende Monographie eine vorzügliche Grundlage abgeben wird.

E. G. PRINGSHEIM, Prag.

Protoplasma, Internationale Zeitschrift für physikalische Chemie des Protoplasten. Bd. I, Heft 1. Leipzig: Gebr. Borntraeger 1926.

Wenn bei dem scharfen Wettbewerb, der auf dem deutschen Zeitschriftenmarkt herrscht, eine Neugründung ihren Weg machen will, so muß sie sich durch starke Eigenart, ein zugkräftiges Programm und ein scharf umrissenes Arbeitsgebiet auszeichnen. Alle drei Eigenschaften besitzt in hohem Maße die von J. SPEK (Heidelberg) und F. WEBER (Graz) begründete Zeitschrift „Protoplasma“. An Organen der Zellforschung ist zwar kein Mangel. Wir besitzen bereits die „Zeitschrift für Zellen- und Gewebelehre“ und das „Archiv für experimentelle Zellforschung“, und auch die „Zeitschrift für mikroskopisch-anatomische Forschung“ ent-

hält manche cytologische Arbeit. Trotzdem bildet eine speziell der physikalisch-chemischen Erforschung des Protoplasmas gewidmete Zeitschrift eine täglich notwendiger werdende Ergänzung der bisher hauptsächlich morphologisch, physiologisch und biochemisch gerichteten cytologischen Literatur.

Ohne ihren älteren Schwestern die Kreise zu stören, will die neue Zeitschrift einen internationalen Sammelplatz für die physikalisch-chemische Cytologie der Pflanzen und Tiere darbieten. Daher die Aufnahme von Arbeiten in allen vier auf den großen internationalen Kongressen zugelassenen Sprachen, daher der ebenfalls viersprachige Titel der Zeitschrift und der große ganz internationale Stab von Mitarbeitern, den viele bedeutende Namen zieren.

Gleich das vorliegende 1. Heft des 1. Bandes zeugt sowohl von der Internationalität der Mitarbeiter (zwei Spezialarbeiten in englischer, eine in deutscher und eine in französischer Sprache), als auch von der Vielseitigkeit und zugleich von dem mit möglicher Schärfe abgegrenzten Arbeitsgebiet der Zeitschrift.

W. SEIFRIZ untersucht die merkwürdigen, an unreifen Seeigeleiern sich bildenden Protoplasmapapillen und äußert sich über ihre Entstehung und kolloidale Natur. W. BECK behandelt die plasmolytische Wirkung von Rohrzucker- und Salperetrlösungen. Auch E. KÜSTER bringt Beiträge zur Kenntnis der Plasmolyse, und zwar namentlich ihres Verhältnisses zur „Vakuolenzerklüftung“ und der Plasmochise. B. EPHRUSSI endlich studiert die Temperaturkoeffizienten der verschiedenen Phasen der Mitose bei Seeigeleiern und vergleicht sie mit den entsprechenden Verhältnissen bei den Eiern von *Ascaris*.

In einem instruktiven Sammelreferat weist J. GICKLHORN auf die große Bedeutung der Dielektrizitätskonstante für die Physiologie des Protoplasmas hin. Die Besprechungen einzelner Arbeiten sind eingehend und kritisch, wie es sich für jede eine ganz bestimmte Richtung vertretende Zeitschrift von selbst versteht. Eine Neuerung, die sich wohl bewähren wird, sind die Bibliographien bestimmter Kapitel der Protoplasmaforschung, von denen dem vorliegenden Heft eine über die „Strahlenwirkung auf Protoplasma und Biokolloide“ und eine über „Viscosität und Elastizität des Protoplasmas“ beigegeben sind.

Über die illustrative Ausstattung der Zeitschrift läßt sich aus dem 1. Heft kein Urteil gewinnen, da sie außer einer Anzahl ganz einfacher Textfiguren nur drei mikrophotographische Tafeln enthält, die für solche Darstellung nicht gerade günstige Objekte betreffen. Doch bürgt der Name des Verlages dafür, daß die Zeitschrift auch in dieser Hinsicht sich auf beträchtlicher Höhe halten wird.

Alles in allem bedeutet „Protoplasma“ eine wesentliche Bereicherung des biologischen Zeitschriftenwesens, deren weitere Entwicklung die Biologen aller Kulturländer mit Spannung verfolgen werden.

J. Gross, Neapel.

PAULI, W., Eiweißkörper und Kolloide. Zwei Vorträge für Biologen und Chemiker. Wien: Julius Springer 1926. 32 S. und 20 Abbild. 16 × 24 cm. Preis RM 2.40.

Das eben erschienene Heft ist als erstes einer Reihe gedacht, in der Prof. Dr. W. PAULI, der Vorstand des Instituts für Medizinische Kolloidchemie an der Universität Wien, die allgemeinen Forschungsergebnisse seines Institutes weiteren Kreisen zugänglich zu machen gedenkt.

„Die Eiweißkörper als Kolloide“, Festvortrag gehalten in der Jahressitzung der Gesellschaft der Ärzte in

Wien am 19. März 1926 und ein an Chemiker gerichteter Vortrag „Der Aufbau anorganischer Kolloide“ liegen vor. Zwei Prinzipien sind es, die hier zu einem tragfähigen Unterbau verschmolzen und in den weitverzweigten Gebieten, durch die uns der Vortragende führt, mit überzeugender Klarheit durchgeführt werden: Die Rolle der chemischen Konstitution und die Bedeutung elektrostatischer Wechselwirkungen für den Aufbau und für die Reaktionen der Kolloide. In der Einfachheit der Grundannahmen, die vielfach in unmittelbarer Anlehnung an die neuesten Fortschritte der Physik und physikalischen Chemie stehen, und in der durch viele Abbildungen vorzüglich unterstützten Anschaulichkeit liegt der Reiz dieser Schrift, die sich über den Kreis von Chemikern und Medizinern hinaus an alle biologisch interessierten Leser wendet und in dem, die anorganischen Kolloide betreffenden Teil auch dem Physiker wertvolle Anregung bringen wird.

Wenn es gestattet ist an dieser Stelle einen Vorschlag zu unterbreiten, der bei Drucklegung künftiger Vorträge berücksichtigt werden könnte, so bezieht sich dieser auf Angaben der Literatur, die es gerade demjenigen, der die Originalarbeiten noch nicht kennt, erleichtern würden, den Fragen und Problemen, die sich bei der Lektüre in so reichem Maße ergeben, nachzugehen.

W. PAULI beginnt mit der Einwirkung von Radiumstrahlen auf anorganische Kolloide und führt uns dann

ein schon weitgehend geschlossenes Bild vom allgemeinen Bauplan der Kolloide vor. Wir hören, wieso es nicht möglich ist, in reinstem Wasser reinstes Silber durch elektrische Zerstäubung kolloidal zu verteilen, wir erfahren an Hand vieler Beispiele, welcher Art die aufladenden Ionen bei bestimmten Kolloiden sind, wieviele Elementarladungen 1 Teilchen in Lösung halten, welcher Art die diffusiblen, austauschbaren „Gegenionen“ sind usw. Wir lernen vor allem die Methoden kennen, denen ein Einblick in all diese Verhältnisse zu verdanken ist: die von W. PAULI für diese Zwecke gestalteten Methoden der Elektrodialyse, der Mikroleitfähigkeitstiteration und andere ziehen an uns vorüber.

Bei den Eiweißkörpern wird der Mechanismus der Kolloidfällung und anderer Vorgänge auf Grund der N. BJERRUMSchen Theorie der interionischen Kräfte in Elektrolytlösungen erläutert. Die Ansichten J. LOEBS, der das gesamte kolloidale Verhalten der Proteine als sekundäres Ergebnis DONNANScher Ionenverteilung zu erklären versucht hat, erfahren scharfe Kritik. In Anknüpfung an die Untersuchungen von J. LANGMUIR und von W. D. HARKINS über molekulare Ausrichtung in Oberflächenschichten wird von W. PAULI die Bedeutung der „Elektroversion“ von Ionen an den Kolloidteilchen erkannt, und von hier aus weitet sich der Blick in ein Zukunftsland der Biochemie.

RICHARD KUHN, München.

Zuschriften.

Der Herausgeber hält sich für die Zuschriften nicht für verantwortlich.

Die Krisis in der Mathematik und ihre philosophische Bedeutung.

In den Naturwissenschaften Nr. 30, S. 706, hat Herr LÖWY einige Notizen über den derzeitigen Stand unserer Erkenntnis des aktuell Unendlichen vorgetragen.

Ich möchte mir erlauben, hierzu folgendes zu bemerken:

Der Kern der Diskussion des Mengentheoretiker dreht sich darum, ob es eine Reihe streng *größengeordneter* Unendlichkeiten gibt, als da sind: 1. das *abzählbare* Transfinite < 2 . das *nichtabzählbare* Tr. $<$ usw.; oder ob es im Unendlichen infolge Versagens unserer logischen Grundprinzipien überhaupt keine weitere sichere Erkenntnis gebe.

Ich glaube, daß diese divergenten Meinungen folgendermaßen zu vereinigen sind:

Der *Übergang* von den endlichen (Zahlen) zum Unendlichen ist ein solcher vom Logischen zum *Alogischen*, *Irrationalen*. Das Transfinite ist einfach *das mit sich selbst nicht mehr vollständig identische* (es gilt ja $\infty + n = \infty$ oder $\infty/2 = \infty$). Dieser Übergang von strenger Geltung des Identitätsprinzips — dem Logizismus — bis zum absolut Irrationalen ist nur stufenweise, in *Quantensprüngen*, möglich.

Wir können nicht stetig unsere Denkprozesse, unsere Begriffe entrationalisieren, sondern nur sprungweise — endliche Zahlen — ab zählbar. Tr. oder Aleph 1 — nichtabz. Tr. (das Kontinuum?) usw. Ein solches Axiom könnte man eventuell als Zeichen einer Fassungskraft des Irrationalen plausibel machen.

Aleph 1 faßt, ohne als Zahlgröße sich zu ändern, alle Zahlen bis zu den transzendenten.

Von diesen Zahlen ab ist eine neue *Abschwächung* des Identitätsprinzips nötig, um das *stetige* Unendliche (aller reellen Zahlen) zu umfassen. Und so fort bis zum absolut Alogischen. (Das Reich der unendlichen

Kardinalzahlen wäre aber damit — entgegen CANTOR — endlich.)

Auch im Realen ist vielleicht ein solches Verhältnis von Identität und Alogizität von Wichtigkeit (Quantentheorie?).

Eine diesbezügliche Arbeit wird demnächst erscheinen.

Atzgersdorf/Wien, den 31. Juli 1926. H. LATZIN.

Absorption von Glimmer im ultravioletten Licht.

Die Absorption einiger Glimmersorten im ultravioletten Licht wurde von mir im Physikalischen Institut der Universität Bonn mit einem Quarzspektrographen untersucht. Dabei ergab sich, daß die Glimmersorten durchweg schon in mittleren Schichtdicken ziemlich stark absorbierten. Die geringste Absorption zeigten die untersuchten Ruby-Arten; bei den dünnsten Schichtdicken (0,03 mm) lag die Durchlässigkeitsgrenze bei etwa 2900 A.F., bei $\frac{3}{4}$ mm Dicke lag sie bei 3500. Stärker absorbierten die grünen Sorten, die bei $\frac{1}{2}$ mm Dicke nur noch Spuren ultravioletten Lichtes durchließen. Die stärkste Absorption zeigte der in der Durchsicht tiefbraune Madagaskar Amber, der schon in 0,1 mm Schichtdicke totale ultraviolette Absorption zeigt.

Die Arbeit, die auf Veranlassung von Herrn Prof. Dr. KÖNEN gemacht wurde, wird im „Neuen Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Palaeontologie“ erscheinen.

Bonn, den 31. Juli 1926.

WOLFGANG FINKELNBURG.

Quantentheorie der Dipolorientierung im äußeren Feld und Erfahrungstatsachen.

Bisher bestand keine Klarheit über die Frage, wie bei Dipolgasen die experimentell aus der Dielektrizitäts-

tätskonstante zugängliche) Orientierungspolarisation P_0 quantitativ verknüpft ist mit dem Wert μ des Dipolmomentes. Die klassische Statistik lieferte nach DEBYE eine bestimmte Funktion $(P_0)_{kl.}$, während quantentheoretische Ansätze — W. PAULI jr.¹⁾, L. PAULING²⁾ — zu hiervon verschiedenen Ausdrücken führten. Diese Funktionen $(P_0)_{qu.}$ gingen aber bemerkenswerterweise für große T nicht asymptotisch in die klassische Funktion über. Daher war die Wahl zwischen verschiedenen Zahlenwerten für μ noch offen. In zwei kürzlich, fast gleichzeitig, erschienenen Arbeiten wenden nun einerseits L. MENSING und W. PAULI jr.³⁾, andererseits J. H. VAN VLECK⁴⁾ die neue Quantenmechanik auf die Dipolbewegung an und können hierdurch die Schwierigkeit beseitigen: diese Formel geht für genügend hohen Wert des Produktes: Trägheitsmoment $\times$ abs. Temperatur, in die klassische Funktion über. Bei den im allgemeinen zugänglichen Werten des erwähnten Produktes werden die Differenzen nur in Ausnahmefällen merklich sein. Die Rechnungen der genannten Autoren beziehen sich nur auf ein bestimmtes, sehr einfaches Molekülmodell; man wird aber kaum zweifeln, daß die Tatsache der praktischen Koinzidenz beider Rechnungsarten eine ziemlich allgemeine, von der speziellen Molekülstruktur nicht sehr stark abhängige sein wird. Hierfür spricht auch einiges unabhängiges Tatsachenmaterial, das Verf. schon seit längerer Zeit zu der Vermutung geführt hatte, die Diskrepanzen seien in einem Mangel der früher benutzten quantentheoretischen Grundlagen begründet.

Zunächst sei ein von PAULING als Stütze seiner Formel angeführter Punkt besprochen. Es handelt sich um den Vergleich der gemessenen Refraktion von HCl-Gas mit dem Wert, der aus Messungen der D.K. erhalten wird. Die Messungen von ZAHN⁵⁾ liefern in PAULINGS Berechnung $n^2 - 1 = 7.7 \cdot 10^{-3}$, in der klassischen Berechnung $10.4 \cdot 10^{-3}$. Für die D-Linie wurde gemessen $n^2 - 1 = 8.88 \cdot 10^{-3}$ und aus der bekannten Dispersion⁶⁾ extrapoliert man für unendlich große Wellenlänge den um nur 2% kleineren Wert $8.70 \cdot 10^{-3}$. Dessen Unsicherheit reicht aber in keinem Falle hin, um in ihm eine Stütze des PAULINGschen, um 11,5% kleineren Wertes sehen zu dürfen. Im Gegenteil ist nur das Verhältnis der klassisch berechneten Refraktion zum optischen Wert ein vernünftiges. Bei der Abtrennung der Orientierungspolarisation aus der gesamten Molekularpolarisation⁷⁾ $P = P_E + P_A + P_0$ bleibt ja nicht P_E allein übrig, sondern die Summe $P_E + P_A$. Man muß also erwarten,

daß die Analyse der D.K.-Messungen einen Rest liefert, der größer ist als P_E , da man im allgemeinen — besonders bei Dipolmolekülen — mit Polarisationsbeiträgen P_A rechnen muß, die im Ultraroten liegen. Die Größe von P_A ist in diesem Fall außerdem von plausibler Größe und man kann somit sagen, daß nur eine der klassischen Rechnung zahlenmäßig äquivalente mit dem gemessenen Wert der optischen Refraktion in Einklang gebracht werden kann.

Allgemeinerer Natur sind die Überlegungen, welche sich auf den Übergang eines Dipolstoffes vom verdünnten gasförmigen zum kondensierten flüssigen Zustand beziehen. Während man nämlich bei genügender Verdünnung des Dipolgases eine (aus der Beobachtung der entsprechenden Absorptionsspektren oft wahrscheinliche) scharfe Quantelung der Bewegungsvorgänge annehmen darf, wäre dies — jedenfalls was die Richtungsquantelung betrifft — in den flüssigen Systemen kaum mehr zulässig.

Bringt man z. B. ein Dipolgas wie HCl in indifferente Lösung (Benzol), so ist eine große Änderung von μ nicht wahrscheinlich. Nach den früheren Rechnungen, z. B. der PAULINGSchen, sind aber bei gleichem μ die Werte von P_0 wesentlich verschieden, bei hoher Temperatur ist PAULINGS Wert 14mal so groß als der klassisch berechnete. Es müßte also derselbe Stoff in Lösung eine sprunghaft kleinere Mol. Pol. zeigen als im Gaszustand. Die Erfahrung über solche Verhältnisse sind zwar noch nicht sehr ausgebreitet, doch spricht bis jetzt nichts für diese Forderung. Die Messungen an C_2H_5OH (berechnet von DEBYE) und an HCl ⁸⁾ zeigen sogar eine sehr weitgehende Annäherung der experimentell gefundenen Werte für beide Zustände. Daher wird auch hier wahrscheinlich gemacht, daß für beide Zustände zahlenmäßig äquivalente Funktionen P_0 anzuwenden sind.

Dasselbe gilt für den Übergang der Gase in den reinen flüssigen Zustand. Hier sollte schon in den Fällen, wo eine sehr geringe gegenseitige Einwirkung der Dipole (wegen sonst normalen Verhaltens des Stoffes) vorauszusehen ist (P_0)_n wesentlich kleiner sein als (P_0)_{gas}. Dies ist jedoch nicht der Fall. Im Gegenteil fällt — wie bereits früher gezeigt — eine sehr klar ausgeprägte Parallelität auf: auch sonst sich normal verhaltende Stoffe zeigen eine geringe Differenz (P_0)_n — (P_0)_{gas}, dagegen ist sie merklich bei Stoffen, die man als assoziiert bezeichnet⁷⁾.

Soweit abzusehen, liefert also die Erfahrung nur Gesichtspunkte, die für das Ergebnis von MENSING-PAULI bzw. VAN VLECK sprechen, und zwar auch bei komplizierteren Molekülen. Damit dürfte aus den Grundlagen zur genaueren Bestimmung von μ die ernsteste der früher gesprochenen Schwierigkeiten⁹⁾ verschwunden sein, was wegen der vielfachen Wichtigkeit dieser Konstanten eine sehr erwünschte Klärung bedeutet.

Oegstgeest bei Leiden, den 27. August 1926.

L. EBERT.

⁸⁾ L. EBERT, Naturwissenschaften 13, 681. 1925.

⁹⁾ L. EBERT, Zeitschr. f. physikal. Chem. 114, 430. 1925.

¹⁾ W. PAULI jr., Zeitschr. f. Phys. 6, 319. 1921.

²⁾ L. PAULING, Proc. of the nat. acad. of sciences (U. S. A.) 12, 32. 1926; Phys. Rev. 27, 568. 1926.

³⁾ L. MENSING und W. PAULI jr., Phys. Zeitschr. 27, 509. 1926.

⁴⁾ Y. H. VAN VLECK, Nature 118, 226. 1926.

⁵⁾ CH. TH. ZAHN, Phys. Rev. 24, 400. 1924.

⁶⁾ C. und M. CUTHBERTSON, Phil. transact. roy. soc. (A) 213, I. 1913.

⁷⁾ L. EBERT, Zeitschr. f. physikal. Chem. 113, I. 1924.

Von der Entstehung der Gebirge und Festlande.

Von HEINRICH LÖWY, Wien.

Es gibt Fragen, mit denen man sich beschäftigt hat, noch ehe sie für die Wissenschaft existiert haben. So ist auch die Frage nach der Entstehung der Gebirge und Festlande aufgestellt und beantwortet worden, lange bevor die Wissenschaft existiert hat, die sie zu einer beantwortbaren gemacht hat. Lange vor Begründung der historischen Geologie wurde in der Bibel, im ersten Kapitel der Genesis, erzählt, wie die Festlande entstanden sind, und ein Theologe, der die im folgenden mitgeteilten neuesten Ergebnisse der geologischen Forschung liest, könnte behaupten, daß eines der wichtigsten und merkwürdigsten dieser Ergebnisse, nämlich die von H. STILLE aufgestellte „*epiogene Gleichzeitigkeitsregel*“¹⁾ schon in der Bibel enthalten sei: denn es heißt dort, daß die Festlande an einem und demselben Tage in den verschiedensten Erdgebieten aus den Wassern gehoben worden sind.

Wenn es auch gelegentlich vorkommt, daß die Theologie sich auf die Wissenschaft beruft, so wird doch umgekehrt die Wissenschaft sich niemals auf die Theologie berufen, es sei denn, um — von ihrem Standpunkt aus — den mythischen Teil des biblischen Berichtes von dem möglicherweise historischen zu sondern, wie das beispielsweise EDUARD SUSS in seinem „*Antlitz der Erde*“, im Kapitel über die Sintflut, getan hat. So wäre es auch denkbar, daß die Bibelstelle von der Entstehung der Festlande auf Beobachtungen beruht, die zu einer Zeit starker *epiogener* Bewegungen gemacht worden sind. Man versteht hierunter durch lange geologische Zeiten andauernde Auf- und Abwärtsbewegungen der Erdkruste.

Solche Bewegungen sind in der Tat schon im Altertum beobachtet worden²⁾: ARISTOTELES erwähnt das Nildelta, das seit historischen Zeiten immer mehr aus dem Meere aufgetaucht ist und fügt hinzu: „Was sich hier in engem Raume abspielt, das wird — so muß man vermuten — anderen Orts sich innerhalb weit ausgedehnter Räume, ja ganzer Länder ereignen.“ Und ARISTOTELES zieht den Schluß: „Die einen Gebiete bleiben nicht immer Meer, die anderen nicht immer Festland; da wo Erde war, hat sich jetzt ein Meer gebildet; wo das Meer sich heute ausbreitet, wird wieder Festland sein.“ Schon vor ihm hatte der Historiker HERODOT auf seiner Reise nach Ägypten versteinerte Seeschnellen gesehen und geschlossen, daß das Meer diese Gebiete früher bedeckt habe: Nach

seiner Ansicht dürfte das Mittelländische Meer früher bis nach Äthiopien gereicht haben. Im Gegensatz hierzu haben die *italienischen Geologen des 14. und 15. Jahrhunderts* angenommen, daß die Versteinerungen von Seetieren, die auf dem Festland angetroffen werden, von *gelegentlichen* Überschwemmungen herrühren, und beim Rückfluten der Wässer auf dem Festland zurückgelassen wurden. Nach PIERRE DUHEM besteht das Hauptverdienst des LEONARDO DA VINCI um die moderne Geologie darin, daß er, unbeirrt durch die in Italien herrschende Schulmeinung, die heute wieder geltende Ansicht der antiken Denker verteidigt und durch neue Argumente gestützt hat. Er ist hierbei — nach Ansicht DUHEMS — wesentlich beeinflusst durch die Lehren der *französischen Scholastik*, insbesondere durch ALBERT DE SAXE, der im 14. Jahrhundert an der Pariser Universität gewirkt hat. Dieser hatte erkannt, daß die geologische Rolle des Wassers darin besteht, alle Erhebungen und Unebenheiten des Erdbodens allmählich abzutragen und auszugleichen („*Erosion*“). Dieser nivellierenden Kraft des Wassers arbeitet, wie ALBERT DE SAXE gelehrt hat, eine Kraft entgegen, die heute „*epiogen*“ genannt wird und eine sehr langsame Aufwärtsbewegung der Festlande bewirkt. P. DUHEM sagt: „Alles, was LEONARDO über das Aufsteigen und Untertauchen der Kontinente geschrieben hat, alle die vielen Beobachtungen und Überlegungen, die er in Betreff der Versteinerungen angestellt, das alles hat ein einziges Ziel: als Darlegung, Erläuterung und Beweis der Theorie von ALBERT DE SAXE über die langsamen Bewegungen der Erdkruste zu dienen.“ Diese langsamen, „*epiogenen*“ Bewegungen sind es, die auch nach der Ansicht der modernen Geologen eine wesentliche Rolle bei der Bildung der Festlande und Gebirge spielen.

Ehe ich an unseren eigentlichen Gegenstand, die Besprechung der von H. STILLE aufgestellten Gesetze der Gebirgs- und Festlandbildung, herangehe, will ich die Hauptergebnisse der Geologie, soweit sie für die vorliegende Frage von Wichtigkeit sind, kurz rekapitulieren.

Da ist zunächst die Beobachtung des HERODOT, die auch heute noch ein Fundament der Geologie bildet: Genau so, wie HERODOT es tat, wird auch heute aus den versteinerten Tieren und Pflanzen, die in einer Gesteinsschicht angetroffen werden, auf die „*Facies*“, d. h. auf das Milieu geschlossen, in welchem die betreffenden Gesteinsschichten gebildet wurden. Sind die Schichten „*terrestrisch*“, d. h. enthalten sie die Versteinerungen von Landtieren, so schließt man, daß die Schichten zur Zeit, als jene Tiere lebten, auf dem festen Lande (etwa

¹⁾ H. STILLE, Grundfragen der vergleichenden Tektonik. Berlin: bei Borntraeger 1924.

²⁾ Die folgenden historischen Daten entnehme ich dem Werk von P. DUHEM, *Etudes sur Léonard de Vinci*. 3 vols. (Paris: Librairie Hermann 1909.)

durch den Wind) abgesetzt wurden. Sind es Fische, so bezeichnet man die Facies „*marin*“ und schließt, daß diese Schichten einst am Meeresboden gebildet wurden. Ebenso kann man unterscheiden, ob die Schichten in Küstennähe oder in der Tiefsee gebildet wurden, da diese verschiedenen Gebiete — wie man aus der Zoologie und Botanik weiß — durch das Vorkommen besonderer Tier- und Pflanzenarten gekennzeichnet sind.

Auf welche Weise die Schichten entstanden sein mögen, kann man sich an Vorgängen, die sich heute vor unseren Augen abspielen, deutlich machen. Wir beobachten beispielsweise, wie das auf dem Flußboden liegende Geröll allmählich ins Meer geschafft wird und zugleich mit dem, von der Küste durch die Brandung abgebröckelten, Gestein in größerer oder geringerer Küstennähe auf den Meeresboden sinkt. So bilden sich auch heute fortgesetzt Schichten, die, von der Küste auslaufend, sich keilförmig verjüngen und die Kadaver der im Meereswasser lebenden Tiere und Pflanzen aufnehmen.

Wie aber ist der Wechsel der Schichten zu erklären? In seinem Lehrbuch der Geologie erläutert das E. KAYSER an dem Beispiel eines Binnensees, in den mehrere Flüsse münden: „Ein jeder dieser Flüsse führt gröberes oder feineres Gesteinsmaterial, Sand, Kies, Schlamm usw. mit sich, die in mehr oder weniger wagrechten Lagen auf dem Seeboden ausgebreitet werden und die Entstehung von Schichten veranlassen. Die genannten Stoffe werden aber nicht alle zu gleicher Zeit und ohne Regel in den See gelangen. Zu Zeiten niederen Wasserstandes, wenn die Kraft des Flusses geringer ist, werden nur feine Schlamnteilchen zur Ablagerung kommen und tonige Schichten gebildet werden, während bei hohem Wasserstande gröbere Stoffe, Sand, Kies und Gerölle abgesetzt werden. Auf diese Weise wird allmählich eine große Zahl übereinander liegender Schichten entstehen können, die einen mehr oder minder regelmäßigen Wechsel von feinerem und gröberem Material aufweisen.“ Der Schichtenwechsel kann aber auch durch eine Unterbrechung des Absatzvorganges verursacht sein: wenn beispielsweise der Meeresboden an bestimmten Stellen abwechselnd trocken gelegt und wieder überflutet wird. Dann werden Meeres- und Landschichten sich abwechselnd übereinander lagern.

Aus der Bildungsweise der Schichten folgt, daß die höher gelegenen stets jünger sind als die darunterliegenden. Natürlich: die neu sich bildenden Schichten werden auf den bereits vorhandenen, älteren Schichten abgesetzt. Das Wort „alt“ und „jung“ bezieht sich auf die Schichten, *nicht* aber auf das Material, woraus sie gebildet sind. Das Material der jüngeren Schichten ist ja stets den älteren Schichten entnommen, also gleich alt wie deren Material.

Eine andere Art der Altersbestimmung der Schichten ist die sog. „paläontologische“: aus der Beschaffenheit der in den Schichten angetroffenen

Versteinerungen. Die einzelnen, übereinander lagernden Schichten sind durch das Auftreten bestimmter Tier- und Pflanzenarten gekennzeichnet und zeigen auf der ganzen Erde dieselbe regelmäßige Aufeinanderfolge: nämlich die Versteinerungen sind den heute lebenden Tier- und Pflanzenarten um so unähnlicher, je tiefer die Schichten liegen, denen sie entstammen. Diese Tatsachen bilden das Fundament der historischen Geologie und stehen in schöner Übereinstimmung mit der *Entwicklungstheorie*, wonach die derzeit lebenden Tier- und Pflanzenarten sich aus primitiveren Formen allmählich entwickelt haben. Hier ist der Punkt, wo die Geologie und die DARWINsche Deszendenztheorie sich wechselseitig stützen. Die geologische Forschung hat eine große Zahl solcher, verschiedenen Entwicklungsstadien angehörenden, Schichten unterscheiden gelehrt und auf diese Weise eine *geologische Zeitskala* geschaffen, die in stets feiner werdender, chromatischer Abstufung von der Urzeit, wo auf der Erde noch überhaupt kein Leben existierte, bis in unsere Zeit herauführt.

Normalerweise würden wir diese im Erdinnern befindlichen Schichten nicht zu Gesicht bekommen. Nun kann es aber geschehen, daß eine solche marine Schichtreihe aus dem Meer, worin sie auf die geschilderte Art entstanden, herausgehoben wird. Nun bildet sie Festlandboden. Aber die Bewohner dieses Festlandes werden keine Ahnung von dem regelmäßigen, schichtenförmigen Aufbau des Bodens haben, auf dem sie stehen, — bis nicht eines Tages ein Fluß sich durch diese Schichten hindurch seinen Weg zum Meere bahnt, indem er sich allmählich ein Tal einschneidet und auf diese Art die sonst unsichtbaren Schichten frei legt. So hat man festgestellt, daß die Schichten sich gelegentlich über Gebiete von außerordentlicher Ausdehnung ungestört ausbreiten. EDUARD SUESS berichtet beispielsweise: „Im östlichen Galizien, am oberen Dnjester, schneidet sich der Fluß ziemlich tief in den Boden ein, und da sieht man eine horizontale, geschichtete Reihe von Gesteinen, welche nichts anderes ist, als die Fortsetzung der Gesteine von Livland, Esthland, Petersburg, welche unter der ganzen Ebene verborgen liegen, die hier wieder sichtbar werden und vollkommen ruhig gelagert sind angesichts der überstürzten Karpathen.“

Während also an dem einen Ort, in der russischen Tiefebene, die Schichten seit der Zeit ihrer Entstehung ihre natürliche Lage beibehalten haben, sieht man sie an dem anderen Ort, in den Karpathen, zu Falten zusammengedrückt. Diese für die Gebirge kennzeichnende Faltenbildung könnte durch horizontal gerichtete Druckkräfte erzeugt sein, wie man durch folgendes einfache Experiment beweisen kann: Man nimmt einen (nicht zu hohen) Stoß schön zusammengelegter Handtücher, wie sie sich in dem Wäschekasten jeder sorgsam Hausfrau vorfinden. Sie sollen uns als Modell der Schichten in ihrer natürlichen Lagerung dienen

(Fig. 1). Drückt man den Stoß mit den Händen von links und rechts in horizontaler Richtung zusammen, so bilden sich Falten, ähnlich jenen, die wir im Gebirge beobachten (Fig. 2).

Die Schichten im Gebirge sind aber nicht bloß durch die Faltung von den vollkommen ebenen Schichten der ungestörten Gebiete unterschieden, sondern auch dadurch, daß ihre Dicke („Mächtigkeit“) im Gebirge gelegentlich ganz enorme Werte annimmt. In den Alpen z. B. ist die Dicke der mesozoischen¹⁾ Ablagerungen so groß als in Mitteleuropa. Wie aber können Schichten von so enormer Dicke entstanden sein? Sind die Schichten marin, so müßte die Tiefe des prähistorischen Meeres an jener Stelle eine ganz außerordentliche gewesen sein. Gegen diese Annahme spricht aber die Tatsache, daß diese Schichten sehr oft eine „neritische“ Facies haben, d. h. Flachseeablagerungen sind. Also wurde man zu dem Schlusse gedrängt, daß der Boden jener prähistorischen Flachseen während der Ablagerung der Schichten immer tiefer und tiefer einsank. Mit anderen Worten: Es muß während der Ablagerung eine

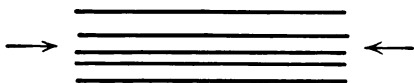


Fig. 1. Schichten in Normallage.

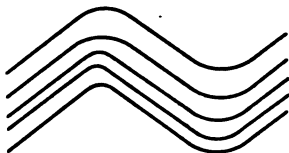


Fig. 2. Gefaltete Schichten.

nach abwärts gerichtete, *epirogene* Bewegung, d. i. eine durch lange geologische Zeiten andauernde Vertikalbewegung stattgefunden haben. Aus diesem Grunde definiert STILLE die „Geosynklinale“ — so nämlich nennt man jene übermäßig dicken, meist bogenförmig gewölbten Schichtserien — als einen „säkular sinkenden Raum“.

Aus den Geosynklinalen entstehen also die übermäßig dicken Schichten der Gebirge, indem sie — wie in dem beschriebenen Experiment — durch horizontale Druckkräfte gefaltet und nach der Faltung durch eine aufwärts gerichtete, *epirogene* Bewegung aus dem Wasser gehoben werden. Der Beweis für die Hochbewegung der gefalteten Schichten liegt in der Tatsache, daß die obersten Schichten teilweise „denudiert“, d. h. abgetragen sind. In Fig. 3 ist der typische Fall der Denudation eines Faltensystems wiedergegeben. Die gestrichelten Teile der Falten sind durch Kräfte

abgetragen, die wir auch heute noch — in den Gebirgen — am Werke sehen: Wir beobachten, wie das verwitterte Gestein abbröckelt und von den Abhängen durch fließende Gewässer zu Tal getragen wird. Nach einer Schätzung von A. HEIM soll auf diese Weise in den Alpen eine solche Menge Gestein „denudiert“ worden sein, daß das Gebirge heute nur halb so hoch ist, wie zur Zeit seiner Entstehung. Schreitet die Denudation fort, so werden die Alpen in einem späteren geologischen Zeitalter einen Anblick wie Fig. 3 darbieten: Wo einst-



Fig. 3. Denudation.

mals ein Gebirge war, wird sich eine Ebene ausbreiten. Allerdings könnte Denudation auch im Meere stattfinden. Solche submarine Denudation ist aber noch der Ansicht STILLES eine Ausnahmeerscheinung. Es gilt also der „Satz von der orogenen¹⁾ Hochbewegung“, den STILLE folgendermaßen faßt: „Alle Gebirgsbildung erfolgt unter Aufwärtsbewegung gegenüber dem ozeanischen Spiegel“ (l. c. S. 236).

Wir sehen hier, auf welche Weise man in der Geologie auf Bodenbewegungen in prähistorischen Zeiten schließt: Aus der übermäßigen Dicke der Geosynklinale schließt man auf eine Abwärtsbewegung, aus der Denudation der gefalteten Geosynklinale auf eine später einsetzende Aufwärtsbewegung.

Den Zeitpunkt der Faltung kann man mit größerer oder geringerer Genauigkeit bestimmen, je nachdem die Schichtbildung („Sedimentation“) auch nach der Faltung ihren Fortgang nimmt, oder nach geringerer oder größerer Pause wieder einsetzt. Dann werden nämlich die parallel gelagerten oder, wie man sagt, „*konkordanten*“ Schichten (Fig. 2) von nicht parallel dazu liegenden, „*diskordanten*“ Schichten überlagert. Aus Fig. 4 z. B. darf man

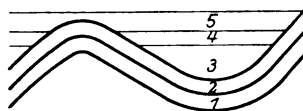


Fig. 4. Diskordanz.

schließen, daß die Faltung der konkordanten Schichten 1—2 eintrat, *nachdem* Schicht 2 und *bevor* die zu 1—2 diskordante Schicht 3 gebildet wurde. Das Gebirge kann nicht *vor* der Bildung der Schicht 2 entstanden sein, sonst wäre ja diese Schicht nicht gefaltet. Es kann nicht *nach* der Bildung von Schicht 3 entstanden sein, sonst wäre ja diese Schicht mitgefaltet worden. Aus den Diskordanzen wird also — seit ELIE DE BEAUMONT — das Alter der Gebirge bestimmt.

¹⁾ „orogen“ = gebirgsbildend.

Mit diesem Hilfsmittel und unter Benützung der fein graduierten Zeitskala der modernen Geologie hat STILLE eine Entdeckung ersten Ranges gemacht. Indem er „vergleichende Tektonik“ trieb, d. h. den Schichtenbau in den verschiedenen Gebieten der Erde untersuchte und verglich, bemerkte er, „daß alle Gebirgsbildung an verhältnismäßig wenige und zeitlich engbegrenzte Phasen gebunden ist und gleichzeitig in den verschiedensten Erdgebieten auftritt.“ Das Beweismaterial für sein „orogenes Zeitgesetz“ hat STILLE in dem großen Kapitel über „Die Einzelphasen der Gebirgsbildung der Vorzeit“ (l. c. S. 62—221) niedergelegt. Es ist nicht möglich, das Beweisverfahren, dessen Schauplatz die 5 Erdteile sind, hier auch nur anzudeuten.

Die Gebirgsbildung oder Orogenese ist also ein „episodischer“, d. h. im Vergleich zur Länge der geologischen Perioden äußerst kurz dauernder Vorgang, der sich — vom Anbeginn der geologischen Zeitrechnung bis auf den heutigen Tag — nur etwa 30mal, und zwar an den verschiedensten Punkten der Erde gleichzeitig abgespielt hat. „Die Gleichzeitigkeit der orogenen Geschehnisse erfordert“, wie STILLE (l. c. S. 243) hervorhebt, „ein universelles Erklärungsmotiv“. Dieses ist — nach seiner Ansicht — ein verstärkter seitlicher Druck, der dort, wo die Nachgiebigkeit („Mobilität“) der betreffenden Gesteinsschicht genügend groß ist, zur Gebirgsbildung führt (l. c. S. 253), wie wir uns das durch das Experiment mit den Handtüchern veranschaulicht haben. Ein weniger mobiles Material, z. B. ein Stoß von Steinplatten würde durch die gleichen seitlichen Druckkräfte nicht gefaltet werden. So erklärt sich, warum der, während der 30 orogenen Phasen verstärkte Horizontaldruck, der doch wegen des Gleichzeitigkeitgesetzes überall auf der ganzen Erde wirksam sein muß, doch nur an vereinzelten Stellen Gebirge erzeugt. Mobile Stellen der Erde, aus denen Gebirge entstehen, sind die *Geosynklinalen*. In diesen ist ja, wie wir früher auseinandergesetzt haben, das feste Grundgebirge, das den Boden des prähistorischen Meeres bildete, allmählich in die Tiefe gesunken, so daß die darüber lagernde mobilere Schichtserie eine große Dicke erreichen konnte. So werden die Geosynklinalen — nach dem Worte KOSSMATS — zu „Erweichungsgürteln der Erde“, bis sie durch Faltung und die hiermit verbundene „Zusammenstauchung der vorher flachen Schichttafeln“ verfestigt („stabilisiert“) werden (STILLE, l. c. S. 35 und 37).

Vertikalbewegungen der Erdkruste, die in fernen geologischen Zeiten vor sich gegangen sind, können wir, wie wir sahen, aus der Existenz von Geosynklinalen und aus der Denudation nachweisen. Ein weiteres Hilfsmittel sind die *Transgressionen* und *Regressionen*, d. h. das Vorrücken und Zurückfluten der prähistorischen Meere. Man stützt sich hierbei auf den Grundsatz, den J. F. POMPECKJ in das Wort: „Die Wasser der Erde folgen den Bewegungen des festen Gerüsts der

Erde“ gefaßt hat. Man nimmt an, daß das Vorrücken des Meeres durch ein Sinken des überfluteten Gebietes bedingt ist; und erklärt analog das Zurückweichen des Meeres durch eine Aufwärtsbewegung des freigelegten Festlandes. „So erweisen sich gerade die Trans- und Regressionen als besonders feine Indikatoren der Bewegungen des Festen. Damit wird die Paläogeographie, insbesondere soweit sie die Grenzen der älteren Meeres- und Festländräume und die Veränderung dieser Grenzen von Zeitabschnitt zu Zeitabschnitt festzulegen sucht, zu einer hervorragenden Hilfswissenschaft der Tektonik“ (STILLE l. c. S. 281).

In Fig. 5 habe ich angedeutet, wie man aus

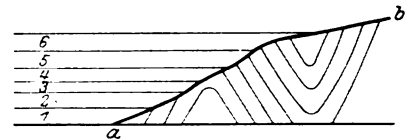


Fig. 5. Transgression.

dem Schichtenbau die Transgression eines prähistorischen Meeres feststellt. Die Linie *ab* deutet die Küste dieses Meeres an. 1—6 sind marine Schichten, die, nach rechts zu übergreifend, die allmähliche Überflutung des Festlandes erkennen lassen. Aus dieser Strandverschiebung schließt man, daß während der Ablagerung der Schichten 1—6 der gefaltete Festlandsblock (rechts der Linie *ab*) allmählich in die Tiefe gesunken ist und auf diese Weise das Vordringen des Wassers ermöglicht hat.

Analog werden durch Regressionen Aufwärtsbewegungen des Festlandes angezeigt. In Fig. 6

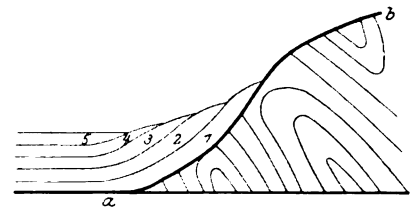


Fig. 6. Regression.

bedeutet wieder *ab* die Küste und man sieht die marinen Schichten 1—5 diskordant auf dem gefalteten Untergrund aufliegen. Die Regression erkennt man daran, daß die marinen Schichten 1—5 immer mehr von der Küste zurückweichen, den Strand also immer mehr nach dem offenen Meere verlegen.

Daß diese Auf- und Abwärtsbewegungen meist epirogen sind, d. h. durch lange geologische Zeiten andauern, erkennt man aus der geologischen Altersdifferenz zwischen der ältesten und jüngsten Schicht der transgredierenden oder regredierenden Serie.

Auf diese Weise studierte STILLE die Meeresschwankungen in Belgien und im Pariser Becken und stellte das Ergebnis in Form des folgenden

Diagramms (Fig. 7) dar: „Aufsteigende Linien bedeuten die Regression, absteigende die Transgressionen. Über die Null-Horizontale erhebt sich die Linie in jenen Zeiten, in denen das gesamte Gebiet Belgiens und Nordfrankreichs festländisch war“ (STILLE l. c. S. 287). Das Diagramm umfaßt den sog. alttertiären Zeitraum vom Paleocän zum Oligocän, der bekanntlich den ältesten Abschnitt der geologischen „Neuzeit“, d. i. der sog. känozoischen Periode bildet. Die einzelnen Transgressionen und Regressionen sind nach den Unterabschnitten der geologischen Zeitperioden benannt.

Indem er nun von Belgien und Nordfrankreich weg seinen Blick auf die ganze Erde richtete, entdeckte STILLE die „Universalität der alttertiären Meeresbewegungen“. Er bemerkte, daß beispielsweise die mittlereocäne sog. lutetische Transgression außer in Belgien und Frankreich noch auftritt: in England, Spanien, auf den Balearen, in der Schweiz, in Italien, Korsika, Rumänien, Serbien, in Südrußland, im Kaukasus, in Ägypten und im Atlas und sehr wahrscheinlich auch in Kleinasien,

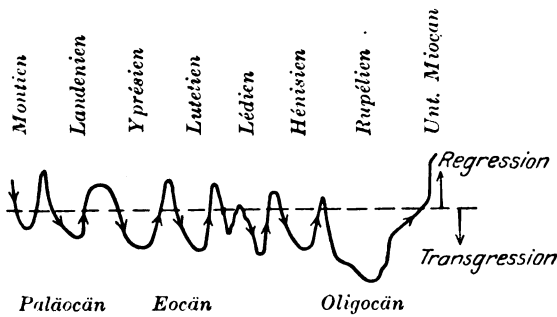


Fig. 7. Alttertiäre Strandverschiebungen.

Syrien, Palästina, Ostafrika, Madagaskar, in Westafrika am Senegal, in Transkaukasien, Persien, Turkestan und Belutschistan, auf der Halbinsel Cutch, in Java, auf Neu-Kaledonien, in Kalifornien und Mexiko (STILLE l. c. S. 293). Ich gebe hier ausnahmsweise eine vollständige Aufzählung, um dem Leser einen Begriff von der weittragenden Bedeutung des STILLESchen Gesetzes zu geben. Das Gesetz, das wir speziell für die alttertiäre Zeit auseinandergesetzt haben, gilt aber auch in zeitlicher Hinsicht universell. So gelangt man zum Begriff eines „Kanon der Strandverschiebungen“, d. i. „die statistische, also nach der Mehrzahl der Fälle aufzustellende Regel über die Erweiterung oder Verengung der Meere.“ „Der Kanon ließe sich in Form eines Diagrammes veranschaulichen, vergleichbar der oben gegebenen graphischen Darstellung der Meeresbewegungen der Tertiärzeit in Belgien und Nordfrankreich. Und mit kleineren Einschränkungen veranschaulicht ja dieses zunächst für ein Einzelgebiet gegebene Diagramm schon einen allgemeinen gültigen „Kanon“ (l. c. S. 295). Zusammenfassend sagt STILLE: „Alles in allem ergibt sich also, daß die Meeresschwankungen,

die wir zunächst in Belgien und im Pariser Becken festgestellt hatten, fast durchweg eine gewisse universelle Bedeutung besitzen, indem sie in vielen Weltgegenden und unter sehr verschiedenen geologischen Verhältnissen gleichzeitig und gleichsinnig wiederkehren. Man scheint ganz allgemein sagen zu dürfen, daß in gewissen Zeiten eine *vorherrschend* transgressive, in anderen Zeiten eine *vorherrschend* regressive Tendenz vorhanden ist, und zwar unbekümmert um die Art der Räume, unbekümmert insbesondere darum, ob es sich um mobilere Erdgebiete von Art der Geosynklinalen oder stabilere von Art der Festlandsschwellen handelt. Gewisse Zeiten, charakterisiert durch positive Meeresbewegungen, waren also die Zeiten *allgemeineren* Landverlustes, andere, charakterisiert durch negative Meeresbewegungen, die Zeiten *allgemeineren* Landgewinnes“ (STILLE, l. c. S. 294).

Das Diagramm Fig. 7, das den Kanon der alttertiären Meeresbewegungen enthält, kann also

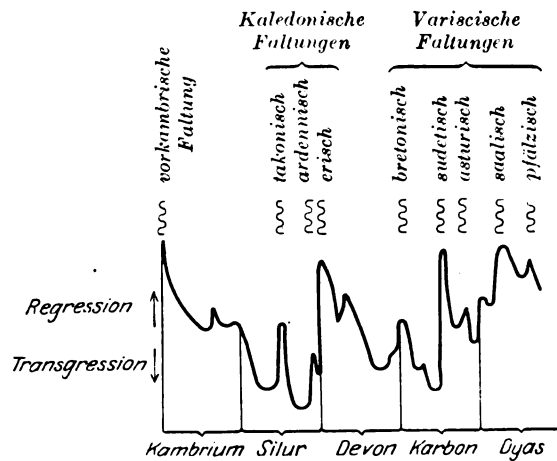


Fig. 8. Paläozoische Strandverschiebungen.

nach links und rechts, d. h. nach älteren und jüngeren geologischen Zeiten hin fortgesetzt werden. In Fig. 8 ist das Diagramm der *paläozoischen* Meeresbewegungen wiedergegeben, worin überdies — durch Wellenlinien — die Zeiten der Gebirgsbildung markiert sind. Man sieht, daß — in Übereinstimmung mit dem Gesetz von der *orogenen Hochbewegung* — die Zeitpunkte der Faltung mit großen allgemeinen Regressionen zusammentreffen. Aus der Figur entnimmt man, daß die Regressionen vorwiegend orogen, also kurzfristig, die Transgressionen vorwiegend epirogen („anorogen“), also lang andauernd sind: es sind nämlich die Kurvenminima, welche die Transgressionen andeuten, fast durchweg flach im Vergleich zu den fast durchweg steilen Regressionsmaxima. STILLE faßt das Ergebnis in den Satz: „Die allgemeinen Transgressionen sind Erscheinungen der anorogenen Zeiten, die allgemeinen Regressionen treten sowohl in anorogenen, wie auch in orogenen ein, in letzteren in ganz besonderem Ausmaße“ (l. c. S. 351).

Der Satz von der Universalität der Strandverschiebungen, speziell die Behauptung, daß in gewissen Zeiten nur Transgressionen, in anderen Zeiten nur Regressionen stattgefunden haben, steht in Gegensatz zu einem Gesetz, das der große französische Geologe EMILE HAUG im Jahre 1900 aufgestellt hat. Nach diesem Gesetz werden Transgressionen über Festlandgebiete kompensiert durch Regressionen in den Geosynklinalzonen und umgekehrt. Während also die *Haugsche Gleichzeitigkeitsregel* besagt, daß zu bestimmten Zeiten auf der ganzen Erde Trans- und Regressionen gleichzeitig auftreten, besagt die *Stillesche Gleichzeitigkeitsregel*, daß zu bestimmten Zeiten auf der ganzen Erde entweder nur Transgressionen oder nur Regressionen gleichzeitig auftreten. Hätte HAUG Recht, so würde natürlich ein Kanon der Strandverschiebungen unmöglich sein. Nach der Meinung STILLES hat aber HAUG „Vorgänge, die ungleichaltrig oder jedenfalls nicht als gleichaltrig nachweisbar sind, verglichen“ (l. c. S. 325). Die Auseinandersetzung mit HAUG ist in dem Abschnitt über die „Fehlerquellen in angeblichen Fällen der Bestätigung des HAUGschen Gesetzes“ enthalten. STILLE kommt zu dem Schluß, „daß bei genauer zeitlicher Analyse der in Frage kommenden Vorgänge die Behauptung nicht haltbar ist, das aus den Geosynklinalen durch Faltungsvorgänge verdrängte Wasser habe im Bereiche der Festlandsschwellen Transgressionen hervorgerufen“ (l. c. S. 345).

Am Schluß seines Werkes stellt STILLE neben sein „*orogenes Gleichzeitigkeitsgesetz*“ als Gegenstück die „*epirogene Gleichzeitigkeitsregel*“, welche folgendermaßen lautet: „*Die Veränderungen im Gang der epirogenen Bewegungen zeigen in den verschiedensten Erdgebieten erhebliche gleichzeitige Gleichsinnigkeiten*“ (l. c. S. 362). Unter „*Gleichsinnigkeit*“ ist zu verstehen, daß in den verschiedensten Erdgebieten gleichzeitig die Festlande aufwärts steigen und die Meeresräume (Geosynklinaten) sinken oder umgekehrt die Meeresräume aufsteigen und die Festlande sinken, wodurch im ersten Falle überall Regressionen, im zweiten Falle überall Transgressionen auftreten müssen. Fig. 9 versinnbildlicht den Regressionsfall, Fig. 10 den Transgressionsfall. In den Figuren

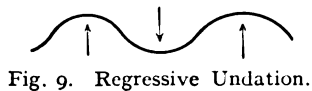


Fig. 9. Regressive Undation.



Fig. 10. Transgressive Undation.

bedeuten die Wellenberge die Festlande, die Wellentäler die Meeresräume (Geosynklinaten). Die Wellen sind, im Gegensatz zu den steilen Falten der Gebirge, „*weitgespannt*“, was für die obige Erklärung der Trans- und Regressionen wesentlich ist.

Diese, schon von DANA bemerkten „korrespon-

dierenden“ Auf- und Abwärtsbewegungen werden von H. STILLE als „*Undationen*“ bezeichnet. Die epirogene „*Undation*“ unterscheidet sich von der als „*Undulation*“ bezeichneten orogenen Faltenbildung durch die größere „*Wellenlänge*“ und geringere „*Amplitude*“.

Daß man tatsächlich die „*Meeresbewegungen als Ausdruck von Veränderungen im Undationsverlaufe*“ auffassen darf, ersieht man unter anderem aus folgender, von STILLE hervorgehobenen Tatsache: „Oft leiten kontinentale Ablagerungen eine transgredierende Schichtenfolge ein. Hier haben wir es also zunächst mit Senkungszone festländischer Art zu tun, in die bei weiterer Senkung das Meer eindringt. Bei den Transgressionen handelt es sich also nicht, wenigstens im allgemeinen nicht, um einfache Überflutungen der Festländer; vielmehr werden Räume, die bis dahin aufstiegen oder sich neutral verhielten, vorübergehend oder länger zu Senkungszone und wesentlich *dadurch* wird dem Meere das Vordringen ermöglicht“ (l. c. S. 360).

Die Universalität der Strandverschiebungen findet von diesem Standpunkt aus eine einfache Erklärung, wenn wir annehmen, daß die horizontalen Druckkräfte, die ja bei der Gebirgsbildung oder Undulation eine Rolle spielen, auch die Undationen erzeugen: „Anhaltender schwacher Druck vermag auch starrere Massen zu verbiegen, während diese auf mehr plötzlichen und starken Druck durch Zerbrechen reagieren. Der Faktor Zeit überwindet also die Starrheit der Gesteinsverbände. Ganz in diesem Sinne kommt es in den stabilen Erdgebieten, wenn überhaupt, zu Wellungen, doch im allgemeinen nur zu säkularen, als Reaktionen auf das langfristige Wirken des relativ schwachen (epirogenen) Druckes, während der Untergrund auf den episodischen starken Druck, wenn überhaupt, so durch Zerbrechen reagiert. Dagegen kommt es in den mobileren Erdgebieten zu Wellungen bei *beiderlei* Druckverhältnissen, und zwar bei langandauerndem und schwachem Drucke zu Großwellen (Undation), bei kurzfristigem und starkem zu den engen Wellen der Faltung (Undulation)“ (STILLE, l. c. S. 366). Sowohl die orogene Undulation als auch die epirogene Undation käme hiernach in der Weise zustande, wie wir das in Fig. 1 und 2 am Handtücherstoß studiert haben. Wir haben bei diesem Experiment speziell gesehen, daß die Falten steiler werden, wenn wir den Stoß stärker zusammendrücken (Regressionsfall), und daß mit abnehmendem Druck die Falten sich glätten (Transgressionsfall). So gelangt STILLE zu dem Satz: „*Der Kanon der Meeresbewegungen ist zugleich der Kanon der wechselnden Intensität des tangentialen Erddruckes*“ (l. c. S. 366). In dem universell wirkenden tangentialen Erddruck findet also STILLE die Erklärung für die Universalität der Strandverschiebungen.

Mit der Annahme, daß die Trans- und Regressionen durch Bewegungen der Erdkruste zu erklären seien, stellt sich die moderne vergleichende Tek-

tonik in Gegensatz zu ihrem großen Begründer. Bekanntlich hat EDUARD SUESS die Trans- und Regressionen durch Bewegungen der Wasserhülle zu erklären versucht: „SUESS hat als wesentliches Argument für seine Auffassung, daß die Meeresveränderungen nicht auf Bewegungen des Festen, d. h. wie er sagt, auf „örtlichen“ Verhältnissen, beruhen könnten, immer wieder die mehr allgemeine Verbreitung der Meeresbewegungen hervorgehoben.“ Und STILLE zitiert folgende Sätze aus dem „*Antlitz der Erde*“: „Man kann sich nicht erklären, daß in gewissen Teilen der Vereinigten Staaten und im mittleren Rußland dieselben Lücken in den Formationsfolgen auftreten. Die Lehre von den säkulären Bewegungen der Kontinente ist nicht geeignet, die wiederholten Überflutungen und Trockenlegungen des festen Landes zu erklären. Die Veränderungen sind viel zu ausgedehnt und viel zu gleichmäßig gewesen, als daß sie in Bewegungen des Erdfesten ihren Grund haben könnten“ (l. c. Bd. II, S. 698 und 684). Wie man aus den zitierten Worten von EDUARD SUESS ersieht, sind seinem genialen Blick die Tatsachen nicht entgangen, die zur Entdeckung der Universalität der Strandverschiebungen geführt haben.

Aber, wie STILLE hervorhebt: „Es ist bekannt, daß E. SUESS (*Antlitz der Erde*, III, 2, S. 723) von epigenen Vorgängen nicht viel wissen und sie höchstens als rein örtliche Vorkommen gelten lassen wollte; es bleibt schwer verständlich, wie der große Meister sich der Eindringlichkeit der Sprache hat verschließen können, die allein schon die mächtigen Sedimentmassen der Vorzeit hinsichtlich der ihre Entstehung begleitenden säkulären Bewegungen reden“ (l. c. S. 14). So sehen wir den Satz von der universellen Bedeutung der epigenen Bewegungen, der von ALBERT DE SAXE aufgestellt und von LEONARDO DA VINCI gegen die italienischen Geologen seiner Zeit verteidigt wurde, heute neuerdings im Mittelpunkt der wissenschaftlichen Diskussion.

Noch zu GOETHE'S Zeit hatte — bei dem damaligen Stand der Tektonik — der Vers

„Gebirgesmasse bleibt mir edel-stumm;
Ich frage nicht, woher? und nicht, warum?“

seine Berechtigung. Wir wissen heute das „Woher?“ und haben begründete Vermutungen über das „Warum?“ — dank den Forschungen der großen Tektoniker.

Neuere Arbeiten über die Vegetation der Moore¹⁾.

Von W. WANGERIN, Danzig-Langfuhr.

Die besondere Beachtung und Teilnahme, deren sich in neuerer Zeit bei uns wie anderwärts unter den heimischen Vegetationsformationen gerade die Moore zu erfreuen haben, findet ihre Erklärung in erster Linie darin, daß die Moore noch in einigermaßen befriedigender Weise ursprüngliche Verhältnisse bieten; denn die Vegetationskunde ist auf die primären, urwüchsigen Bestände angewiesen, in denen das natürliche Gleichgewicht noch nicht gestört ist, wenn sie die Beziehungen in der Gestaltung der Pflanzendecke zu den Faktoren der Umwelt klarlegen und die wesentlichen Züge der pflanzlichen Vergesellschaftung zutreffend erkennen und beurteilen will. Gerade in der Vegetation der

Moore, die überdies in dem Vorkommen von Glazialrelikten, von Arten des atlantischen Florenelementes u. dgl. m. vielfach Züge von besonderer Eigenart aufweist, treten solche Zusammenhänge in ganz besonders eindringlicher, aber freilich auch überaus komplizierter Weise entgegen, so daß ein voller Einblick in diese Verhältnisse noch längst nicht erreicht ist. Das gleiche gilt auch von den auf die Entwicklungsgeschichte der Bestände, die Sukzession der verschiedenen Moorpflanzenvereine bezüglichen Fragen. Auch bilden die in den Torflagern der Moore eingeschlossenen subfossilen Pflanzenreste die wichtigste Quelle für die Aufhellung des Ganges der nacheiszeitlichen Florenentwicklungsgeschichte. Aber die richtige Auswertung dieses Quellenmaterials hat eine genaue Kenntnis der Ökologie der Moorpflanzenvereine und der einzelnen an deren Zusammensetzung beteiligten Pflanzenarten zur unumgänglichen Voraussetzung. Das auch für die rein praktischen Fragen der Moorkultur enge Beziehungen zur wissenschaftlichen Moorforschung bestehen, bedarf keiner besonderen Erläuterung.

Die letzten Jahre haben wieder eine Anzahl von Arbeiten über die Vegetation der Moore gebracht, die manche wichtigen Beiträge zu allgemeineren, die Vegetationsverhältnisse der Moore betreffenden Fragen liefern. So hat STEFFEN die Quellmoore, d. h. die durch den Austritt von Quellen oder Sickerwasser gebildeten Moore in den ostpreußischen Kreisen Goldap (Rominter Heide), Oletzko und Angerburg (Borker Heide), Allenstein, Neidenburg und Osterode sowie in den westpreußischen Kreisen Stralsburg und Berent zum Gegenstand einer eingehenden Untersuchung gemacht. Es handelt sich hier um einen Moortypus, der zwar bezüglich des geologischen Aufbaues und der Entstehung in den Arbeiten von HESS v. WICHENDORFF und RANGE ausführlich be-

¹⁾ A. v. DEGEN, J. GÁYER und J. SCHEFFER, Die Flora des Detreköcsütörtöker Moores und des östlichen Teiles des Marchfeldes. Ungar. bot. Blätter 22, 1—116. 1923. — G. E. DU RIETZ und J. A. NANNFELDT, Ryggmossen und Stigsbo Rödmosse, die letzten lebenden Hochmoore der Gegend von Upsala. Svenska växtsociol. sällskapets handl. 3. 1925. — K. HUECK, Vegetationsstudien auf brandenburgischen Hochmooren. Beitr. z. Naturdenkmalpflege 10, 313 bis 408. 1925. — H. OSVALD, Die Vegetation des Hochmooses Komosse. Svenska växtsociol. sällskapets handl. 1. 1923. — K. MÜLLER, Das Wildseemoor bei Kaltenbronn im Schwarzwald. Karlsruhe 1924. — H. RABBOU, Beitrag zur Kenntnis der Vegetationsverhältnisse des Kieshofer Moores. Mitt. d. naturwiss. Ver. f. Neuvorpommern u. Rügen 50/51, 1—126. 1925. — G. SCHAAF, Hohenloher Moore, mit besonderer Berücksichtigung des Kupfermoors. Stuttgart 1925. — H. STEFFEN, 1. Zur weiteren Kenntnis der Quellmoore des Preußischen Landrückens mit hauptsächlichlicher Berücksichtigung ihrer Vegetation. Botan. Archiv 1, 261—313. 1922. 2. Die Quellmoore des Kreises Berent i. Westpr. Ebenda 2, 229—235. 1922.

handelt worden ist, der dagegen in botanischer Hinsicht bisher nur wenig genau bekannt war. In genetisch-topographischer Hinsicht lassen sich 4 Hauptarten von Quellmooren unterscheiden, nämlich

1. die Quellmoorkuppen, die aus einem oder seltener aus wenigen nahe beieinander liegenden Quellpunkten entstehen und mehr oder weniger scharf umgrenzt sind,
2. der Quellmoorhang, aus mehreren, mehr oder weniger voneinander entfernt liegenden Quellen entstehend,
3. das aus einem Wasser führenden Horizont ohne Beteiligung von Quellen entstehende Gehängemoor und
4. der aus mehreren Quellen seine Entstehung nehmende, nicht an einem geeigneten Hang gelegene Quellmoorsumpf.

Für alle diese Typen konnte die vorher nur für Quellmoorkuppen bekannte Tatsache bestätigt werden, daß in der Schichtenfolge, sofern diese eine etwas größere Mächtigkeit erreicht, stets neben Torf auch Kalktuff sowie eingeschlammtes Material (Ton und Sand) und Eisenocker in regellosem Wechsel auftreten. Die nahe liegende Frage, weshalb an vielen Quellen die Moorbildung ganz unterbleibt, wird in Bestätigung einer schon von POTONIÉ ausgesprochenen Vermutung dahin beantwortet, daß keine Quelle, deren Wasser mehr als 0,5% Sauerstoff enthält, Moorbildung veranlaßt und daß auch bei geringerem Sauerstoffgehalt eine solche unterbleibt, wenn ein Stagnieren des Wassers nicht möglich ist. In formationsbiologischer Hinsicht bleiben zwar die Pflanzengesellschaften der Quellmoore innerhalb des allgemeinen Rahmens der Moorvegetation, zeigen aber doch manche nicht unwesentlichen Unterschiede. Physiognomisch am auffälligsten ist der oft völlig übergangslose Wechsel der Bestände, so daß auf engem Raum oft 3 oder 4 scharf geschiedene Bestände nebeneinander vorkommen, während sonst gerade auf den Mooren die Übergänge sich allmählich und unter Ausbildung regelmäßiger Zonen vollziehen. Verf. erblickt die Ursache für diese Erscheinung in dem vielfachen Wechsel des Substrats, der sich nicht nur auf die chemische Beschaffenheit des Bodens, sondern auch auf die sehr verschiedene Durchtränkung mit Quellwasser erstreckt. Der Quellmoorökologie eigentümlich ist ferner die relative Kaltgründigkeit des Bodens, dessen Temperatur selbst an den trockensten Stellen des Quellmoors unter der eines benachbarten Flachmoors liegt. Allerdings gilt das nur für die Sommermonate; im zeitigen Frühjahr und Herbst bedingt die konstante Temperatur des Quellwassers eine höhere Temperatur des Quellmoorbodens. Dem Nährstoffreichtum des Quellwassers ist es zuzuschreiben, daß jene sommerliche Temperaturerniedrigung nicht in einer geringeren Stoffproduktion der Quellmoorvegetation zum Ausdruck kommt. Durch einige phänologische Beobachtungen (früheres Blühen bestimmter Pflanzenarten) konnte Verf. die im Frühjahr gegebene Begünstigung der Quellmoore bestätigen. — Endlich gibt es auch gewisse Pflanzengesellschaften, die ausschließlich auf Quellmooren vorkommen. Am meisten charakteristisch ist die „Formation der Quellpunkte“, schwierig oder überhaupt nicht betretbare Stellen, deren Vegetation in dem Sauerampfer (*Rumex acetosa*) und in dem Astmoos *Horpidium Kneiffii* bezeichnende Leitpflanzen besitzt. Auch die vom Fieberklee (*Menyanthes trifoliata*) und vom Sumpfschachtelhalm (*Equisetum palustre*) ausschließlich beherrschten Bestände stellen in dieser Erscheinungsform eine Sonderheit der Quellmoorvegetation dar. Die übrigen noch vorkommenden Asso-

ziationen, die teils zu den Schwing- und Standflachmoorwiesen, teils zum Erlennenmoor gehören, zeigen zwar auch gewisse eigene Züge, aber doch im großen und ganzen keine so scharf ausgeprägten Unterschiede im Vergleich mit den gewöhnlichen Typen. Bemerkenswert erscheint noch, daß Erlennenwuchs nur auf solchen Quellmooren vorkommt, die noch keinen Kalktuff abgesetzt haben, also einem jugendlichen Stadium entsprechen.

Im Rahmen einer eingehenden Schilderung eines seit 1921 zum Naturschutzgebiet erklärten Moores in der Nähe von Greifswald sieht sich RABOW vor die Frage nach den allgemeinen Bedingungen der *Hochmoorbildung* im norddeutschen Küstengebiet gestellt. Es handelt sich um die Erscheinung, daß jener in seiner Vegetationsdecke von den Torfmoosen absolut beherrschte Typus, für den POTONIÉ die vielleicht nicht unbedingt glückliche Bezeichnung „Seeklimahochmoor“ in Vorschlag gebracht hat, im nordwestlichen Deutschland einerseits und im mittleren und nördlichen Ostpreußen (und darüber hinaus auch noch im Ostbaltikum bis Finnland) andererseits in völlig typischer Entwicklung auftritt, während z. B. bereits im nordwestlichen Westpreußen und im angrenzenden Hinterpommern, worauf Ref. bereits früher hingewiesen hat, an Stelle jenes Typus ein zwar physiognomisch ähnlicher, aber doch durch das stärkere Zurücktreten der Sphagnen, die reichlichere Beteiligung von Heidesträuchern u. a. m. deutlich unterscheidener, vom Ref. als Heidemoor bezeichneter das Schlußglied in der natürlichen Moorentwicklung bildet. Auch in dem Kieshöfer Moor bei Greifswald stellen zu dem letzteren Typus gehörige Assoziationen die dem jetzigen örtlichen Klima entsprechenden Dauergesellschaften dar. Zweifellos handelt es sich hierbei um eine klimatisch bedingte Erscheinung, die mit dem Wasserhaushalt der Torfmoose in Beziehung stehen muß; denn die für die Entstehung der Seeklimahochmoore grundlegende Eigenschaft der Hochmoorsphagnen, auch unabhängig vom tellurischen Wasser ihre Bedürfnisse lediglich aus den atmosphärischen Niederschlägen decken zu können, kann naturgemäß nur bei Erfüllung entsprechender Bedingungen hinsichtlich der letzteren zur Geltung kommen. Ausschlaggebend ist dabei aber nicht die absolute Niederschlagshöhe, sondern die Bilanz zwischen Niederschlag einerseits und Abfluß und Verdunstung andererseits. Um diese Verhältnisse schärfer zu erfassen, führt Verf. einen Vergleich der für die Hochmoore wichtigen klimatischen Momente für Memel, Königsberg, Bremen, Lüneburg, Stettin und Greifswald durch. Allerdings gibt sich auch hierbei wieder der schon oft beklagte Übelstand zu erkennen, daß die in den meteorologischen Messungen vorliegenden Zahlen den Bedürfnissen der ökologischen Pflanzengeographie nur in sehr unvollkommener Weise entsprechen; immerhin aber gelingt es dem Verf., aus dem vorhandenen Material ein wenigstens in den Grundzügen wohl annähernd zutreffendes Bild zu gewinnen. Als Maßstab für die Verdunstungsgeschwindigkeit benutzt er mangels eines geeigneteren Wertes das Sättigungsdefizit und berechnet als „Wasserbilanzquotienten“ das Verhältnis der Niederschlagshöhe zum Sättigungsdefizit. Dieser Quotient ist am größten für Memel und Königsberg, in einigem Abstände folgt Bremen. Greifswald weist ein geringes Plus gegenüber Lüneburg auf, welches letzteres sich an der klimatischen Grenze der Existenzmöglichkeit für Hochmoore befindet. Da der Wasserbilanzquotient aus Mittelwerten berechnet ist, für das Gedeihen der Hochmoore aber auch eine gewisse

Regelmäßigkeit der Befeuchtung als notwendig gelten darf, so berechnet Verf. ferner den „Schwankungskoeffizienten“ zwischen dem Mittelwert der jährlichen Niederschläge und dem Unterschied zwischen Maximum und Minimum der aufeinander folgenden Jahre; auch hier steht Memel besonders günstig da, während Stettin einen besonders hohen Schwankungskoeffizienten aufweist. Die übrigen Zahlen stimmen nicht eindeutig mit der Hochmoorverteilung überein, was vielleicht auch mit der Kürze der verfügbaren Beobachtungszeiten zusammenhängt. — Eine gute Übereinstimmung ergibt sich dagegen wieder bezüglich der Regenhäufigkeit, ausgedrückt durch die Zahl der jährlichen Regentage mit mindestens 1 mm Niederschlag, und teilweise auch bezüglich des „Niederschlagsausgleichsquotienten“ (Zahl der Regentage, dividiert durch den Schwankungskoeffizienten), zu dessen Berechnung sich Verf. durch die Überlegung veranlaßt sieht, daß die Wasserversorgung der Hochmoore sich um so günstiger gestaltet, je größer die Zahl der Regentage und je kleiner der Schwankungsquotient ist. Entsprechende Berechnungen werden dann ferner für die Monatsmittel durchgeführt; dabei ergibt sich z. B. bezüglich des Wasserbilanzquotienten, daß die Mooregenden sich nicht etwa in allen Monaten durch einen besonders hohen Wert desselben auszeichnen, sondern daß die Verschiedenheit sich vor allem in der Länge der Zeit geltend macht, über die sich eine Ungunsterperiode erstreckt. Einen Faktor von erheblicher Bedeutung stellen auch die Windverhältnisse dar. Ein für die Monate mit hohem Sättigungsdefizit (Juni bis August) durchgeführter Vergleich von Greifswald und Memel ergibt zwar keinen großen Unterschied in der Häufigkeit von Südwest-, West- und Nordwestwinden, doch besteht in der Wirkung dieser Winde eine bedeutende Differenz, da es sich für Memel um Seewinde handelt, welche für solche Formationen, die auf große Feuchtigkeit angewiesen sind, ungleich günstiger sind als Landwinde, während für Greifswald die Nähe der Ostsee in dieser Beziehung nur von untergeordneter Bedeutung ist. Im ganzen ergibt sich also, daß das Klima von Greifswald für die Hochmoorbildung wesentlich weniger günstig ist als das von Memel und sich hinsichtlich seiner Wasserbilanz den Grenzbedingungen der Existenzmöglichkeit von Hochmooren nähert.

Eine monographische Behandlung eines einzelnen Moores stellt auch die Arbeit von MÜLLER über das *Wildseemoor bei Kaltenbrunn* im Schwarzwald dar. Auch in dieser ist den ökologischen Verhältnissen ein größerer Abschnitt gewidmet, in welchem neben den Ausführungen über die Humussäure als eine Grundbedingung für das Zustandekommen eines Hochmoores, ferner über den Sauerstoffmangel und die Nährstoffarmut sowie die ernährungsphysiologische Bedeutung der symbiotischen Wurzelpilze (Mykorrhiza) namentlich die Ergebnisse der vom Verf. ausgeführten Temperaturmessungen interessieren. Verf. hat hierbei die Temperaturen verschiedener Moortiefen zu verschiedenen Jahreszeiten während mehrerer Jahre bestimmt, und zwar bis zu einer Tiefe von 30 cm als derjenigen, in der sich die Wurzeln der meisten Hochmoorpflanzen ausbreiten; daneben wurde auch die Temperatur der Erdoberfläche und die Lufttemperatur festgestellt. Wie zu erwarten, ergab sich zunächst eine Differenz zwischen der Bodenwärme des Moosmoores und des benachbarten nicht vermoorten (Sand- und Wald-) Bodens zugunsten des letzteren; diese Differenz, die ja auch in der um mehrere Wochen späteren Vegetationsentwicklung im Hochmoor sichtbaren Ausdruck

findet, ist im Frühjahr am größten, gegen den Sommer hin werden die Unterschiede geringer, und im Herbst kann sogar eine Umkehrung eintreten, weil das Hochmoor die aufgesaugte Wärme langsamer abgibt als der besser leitende Humus- und Sandboden. Bisheriger Vorstellungen zufolge soll der Hochmoorboden bis weit in das Frühjahr hinein gefroren sein, selbst noch zu einer Zeit, wo bereits einzelne Pflanzen wie z. B. die Rasenbinse (*Scirpus caespitosus*) und das einährige Wollgras (*Eriophorum vaginatum*) austreiben und blühen. Der Verf. jedoch stellt fest, daß unter einer Sphagnumdecke schon in einer Tiefe von 20 cm die Temperatur niemals bis auf 0° sinkt, der Frost also in das lebende Hochmoor nur wenig eindringt, während toter Torfboden sich allerdings wesentlich anders verhält. Das Wachstum jener Pflanzen setzt nach den Messungen des Verf.s erst ein bei einer Temperatur des Bodens in 20 cm Tiefe von etwa 8°, und für die Xeromorphie jener Pflanzen ist nicht, wie es die Auffassung von WEBER und MONTFORT wollte, das Gefrorensein des Bodens verantwortlich zu machen, sondern die Hemmung der Wurzeltätigkeit durch die immerhin noch niedrige Temperatur des Moores, während andererseits die oberirdischen Organe infolge der dort herrschenden Temperatur (am 20. Mai 37°) stark transpirieren. Die in 20 cm Tiefe gefundene Maximaltemperatur betrug 14,6°; das Bodenklima ist also wesentlich kälter, als es bei einer Höhenlage des Wildseemoores von 900 m sein sollte. Was die Oberflächentemperaturen angeht, so ergeben sich erhebliche Differenzen nicht nur zwischen Tag und Nacht, sondern auch innerhalb weniger Stunden je nach der Wirkung des Sonnenscheins, was ohne Zweifel für die Ökologie der moorbewohnenden Pflanzen ebenfalls von Wichtigkeit ist. Das kommt z. B. in der Verschiedenheit der Blattform des Moorrosmarins (*Andromeda polifolia*) zum Ausdruck, der in der ungeschützten Torfmoosdecke viel schmalere und am Rande stark eingerollte Blätter entwickelt, im Schatten der Legföhren dagegen bedeutend breitere. Das Wildseemoor stellt eine verhältnismäßig junge — der größten festgestellten Torftiefe von 2,50 m dürfte ein Alter von etwa 1500 Jahren entsprechen — Bildung dar. Der große und der kleine Wildsee sind nicht etwa Reste eines einstigen größeren Sees, an dessen Ufern die Hochmoorbildung begonnen und zu einer fortschreitenden Verlandung geführt hätte, sondern es handelt sich bei ihnen um typische, erst auf der Torfmoorfläche entstandene Hochmoorteiche. Seinem Vegetationscharakter nach ist das Wildseemoor ohne Zweifel den Seeklimahochmooren zuzurechnen, wie es seiner Lage in einem regenreichen, atlantischen Klima und dem raschen Zuwachs des lockeren, unzersetzten Torfes und dem vollkommenen Fehlen aller nichttypischen Hochmoorpflanzen entspricht; zusammen mit einigen anderen Plateaumoores der Kaltenbronner Gegend stellt es allerdings nach Meinung des Verf.s einen besonderen, sonst in Deutschland nicht mehr vertretenen Typus der Seeklimahochmoore dar. Aber auch wenn man diese Sonderstellung nicht als eine so scharf ausgeprägte anzusehen geneigt ist, wird man doch dem Wunsche und den Bestrebungen des Verf.s, das Wildseemoor in seinem natürlichen Zustande als Naturdenkmal dauernd zu erhalten, nur aus vollem Herzen uneingeschränkten Erfolg wünschen können.

Von den Arbeiten, in denen die Beschreibung der gegenwärtigen Vegetation der betreffenden Moore im Vordergrund steht, sei zunächst die umfangreiche *Monographie des Hochmoores Komosse* in Südschweden von OSVALD erwähnt, auf die von allgemeineren pflanzen-

soziologischen Gesichtspunkten aus bereits bei anderer Gelegenheit (vgl. diese Zeitschr. 12, 845, 1924) einmal hingewiesen wurde. An die Beschreibung der zahlreichen vom Verf. unterschiedenen Assoziationen, welche mehr als die Hälfte der Arbeit ausfüllt, schließt sich die Behandlung der Assoziationskomplexe, d. h. der als selbständige pflanzengeographische Einheiten in der Natur auftretenden Vereinigungen von mehreren Assoziationen. Die mosaikartige Mischung verschiedenartiger Pflanzengesellschaften ist ja eine gerade für die größeren Hochmoore überaus bezeichnende, schon lange bekannte Erscheinung; Verf. faßt allerdings den Komplexbegriff enger, als es wohl im allgemeinen geschehen ist, indem für ihn nicht die Assoziationen des Hochmoores einen einzigen großen Komplex bilden, sondern immer nur diejenigen als ein solcher zusammengefaßt werden, die in einer Sukzessionsreihe miteinander verbunden sind. So werden im ganzen 8 Assoziationskomplexe unterschieden, von denen der Regenerationskomplex (Entwicklung von Schlenken über *Eriophorum vaginatum*-Sphagnum magellanicum-Assoziationen und *Calluna*-Sph.-mag.-Assoziationen zu einer *Calluna*-Flechtenheide, welche letztere als nicht torfbildende Gesellschaft infolge des Höhenwachstums der benachbarten Partien ertrinkt und so wieder zur Schlenkenbildung zurückführt) der wichtigste ist; größere Bedeutung besitzen daneben noch der Randkomplex, der Stillstandskomplex (aus Assoziationen mit nur unbedeutender Torfbildung aufgebaut, andererseits aber auch keiner erheblichen Erosion ausgesetzt) und der Erosionskomplex (Erosion der Hochmoorfläche durch abfließendes Wasser). Das Hauptgewicht auch bei der Behandlung der Komplexe legt Verf. auf die quantitativen Verhältnisse; die nötigen Unterlagen für die Berechnung des prozentualen Anteils der verschiedenen Assoziationen liefert ihm die Methode der Linientaxierung, welche darauf beruht, daß aus der Zusammensetzung der Vegetation längs eines Systems von parallelen, in einem gewissen Abstand voneinander abgesteckten Linien auf die Zusammensetzung der ganzen Fläche geschlossen wird. Unter Benützung der so gewonnenen Vegetationseinheiten liefert Verf. dann eine Schilderung der Vegetation des ganzen etwa 4500–5000 ha großen Moores, wobei der zahlreichen ausgezeichneten Vegetationsbilder der auch in dieser Hinsicht vorzüglich ausgestatteten Arbeit besonders gedacht sei. Ein Schlußkapitel behandelt dann noch die regionale Verbreitung der Hochmoortypen, wobei Verf. zwar Schweden am eingehendsten behandelt, seine Übersicht jedoch über die gesamte Erde ausdehnt. Als klimatische Bedingungen für die Entwicklung von Hochmooren bezeichnet er dabei ziemlich reichliche Niederschläge, kalte Sommer und Fehlen extrem niedriger Wintertemperaturen, und er gelangt ferner zu einer Einteilung der Hochmoore in 3 Hauptgruppen, von denen der ausgeprägt maritime Typus durch die geringe Rolle, die die Torfmoose in ihm spielen, und das Fehlen der Schlenkenbildung gekennzeichnet ist. Im zweiten Typus sind die Torfmoose in der Bodenschicht tonangebend, mehr oder minder schlenkenreiche Komplexe besitzen eine große Verbreitung und in dem seiner Verbreitung in Europa nach östlichen Typus endlich bergen sich die Sphagnen unter hochwüchsigen Zwergsträuchern und ein lichter Baumbestand von Kiefern gelangt zur Ausbildung. Das Komosse gehört der westlichen Unterabteilung des zweiten, die eigentlichen Hochmoore umfassenden Typus an; als sein Endstadium wird ein Vegetationstypus bezeichnet, in dem flechtenreiche Zwergstrauchheiden dominieren.

Im Hinblick gerade auf diese im letzten Kapitel der OSVALDSchen Arbeit behandelten Verhältnisse bedeutet die Arbeit von DU RIETZ und NANNFELDT eine interessante Ergänzung, indem hier in dem Ryggmossen ein charakteristisches Beispiel für den *ostschwedischen Hochmoortypus* genauer beschrieben wird; das außerdem noch behandelte Stigsbo Rödmosse bildet den Übergang zum Typus der kleineren Hochmoore der Upsalaer Gegend, die im allgemeinen zu Waldhochmooren (sphagnumreicher *Ledum*-Kiefernwald, eine auch im ostdeutschen Flachland eine wichtige Rolle spielende Assoziation) entwickelt sind und höchstens im Zentrum eine kleine baumfreie Fläche aufweisen.

In engem Anschluß an die soziologischen Auffassungen der schwedischen Autoren, vor allem hinsichtlich der engen Fassung des Assoziationsbegriffs und der Untersuchungsmethodik (Konstantenbestimmung durch statistische Aufnahmen von quadratischen Probeflächen) hat HUECK eine Anzahl von *brandenburgischen Hochmooren* untersucht. Allerdings wird die Bezeichnung „Hochmoor“ hierbei in einem wesentlich anderen Sinne gebraucht als in den im vorstehenden besprochenen Arbeiten; Verf. versteht darunter nämlich alle die Assoziationen, deren Bodendecke aus Sphagnen besteht, wobei von den von PAUL als typische Hochmoorsphagnen bezeichneten Arten für das Untersuchungsgebiet des Verf.s im wesentlichen nur *Sph. cuspidatum* und *Sph. recurvum* in Betracht kommen. Bei dieser Fassung wird also die dem Terminus ursprünglich zugrundeliegende Beziehung auf eine gewisse Geländeform wie auch der Gesichtspunkt, daß es sich bei den eigentlichen Hochmooren um bestimmt charakterisierte Assoziationskomplexe handelt, ganz in den Hintergrund gedrängt, und maßgebend bleibt nur die Vorherrschaft bestimmter Torfmoosarten im Verein mit gewissen ökologischen Charakteren (Nährstoffarmut, geringe Zahl der vorkommenden Pflanzenarten). Es wäre ohne Zweifel wünschenswert, daß die pflanzliche Formationslehre zu einer eindeutigen Festlegung des Gebrauches solcher Termini gelangte, und es ist bedauerlich, daß auch PORONIĆ die Klarheit und Bestimmtheit, durch die seine Terminologie der Moor- und Torfbildungen sich sonst auszeichnet, in diesem Punkte etwas vermissen läßt. Im Untersuchungsgebiet des Verf.s kommen jene Hochmoorassoziationen fast nur als Schwingrasen an Ufern verlandender Seen vor, nur wenige finden sich auch auf festem Moorboden entwickelt; neben ihnen behandelt Verf. ferner noch gewisse Waldtypen, die zwar zum Teil keine zusammenhängende Torfmoosdecke mehr besitzen, die genetisch aber mit den ersten verknüpft sind. Der Entwicklungsgang vollzieht sich nämlich in der Weise, daß die fortschreitende Verlandung schließlich zu einer *Eriophorum vaginatum*-Sphagnum *recurvum*-Assoziation führt, die durch Ansiedlung von Bäumen allmählich in einen nassen Wollgras-Kiefern- bzw. Birkenwald übergeht, der seinerseits endlich sich in einen trockenen Heidelbeer-Birkenwald auf Torfboden umwandelt. Wie hieraus hervorgeht, sind die klimatischen Verhältnisse des Gebietes nicht dazu angetan, das Aufkommen eines freien supraaquatischen Sphagnetums zu gestatten; je mehr daher infolge der mit dem Alter des Verlandungsmoores zunehmenden Torfanhäufung und Bodenbefestigung die Möglichkeit einer infraaquatischen Lebensweise sich verringert, gehen auch die Torfmoose in ihrem Gedeihen zurück. Wenn Verf. diesen Typus als Landklimahochmoor bezeichnet und hierbei gegen PORONIĆ polemisiert, der Bestände von Heidelsträuchern als wesentliches Merkmal

der Landklimahochmoore bezeichnet, während dem Verf. gerade das Fehlen der typischen Heidemoorgesellschaften als wichtiges Charakteristicum der brandenburgischen Landklimahochmoore erscheint, so ist Ref. allerdings der Ansicht, daß PORONIÉ wohl doch etwas anderes im Sinne hatte und nicht an die infraaquatischen Hochmoore gedacht hat, sondern an Moorbildungen, wie sie dem dritten der von OSVALD unterschiedenen Hochmoortypen entsprechen und z. B. durch das von TESSENDORFF aus der Gegend der Schtschara beschriebene Chamaedaphne-Hochmoor repräsentiert werden; am besten wäre es wohl, den wenig glücklichen Terminus „Landklimahochmoor“ ganz fallen zu lassen.

Mehr nach der pflanzengeographischen und florengegeschichtlichen Seite hin vertieft ist die Studie von G. SCHAAF über die *Hohenloher Moore*, von denen besonders das in der Nähe von Hall gelegene Kupfermoor eingehend behandelt wird. Abseits der großen Mooregebiete gelegen, bilden die fraglichen Moore, die hauptsächlich in den Schichten des unteren und mittleren Gipskeupers auftreten und sich als in Gipsdolenen zur Ausbildung gelangte Moorkessel darstellen, die Vermittlung zwischen den Mooren des Schwarzwaldes und Oberschwabens einerseits und denen des bayerischen Keupergebietes andererseits; sie sind an die montane Stufe der Landschaft gebunden und liegen im Gebiet oder an den Grenzen des Nadelwaldes. Die Moorbecken werden durch Oberflächen- und zum Teil durch Quellwasser gespeist; dabei bietet das Kupfermoor die eigentümliche Erscheinung, daß die vertiefte Mitte nicht, wie man nach der Wasserführung erwarten sollte, ein Flachmoor, sondern ein Übergangsmoor ist und einen Schwingrasen trägt, in dem u. a. die Moosbeere und einige Hochmoorphagarten wachsen, was mit der Nährstoffarmut des Oberflächenwassers und der schon von PAUL festgestellten Unempfindlichkeit der Torfmoose gegen Gips zusammenhängt; ein besonders merkwürdiges Verhalten bietet die Blasenbinse (*Scheuchzeria palustris*), die, sonst in der Regel eine Charakterpflanze besonders schwammiger Sphagneten, hier auf Letten wächst, welcher den bei der Verdunstung sich ergebenden Rückstand darstellt, und sogar trockene Jahrgänge gut übersteht. Zur Lösung des Problems der Einwanderung der Florenelemente in die isolierten Moore hat Verf. eine zum Teil auch durch die pollenanalytische Methode vertiefte Untersuchung einer Anzahl von durch Bohrung erschlossenen Profilen vorgenommen und ist dabei zu Ergebnissen gelangt, die sich mit dem BLYTT-SERNANDERSchen Schema der nacheiszeitlichen Klimaentwicklung gut in Einklang bringen lassen, und die sich auch gut in das bisherige, insbesondere aus den Untersuchungen von BERTSCH und STARK für Südwestdeutschland gewonnene Bild einfügen. In den tiefsten, der borealen Zeit entsprechenden Schichten sind schon Kiefer (daneben auch die Bergkiefer) und Eiche vor-

handen, und es wandern dann Linde und Erle ein; in der atlantischen Zeit erfolgt die Ablösung des Eichenmischwaldes durch die Buche sowie die Einwanderung von Fichte und Tanne. In dieser Zeit halten auch *Scheuchzeria* und die Moosbeere (*Vaccinium oxycoccos*) ihren Einzug, und es wird so für diese Arten weit eher eine schrittweise Wanderung wahrscheinlich als eine sprungweise, wie man sie nach den heutigen Vorkommnissen vermuten würde; auch ist die Tatsache von Interesse, daß sich fossil eine Anzahl von Pflanzen (außer der Bergkiefer z. B. noch *Eriophorum vaginatum*, *Scirpus caespitosus*, *Carex chordorrhiza*, *Cladium mariscus*) nachweisen ließen, die heute auf dem Moor und in seiner näheren Umgebung infolge der ständörtlichen Verhältnisse verschwunden sind.

Endlich sei noch kurz der Vegetationsschilderungen gedacht, welche die Arbeit von DEGEN, GÄYER und SCHEFFER aus dem botanisch überaus interessanten Gelände bringt, das sich zwischen dem nordwestlichen Abhänge der Kleinen Karpathen und dem Flußbette der March ausbreitet. Sandfelder wechseln hier ab mit ausgedehnten, allerdings durch künstliche Aufforstung entstandenen Kiefernwäldern; Stümpfe, Erlenbrüche und Moore teilen den Platz mit Kulturflächen und Wiesen sowie mit den Ufernwäldern und Weidenauen des Marchufers. Während die Moore der ungarischen Tiefebene sich sämtlich als Wiesenmoore darstellen und kaum charakteristische Pflanzenarten aufzuweisen haben, die nicht auch in anderen Formationen vorkommen, treten auf dem Moor von *Detrekő-Csütörtök* wie auch auf anderen Mooren des Gebietes hochmoorartige Anflüge auf, die in Begleitung einer Anzahl von Sphagnumarten z. B. auch *Eriophorum vaginatum*, *Drosera rotundifolia* (Sonnentau), *Vaccinium oxycoccos*, *Rhynchospora alba* und *Lycopodium inundatum* enthalten. Wenn Ref. auch die Auffassung der Verff., es seien diese Moore den echten Hochmooren als biologisch gleichwertig zu betrachten, nicht zu teilen vermag, so bietet doch das Auftreten einer solchen entschieden nördlich getönten Pflanzengesellschaft in jener Gegend in unmittelbarer Nachbarschaft von Steppenpflanzen pflanzengeographisch großes Interesse. Es handelt sich hier um eine klimatische Anomalie, welche auch paradox erscheinende Pflanzenverbreitungen hervorruft, und die vor allem in der Anwesenheit größerer Wassermengen begründet liegt, wodurch das lokale Klima wie die Bodenbeschaffenheit beeinflußt werden. Der österreichische Anteil des Marchfeldes ist dagegen, wie aus dem Vorkommen einer viel größeren Zahl von südöstlichen Arten sowohl als auch von Halophyten hervorgeht, bedeutend trockener, was damit zusammenhängt, daß er nicht wie der ungarische am Fuße einer Bergkette liegt und infolgedessen nicht nur dem bodendurchfeuchtenden Einflüsse der vom Gebirge kommenden Wasserläufe entrückt ist, sondern auch noch eine Entziehung von Bodenfeuchtigkeit durch das Flußbett der March erleidet.

Besprechungen.

SCHLICK, MORITZ, *Allgemeine Erkenntnislehre*. (Naturwissenschaftliche Monographien und Lehrbücher, I. Bd.) Zweite Auflage. Berlin: Julius Springer 1925. X, 376 S. 17 × 24 cm. Preis geh. RM 18.—, geb. RM 19.20.

Die erste Auflage des Buches ist im Jahrgang 1920 der „Naturwissenschaften“ (I. ff.) von TH. ZIEHEN ausführlich gewürdigt worden. Für die neue Auflage hat der Verfasser, um dem Buche seinen bisherigen Platz in der philosophischen Literatur zu wahren, seinen

Wissen durchgreifender Umgestaltung zurückgestellt und sich auf eine Revision im einzelnen beschränkt. Das ist durchaus zu begrüßen, denn gerade in seiner jetzigen Form erfüllt das Buch in glänzender Weise zwei Aufgaben, die für die Gegenwart nirgendwo sonst gelöst sind: erstens den nachdenklichen Jünger der Naturforschung tief in die philosophischen Grund- und Grenzfragen seiner Wissenschaft hineinzuführen, ohne ihn gleich anfangs schwer zu belasten, zweitens dem Philosophen die Stimme der Naturforschung klar

und nachdrücklich vernehmbar zu machen und ihn so zu ernsthafter Auseinandersetzung mit ihr anzuhalten. Daß diese Aufgaben gerade heute so dringend wie je sind, ist keine Frage.

Ich führe im folgenden kurz die wichtigsten Verbesserungen der neuen Auflage an. Um die Grundauffassung des Buches, daß alle Wirklichkeitserkenntnisse entweder Definitionen oder Hypothesen sind, von Anfang an deutlicher hervorzuheben, ist der § 11 (über Definitionen, Konventionen und Erfahrungsurteile) großenteils neu eingefügt worden. Die Kritik der Immanenzgedanken ist übersichtlicher disponiert und durch eine längere Auseinandersetzung mit B. RUSSELLS Standpunkt¹⁾ erweitert worden (188ff.). Auch die Untersuchung der Subjektivität von Zeit, Raum und Sinnesqualitäten hat eine übersichtlichere Form erhalten. Besonders hervorzuheben sind die neuen Darlegungen zum psychophysischen Problem, darunter ein Erläuterungsbeispiel (285ff.), das hier angedeutet sei. Betrachtet ein Individuum A etwa eine Blume, so entspricht diesem Wahrnehmungserlebnis nach gewöhnlicher Auffassung ein bestimmter Prozeß in seinem Hirn, der während seines Ablaufes prinzipiell durch ein zweites Individuum B beobachtet werden könnte. Nach der Annahme von SCHLICK aber ist dieser Prozeß an sich gar nichts anderes als das Wahrnehmungserlebnis von A selber, sofern es durch naturwissenschaftliche Begriffe *bezeichnet* ist, und von *diesen Begriffen* würde B eine anschauliche Repräsentation erleben, wenn die erwähnte Beobachtung zustande käme — was im naturwissenschaftlichen Sinne wieder als ein Prozeß im Hirn von B zu bezeichnen wäre. Statt des gewöhnlichen psychophysischen Parallelismus tritt somit SCHLICK einen „Parallelismus der Bezeichnungsweisen“ und sucht auf diese Art das individuelle Bewußtseinsleben unmittelbar *als solches* in den kausal geschlossenen Naturlauf hereinzunehmen. Dieser Naturlauf ist nach SCHLICK also nicht im gewöhnlichen Sinne „materiell“, sondern vielmehr ein Zusammenhang mannigfaltigster Qualitäten. Von diesen Qualitäten sind uns die subjektiven, psychisch erlebten unmittelbar *bekannt*, die objektiven, d. h. außerpsychischen nicht; *erkannt* aber wird der gesamte Qualitätenzusammenhang schließlich nur, indem die Naturwissenschaft ihm fortschreitend das abstrakte System ihrer quantitativen Begriffe zuordnet, und sofern dies nirgendwo als unmöglich angenommen wird, gilt der ganze Zusammenhang als „*physisch*“. Erkenntnis vom Psychischen gibt also hiernach letzten Endes nur die Hirnphysiologie. Zur Erläuterung verweist SCHLICK noch auf die neueren Ansätze der Gestalttheorie, welche die Hirnprozesse entsprechend den Gestalteeigenschaften des psychischen Geschehens zu konstruieren sucht, und mit besonderer Befriedigung stellt er fest, daß W. KÖHLERS Ansicht über das psychophysische Problem von seiner eigenen nicht abzuweichen scheint (292f.).

Auch die neueren Fragen zur arithmetischen Erkenntnis, die besonders durch RUSSELLS und HILBERTS Forschungen bestimmt sind, ordnen sich der Auffassungsweise SCHLICKS ganz natürlich ein (320f.); einer eingehenden Erörterung dieser Fragen, die er hier in Aussicht stellt, wird man voller Erwartung entgegensehen. Ebenso erwünscht aber wäre es auch, wenn SCHLICK uns einmal eine besondere Untersuchung des induktiven Erkennens schenken würde, das in der neuen Auflage des vorliegenden Buches noch kürzer als in der ersten behandelt worden ist. Gerade eine solche

Untersuchung dürfte geeignet sein, die allgemeine „semiotische“ Auffassung der Naturerkenntnis, wie sie das vorliegende Buch vertritt, an durchgeführten Beispielen näher zu präzisieren und so ihre Brauchbarkeit für speziellere Forschung noch zu erhöhen — unabhängig davon, welche Einwände man im übrigen dagegen erheben mag. KARL GERHARDS, Aachen.

HÖNIGSWALD, R., *Die Grundlagen der Denkpsychologie*. Studien und Analysen. Zweite, umgearbeitete Auflage. Leipzig und Berlin: B. G. Teubner 1925. VIII, 416 S. Preis RM 17.—.

Die sechs Arbeiten, die das Buch vereinigt, handeln der Reihe nach über das sog. Verlieren des Fadens (beim Versuch, gedankliche Zusammenhänge zu erfassen), über die Frage, ob Psychisches zählbar sei, über Begriff und Möglichkeit des Psychologismus (jener philosophischen Lehre, die alle Erkenntnis- und Wertgeltung aus dem faktischen psychischen Geschehen und seiner Gesetzmäßigkeit ableiten will), über Inhalt und Gegenstand, Gestalt und Bedeutung als denkpsychologische Grundbegriffe, über die Struktur des geordneten Denkens, endlich über die Stellung der Psychologie im System der Wissenschaften. An ältere Vorläufer der Denkpsychologie (BOLZANO, BRENTANO) anknüpfend, geht HÖNIGSWALD von der sog. Intentionalität des Psychischen aus und verbindet sie mit neukantianischer Geltungsphilosophie. „Ich“ bin „meinend“ auf etwas gerichtet, das irgendwie „bestimmt“ ist und mit allem anderen, das ich überhaupt „meinen“ kann, in der Einheit irgend eines „Sinnes“ zusammenhängt — dies ist nach ihm die Grundbeziehung, die jedes psychische Verhalten ursprünglich und endgültig charakterisiert. Von hier aus schreitet er zu der These fort, Psychologie sei als Denkpsychologie im weitesten Sinne, d. h. als Wissenschaft vom „Meinen“, nicht eigentlich Einzel-, sondern vielmehr philosophische Prinzipienwissenschaft. „Prinzipienwissenschaft sein aber bedeutet Wissenschaft sein nicht sowohl vom Gültigen oder Gelten-Sollenden, als vielmehr von Sinn und Begriff der Geltung, des Gelten-Wollens und Gelten-Sollens selbst. Auch Psychologie also ist Wissenschaft von der Geltung, nämlich Wissenschaft von dem in jedem Geltungsanspruch sich verwirklichenden Ich-Bezug. Geltung aber bedeutet Bestimmtheit“ (391). Diese philosophische These suchen die einzelnen Abhandlungen je von ihrem besonderen Gesichtspunkt aus zu entwickeln, und zwar durch Vergegenwärtigung und Analyse der begrifflichen Bedeutungen und Bedeutungszusammenhänge, in denen sich die vorhin erwähnte Intentionalität des Psychischen ausdrückt. Dabei ist die konkrete denkpsychologische Forschung der Gegenwart aber nur in ihren älteren Ansätzen berücksichtigt, und zwar nur zur gelegentlichen Erläuterung jener allgemeinen begrifflichen Zusammenhänge, auf die es HÖNIGSWALD ankommt; die neueren Untersuchungen von SELZ¹⁾ z. B. und sämtliche Arbeiten der Gestaltpsychologen bleiben außer Betracht. So gibt das Buch keinen nahen Einblick in die Impulse und Leitgedanken, die heute in der konkreten Forschung aktiv sind, wohl dagegen in einen Teil jener Problematik, welche die

¹⁾ Sein Buch „Unser Wissen von der Außenwelt“ ist jetzt ins Deutsche übersetzt.

¹⁾ Vgl. dazu den Bericht des Referenten im vorigen Jahrgang der Naturwissenschaften (S. 471ff., 500ff.). Auf einen Satz dieses Berichtes, der sich gegen BENARY wendete, hat dieser im selben Jahrgang (S. 699) erwidert; Ref. darf vielleicht die gegenwärtige Gelegenheit benutzen, um auf SELZ' eigene Ausführungen im laufenden Jahrgang der „Zeitschrift für Psychologie“ (S. 160ff.) hinzuweisen.

Denkpsychologie von der Philosophie überkam, als sie sich in den letzten Jahrzehnten aus dieser herauslöste und auf eigene Füße stellte. Daß diese Problematik der jungen Wissenschaft in ihrem Kampf gegen die sensualistische Assoziationspsychologie gute Dienste leistete, ist unzweifelhaft und tritt auch bei HÖNIGSWALD noch einmal klar hervor. Aber die Zeit, da man es aus Gründen der Wissenschaftlichkeit verbieten wollte, an einem Denkerlebnis noch etwas anderes als die dabei auftretenden Empfindungen und Vorstellungen zu beobachten, ist jetzt doch endgültig vorbei: selbständig schreitet die Denkpsychologie in ihrer eigenen Verifikationssphäre vorwärts, indem ihre Theorie und ihre Empirie in jener charakteristischen Weise ineinandergreifen und sich gegenseitig weiter treiben, wie es früher nur in der Naturforschung verwirklicht war. Und daher dürften ihr nun die Ausführungen HÖNIGSWALDS — von anderem abgesehen — mindestens als sehr *unbestimmt* erscheinen. KARL GERHARDS, Aachen.

MACH, ERNST, **Erkenntnis und Irrtum**. Skizzen zur Psychologie der Forschung. Fünfte mit der vierten übereinstimmende Auflage. Leipzig: Johann Ambrosius Barth 1926. X, 476 S. und 35 Abbild. im Text. 16 × 23 cm. Preis geh. RM 12.—, geb. RM 14.70.

Diese Auflage, die dritte seit dem Tode des Autors, erscheint wieder als unveränderter Abdruck der Ausgabe letzter Hand, in welcher nur einzelne sinnstörende Fehler behoben wurden.

Obwohl mancherlei mir zugegangene Schriften und Briefe Vorschläge und wertvolles Material zu einem Anhang enthalten, glaube ich für diesmal noch von der Beifügung eines solchen absehen zu können.

Sollte es späterhin zu Erweiterungen in Anhangsform kommen, so ist es der ausdrückliche Wunsch des Verf., daß dies möglichst unter Beteiligung verschiedener Richtungen geschieht, unter keinen Umständen aber durch Ausschließung Einzelner und durch einseitige Beleuchtung eine dem Verf. ganz fern liegende gewalt-

same Deutung seiner Anschauungen nach einer jeweils herrschenden Richtung gegeben werden, wie ich dies bei der 8. Auflage der „Mechanik“ leider nicht verhindern konnte.

LUDWIG MACH, Haar b. München.

PRINZHORN, HANS, **Bildnerie der Gefangenen**. Studie zur bildnerischen Gestaltung Ungeübter. Berlin: Axel Juncker 1925. 60 S. und 176 Abbild. 20 × 28 cm. Preis RM 16.50.

Dieses fleißig zusammengetragene Werk von bildnerischen Darstellungen Gefangener oder Verbrecher ist als Parallele und Ergänzung zur „Bildnerie der Geisteskranken“ des gleichen Verfassers gedacht. Während nun letzteres Werk sowohl für den Psychologen als auch für den Künstler außerordentlich interessant ist, erscheint mir die „Bildnerie der Gefangenen“ dem Psychologen nicht sehr bedeutende oder gar neue Anregungen zu geben. Für den Künstler aber gehört diese Studie eher zum Kapitel der Bildnerie des *Kindes*, allerdings des verbrecherischen Kindes. Denn es handelt sich um kindliche Darstellungen, die genau so entstehen, wie die Kritzeleien der Kinder, und die als solche allerdings immer durch die Naivität und die durch keine Schule beeinflusste Sachlichkeit und Einfachheit mehr oder weniger reizvoll sind. Hierzu kommt in diesem Falle der Reiz des dargestellten Themas, das im Zusammenhang mit dem Leben dieser ausgewachsenen Verbrecherkinder steht. Ab und zu erregen die Abbildungen ein höheres, künstlerisches Interesse. In diesen Fällen sind es meistens Bildwerke von Gefangenen, die in der Zeit ihrer Freiheit mit der Kunst in Berührung waren, sei es, daß sie Dekorationsmaler, Mechaniker, Handwerker oder Steinbildhauer waren. Die Abbildung 18 „Bewegung im Freien“, von einem Dekorationsmaler, ist sogar ein Bild, das im höchsten Maße künstlerisch wirkt. Das Buch ist jedenfalls interessant und amüsant.

EUGEN SPIRO, Berlin.

Zuschriften.

Der Herausgeber hält sich für die Zuschriften nicht für verantwortlich.

Alfred Merz und die „Meteor“-Expedition.

Unter dem Titel „ALBRECHT PENCK, die Meereskunde und die „Meteor“-Expedition“ hat Herr GERHARD SCHOTT eine Zuschrift in den Naturwissenschaften 14, 489 (21. Mai 1926) veröffentlicht, welche sich mit einzelnen Äußerungen von mir in Artikeln von mir über ALFRED MERZ und die „Meteor“-Expedition beschäftigt. Diese meine Äußerungen waren hervorgerufen durch den ersten Bericht, der über die Expedition in einer Fachzeitschrift erschien, nämlich einen Artikel von SCHOTT in den Ann. d. Hydrographie 43, 145. 1925. Auf ihn muß ich die Leser der Naturwissenschaften verweisen, die sich ein Urteil in der Frage bilden wollen. Hier äußert sich SCHOTT über das Zustandekommen der Expedition wie folgt: Die Notgemeinschaft übernahm die gesamten Kosten für die wissenschaftliche Ausrüstung des „Meteor“ mit Fachleuten und Instrumenten, die Reichsmarine ihrerseits stellte das Schiff samt Besatzung zur Verfügung. Beides ist richtig. Aber es fehlt ein Drittes, sehr wesentliches, nämlich daß ALFRED MERZ der Planleger und Organisator der Expedition gewesen ist. Statt dessen steht nur der diese Tatsache verschweigende Satz: „Alle in Betracht kommenden wissenschaftlichen Anstalten und Firmen des Reiches und der Länder haben zu ihrem Teile mitgewirkt, mehrfach unter Hintansetzung anderer dringen-

der Arbeiten.“ Die Stellung von MERZ zur Expedition wird auch nicht richtig gekennzeichnet, wenn es von ihm später einmal beiläufig heißt: „Die Hauptlast übernimmt bei dem ganzen Charakter des geplanten Unternehmens begreiflicherweise ein Stab von Gelehrten, dem als Leiter Professor Dr. MERZ vorsteht.“ MERZ war vom ersten Beginn der Vorbereitungen an der wissenschaftliche Leiter der Expedition. Die Äußerungen von SCHOTT mußten um so mehr befremden, als er ausdrücklich schreibt, daß seine Berichterstattung mit Zustimmung der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft, unter Benutzung von Unterlagen, die die Marineleitung zur Verfügung stellte, sowie auf Grund eigener Kenntnis und Mitwirkung bei den Vorarbeiten erfolgte.

Eine Richtigstellung war geboten. In einem Aufsatz über die Deutsche Atlantische Expedition führte ich in der Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde in Berlin aus, wie die Expedition zustande gekommen ist und welche Verdienste sich MERZ darum erworben hat. Auf die Schottschen Darlegungen spielte ich nur mit den Worten an: Die Öffentlichkeit hat davon bis vor kurzem nichts von berufener Seite gehört. Eine weitere Berichtigung gab der Kommandant des „Meteor“, der nach MERZENS Tod der wissenschaftliche Leiter der Expedition geworden war, Fregattenkapitän SPIESS in den Ann. d. Hydrographie 1926, S. 73. „Die Aufgaben der Deut-

schen Atlantischen Expedition, ihre Planlegung und Organisation sind nicht zu trennen von ALFRED MERZ. Seiner Lebensarbeit und Bedeutung als Ozeanograph, seinem weitschauenden Blick als Organisator und seinem zähen Festhalten an dem einmal gefaßten Plan verdankt sie ihre Verwirklichung.“ Mit diesen einleitenden Worten und den sich daran schließenden Ausführungen wurde die Unterlassung SCHOTTS in den Ann. d. Hydrographie gut gemacht. Die weiteren Darlegungen von Kapitän SPIESS behandeln die Aufgaben der Expedition, über die sich SCHOTT gleichfalls nicht ganz zutreffend geäußert hat.

Wie so häufig großen Expeditionen, die in entlegene Gebiete gehen, von den verschiedensten Seiten Wünsche nahegelegt werden, die bei günstiger Gelegenheit berücksichtigt werden, falls daraus keine Störung des Expeditionsprogramms erwächst, so sind auch MERZ solche Wünsche in großer Zahl geäußert worden — auch von mir. Aber ich habe aus seiner Zusage, wenn möglich auf der Bouvetinsel zu landen, nie die Folgerung gezogen, daß dies dadurch eine wissenschaftliche Sonderaufgabe geworden sei, und habe von dem vielen Derartigen, das wir besprochen haben, in meinen Darlegungen über die Aufgaben der Expedition geschwiegen. Überreiche Programme haben manche Expeditionen teilweise um ihren Erfolg gebracht, und Mißgünstige sprechen gern von Mißerfolgen einer Expedition, wenn sie nicht alle Wünsche erfüllt, die unvorsichtigerweise zu Programmpunkten gestempelt worden sind.

MERZ lehnte es konsequent ab, Sonderaufgaben in seinen festgefügtten Plan aufzunehmen, da er wohl wußte, wie leicht ein Programm, das den verschiedensten Aufgaben gerecht werden will, den Fortgang einer Expedition hindern kann. Große Einheitlichkeit ist das Kennzeichen des MERZschen Planes. Der „Meteor“ hat nur Aufgaben der Ozeanographie und maritimen Meteorologie, die allerdings weit gefaßt werden. Zu denen der Ozeanographie gehören gewisse biologische Untersuchungen, nämlich solche über das Plankton, zu denen der Meteorologie die Erforschung der höheren Luftschichten. Den ozeanographischen Untersuchungen setzte MERZ in erster Linie als Ziel die Verfolgung der für einen Längsschnitt durch den Ozean erkannten interhemisphärischen Wasserumsetzungen in ihrem wirklichen Verlauf innerhalb des ozeanischen Raumes. Dieses große Problem beherrscht alle Aufgaben der Expedition. Nach MERZENS Tod wird es mit Umsicht und Zähigkeit vom Kommandanten des „Meteor“ verfolgt, dem die wissenschaftliche Leitung der Expedition anvertraut wurde.

Anstatt nun den großen Plan von MERZ mit seiner eigenartigen Problemstellung zu entwickeln und die Expedition zu kennzeichnen als das, was sie gerade durch die Beschränkung ihrer Aufgaben ist, eine „intensive“ physikalische Durchforschung des Südatlantischen, wie sie niemals einem Weltmeere auch nur annähernd zu teilgeworden ist“, (EKMAN in Naturwissenschaften 13, 1083), machte SCHOTT nur einzelne kurze Angaben über die Art der anzustellenden Untersuchungen, führte verschiedene wissenschaftliche Sonderaufgaben der Expedition an und fügte hinzu: „Ein überreiches Programm“. Diese Darlegung war gewiß nicht im Sinne von MERZ und gewiß nicht durch den scharf umrissenen Plan der Expedition gerechtfertigt.

Über diesen Plan und die in ihm gestellten Aufgaben noch einmal Authentisches zu berichten, gab die Veröffentlichung von MERZENS nachgelassenen Ausführungen über die Deutsche Atlantische Expedition (Sitzungsber. d. Berlin. Akad. d. Wiss., physikal.-

mathem. Kl. 1925, S. 562) Veranlassung. Dies tat WALTER STAHLBERG in dem Aufsatz „Die Planlegung der Deutschen Atlantischen Expedition durch ALFRED MERZ“ (Forschungen und Fortschritte 1926, Nr. 3/4), ich in der Deutschen Literaturzeitung 1926, S. 26. Angesichts der weiten Verbreitung, die der SCHOTTSche Artikel gefunden hatte — er war sowohl nachgedruckt (Fischerbote 17, 204. 1925), wie als Quelle für weitere Mitteilungen über die Aufgaben der Expedition benutzt (Forschungen und Fortschritte 1925) — habe ich nunmehr klar und deutlich ausgesprochen: „Weder persönlich noch dienstlich mit der Expedition in Verbindung stehend, vermochte SCHOTT nicht über deren Aufgaben völlig zutreffende Angaben zu machen.“

Diese Bemerkung sollte zu einer Entschuldigung dienen. SCHOTT hat das nicht verstanden und sucht nun im eingangs erwähnten Artikel zu erweisen, daß er über die Expedition gut informiert gewesen sei, sowie auch zutreffend berichtet habe. Hinsichtlich seiner Beziehungen zur Expedition zählt SCHOTT gewissenhaft jeden einzelnen Fall auf, in dem er — übrigens genau so, wie nicht wenige andere — mit derselben zu tun hatte, aber er bringt das Wesentliche nicht zum Ausdruck. Dieses ist: SCHOTT gehörte der Kommission der Notgemeinschaft für die Expedition nicht an. Er stand also weder dienstlich noch persönlich in Verbindung mit der Expedition, konnte auf diese unmittelbare Einfluß nicht ausüben und über sie keine unmittelbare Kenntnis haben. Auf die dafür bestimmenden Gründe einzugehen, ist hier nicht der Ort. Wenn SCHOTT ferner sagt: „Die Deutsche Seewarte hat den Plan akzeptiert“, so verkennt er auch damit den Tatbestand, daß weder die Seewarte noch sonst ein Institut den Plan zu akzeptieren gehabt hat. Der Plan war endlich nicht nur „in seiner charakteristischen Anlage der Querschnitte“, wie SCHOTT sagt, sondern in der ganzen Aufgabenstellung durchaus MERZENS geistiges Eigentum und ist durch die Kommission, die von dem Präsidenten der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft zu seiner Beratung einberufen ist, auch als solcher anerkannt und in seinem ganzen Bestande gutgeheißen worden. Daher war es wirklich, um keinen schärferen Ausdruck zu gebrauchen, sachlich nicht richtig, wenn SCHOTT in seiner ersten Mitteilung über die Deutsche Atlantische Expedition und ihre Aufgabe eben gerade diesen allerwesentlichsten Punkt und damit das Hauptverdienst von MERZ verschweigt, und es war auch nicht sachgemäß, wenn er über Nebensächliches, das gar nicht in das MERZsche Programm der Expedition gehört, verhältnismäßig ausführlicher berichtet, als über diesen Plan selber.

Ich will aber auf Einzelheiten nicht eingehen, sondern nur mit Genugtuung feststellen, daß es SCHOTT nunmehr doch schon „ein Bedürfnis war anzuerkennen, daß der Plan des Unternehmens in seiner charakteristischen Anlage der Querschnitte von A. MERZ stammt“, wenn diese Anlage auch nur die Technik der Durchführung betrifft und nicht der Plan selber ist. Ebenso möchte ich meiner Freude darüber Ausdruck geben, daß jetzt MERZ „das große Verdienst“ zuerkannt wird, „mit Energie und unter Heranziehung auch älterer Messungen des ‚Challenger‘ und der ‚Gazelle‘, die nun erst mit Sicherheit zu deuten waren (KRÜMMEL, Ozeanographie I, S. 341) der umwälzenden Anschauung, die wir heute alle im Grundsatz teilen, zum Durchbruch verholfen zu haben.“

Umwälzende Anschauungen sind, wie SCHOTT richtig bemerkt, meist nicht mit einem Male da, sondern werden allmählich vorbereitet, doch gilt als ihr Urheber derjenige, der sie zum erstenmal klar formuliert

hat. MERZ selbst hat mit aller Entschiedenheit anerkannt, wieviel von dem neuen schon im Challengerwerk bislang versteckt geschlummert hat. SCHOTT rückt die einschlägigen Verdienste von BRENECKE in den Vordergrund und verweist darauf, daß dieser schon 1911 den Nordatlantischen Tiefenstrom in unmißverständlicher Weise nachgewiesen hat; aber in der ersten Auflage seiner Geographie des Atlantischen Ozeans nimmt er 1912 davon noch nicht Notiz, sondern zieht im Sinne der LENZschen Vorstellung von der großen ozeanischen Vertikalzirkulation sein Schema der wahrscheinlichen Zirkulation zwischen Oberfläche und 2000 m Tiefe zur Erklärung der Temperaturverhältnisse in den äquatorialen Tiefen wieder heran. Bei der weiteren Durcharbeitung seiner wichtigen, an Bord der „Deutschland“ ausgeführten Untersuchungen hat BRENECKE erkannt, daß quer über den Äquator hinweg antarktisches Wasser in 2 Schichten bis an die nördliche Trogengrenze, und nordatlantisches Wasser dazwischen bis in das antarktische Gebiet vordringt. Aber er hat sich damit zunächst noch nicht losgelöst von dem herkömmlichen Schema der zum Äquator symmetrischen Vertikalzirkulation. Als er seine Ergebnisse auf dem Leipziger Geographentag vortrug, hatte er dieses Schema neben jenen großen Horizontalbewegungen noch beibehalten, wie er das in seinem Schlußwort MERZ gegenüber noch ausdrücklich bestätigte. Indem MERZ in derselben Sitzung auf Grund seiner Studien über die Beobachtungen der älteren Expeditionen, bei denen er nur wenige bis dahin veröffentlichte „Deutschland“-Beobachtungen hatte benutzen können, dem Bilde BRENECKES sein Bild des Wasseraustausches zwischen beiden Hemisphären gegenüberstellte, das auch nicht die leiseste Andeutung des von SCHOTT vertretenen Schemas von LENZ enthielt, lehnte er die bis dahin herrschende Vorstellung von dem am Äquator aufsteigenden Tiefenwasser mit besonderer Betonung ab. Unzweifelhaft hat MERZ damit der umwälzenden neuen Anschauung nicht bloß zum Durchbruch verholfen, sondern ist auch ihr selbständiger Urheber. Die neue Anschauung ist nun auch in die zweite kürzlich erschienene Auflage von SCHOTTS Geographie des Atlantischen Ozeans, allerdings ohne Quellenangabe, übergegangen, nachdem ihr MERZ in der Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde 1922, S. 1, die klassische Darstellung gegeben hat.

Die klare Anschauung von den ozeanischen Bewegungen, die MERZ vorwiegend durch das Studium der Originalwerke der großen Expeditionen der siebziger Jahre gewonnen hatte, lieferte ihm gewissermaßen das Leitmotiv für die Fahrt des „Meteor“. Die große wissenschaftliche Aufgabe der Deutschen Atlantischen Expedition ist, eine umwälzende Erkenntnis zur Grundlage des Studiums des großen ozeanischen Wasserumtriebes zu machen. MERZ wollte die zunächst für die Abstraktion der Vertikalzirkulation in einer Meridiane erkannten Wasserumsätze nunmehr in ihrer räumlichen Tatsächlichkeit zu erfassen suchen.

Daß SCHOTT diese große wissenschaftliche Bedeutung der Expedition des „Meteor“ nicht in das rechte Licht zu setzen vermocht hat, als er seinen Bericht für die Ann. d. Hydrographie schrieb, ist für mich eine große Unbegreiflichkeit. ALBRECHT PENCK.

Das Michelson-Experiment, ausgeführt im Freiballon.

An der Basis der Relativitätstheorie EINSTEINS steht bekanntlich das Ergebnis des sog. Michelson-Experimentes, welches besagt, daß die Lichtgeschwindigkeit,

gemessen auf der Erde, unabhängig ist von deren Bewegung im Weltraum. 1924 fand aber MILLER, daß auf dem Mount Wilson ein Effekt bestehe in dem Sinne, daß sich in gewissen Richtungen die Lichtgeschwindigkeit bis zu 10 km pro Sekunde ändere, mit andern Worten, daß ein „Aetherwind“ von dieser Größe existiere. Nach seinen ersten Publikationen schien dieser Effekt mit der Höhe zuzunehmen. Es lag nahe zu vermuten, daß wenn ein solcher mit der Höhe zunehmender Effekt existiere, derselbe sich in der freien Atmosphäre besonders stark zeigen müßte, daß somit ein Experiment im Freiballon gute Aussicht auf Erfolg haben sollte.

Prof. A. PICCARD hat diese Idee zur Verwirklichung gebracht und unter Mitarbeit des Schreibenden konnte am 20. Juni 1926 ein Ballonaufstieg unternommen werden, über dessen Ergebnisse im folgenden kurz berichtet werden soll:

Wir benutzten einen Interferometer nach MICHELSON mit mehrfacher Reflektion (9 Spiegel) und mit einem optischen Weg von 280 cm. Als Lichtquelle diente die Linie 4358 einer Quecksilberbogenlampe. Die Rotation des Apparates wird dadurch bewirkt, daß der ganze Ballon durch zwei unter dem Äquator desselben aufgehängte Elektromotoren mit kleinen Flugschrauben in Umdrehung gesetzt wird (2–3 Umdrehungen des Ballons pro Minute). Die vollständige Symmetrie ist dadurch gewährleistet. Die Interferenzstreifen wurden nicht direkt beobachtet, sondern fortlaufend auf einen Film photographiert. Dieser Film wurde dann im Laboratorium ausgemessen, was die Meßgenauigkeit bedeutend steigert, die Umdrehungsgeschwindigkeit des Ballons zu vergrößern erlaubt und subjektive Fehler vermeidet.

Der Aufstieg fand am 20. Juni 1926 abends 10 Uhr statt mit dem Ballon Helvetia, der uns vom schweiz. Aeroklub in zuvorkommender Weise zur Verfügung gestellt wurde (2200 m³ Wasserstoff). Die Hauptmessungen wurden ausgeführt zwischen 0 und 4 Uhr nachts auf 2500 m Höhe, 50° 45' nördliche Breite und 5° 20' östliche Länge. Leider war an diesem Tag die Temperatur ungewöhnlich hoch und statt Temperaturen unter 0° anzutreffen, für welche der Thermostat, der das Interferometer umgab, gebaut war, ging die Temperatur nur auf +7° herunter. Die dadurch verursachten schwachen Luftwirbel im Innern des Apparates erzeugten Interferenzstreifenverschiebungen, die die Meßgenauigkeit verringerten. Was hingegen die mechanische Stabilität im Ballon anbelangt, so war dieselbe völlig erreicht; z. B. erzeugte Ballastausgabe keine merkbare Interferenzstreifenverschiebung und doch waren die dadurch hervorgerufenen Ballonschwankungen mindestens 100 mal größer als die, die auftreten können, wenn man sich ruhig verhält im Korb. *Dadurch ist sichergestellt, daß Messungen mit dem Interferometer im Freiballon möglich sind.*

Im ganzen waren 96 brauchbare Ballonumdrehungen registriert, die in 9 Gruppen eingeteilt wurden. Jedes, einer Ballonumdrehung entsprechende, Intervall wurde in 20 gleiche Teile geteilt, für welche mittels Teilmaschine und Mikroskop der Abstand der zwei schärfsten Interferenzstreifen vom Fixpunkt bestimmt wurde. Nach der Methode der kleinsten Quadrate wurde für jede Gruppe diejenige Sinuskurve mit vorgeschriebener Periode berechnet, die sich am besten mit den Beobachtungen vereinigen läßt. Ihre Amplitude ist proportional dem Quadrate des „Aetherwindes“, ihre Phase ergibt die Richtung desselben. Vektorielle Mittelwertbildung für die verschiedenen Gruppen ergab schließlich eine wahrscheinlichste Streifenver-

schiebung von 0,0034 Einheiten (Distanz zwischen zwei aufeinanderfolgenden Interferenzstreifen), mit einem wahrscheinlichen Fehler von derselben Größenordnung (7 km pro Sekunde Ätherwind entsprechend).

Wir schließen daraus, daß innerhalb der Fehlergrenze, kein Effekt nachgewiesen werden konnte und daß eine eventuelle Streifenverschiebung an der Stelle und zur Zeit der Beobachtung der Messung sicher kleiner war als etwa 0,006 Einheiten, einem Ätherwind von 9 km per Sekunde entsprechend. Wir können also durch diese Versuchsserie die Resultate von MILLER nicht diskutieren, da unsere Meßgenauigkeit gerade an der Grenze der MILLERSchen Beobachtung liegt. Hingegen können wir sicher einen mit der Höhe rasch zunehmenden Millereffekt ausschließen.

Die ungenügende Meßgenauigkeit ist, wie schon gesagt, auf die abnormal hohe Temperatur am Tage des Aufstieges zurückzuführen. Wir beabsichtigen, wenn sich die technischen Möglichkeiten bieten, neue Versuche zu unternehmen, in welchen das Interferometer sich im Vakuum befindet und daher viel weniger temperaturempfindlich ist.

Brüssel, den 20. August 1926.

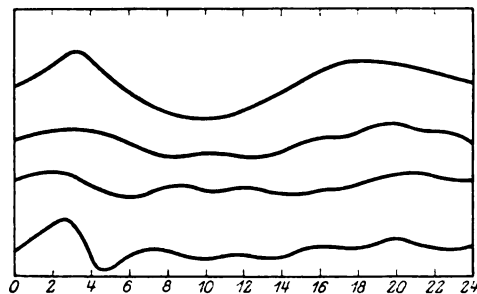
E. STAHEL.

Die tägliche Periode der Höhenstrahlung.

Die Beobachtungen auf dem Jungfraufirn in 3500 m Höhe hatten 1923 eine tägliche Periode der Höhenstrahlung angedeutet, die nicht mit dem Sonnenstand zusammenhing, wohl aber mit der Kulmination von Gegenden der Milchstraße.

1924 wurde die Periode durch Dauermessungen besser herausgearbeitet.

Inzwischen gelang es, noch etwas empfindlichere Instrumente zu bauen. Die Vorversuche zeigten, daß schon in der Ebene eine mit der Jahreszeit veränderliche



- { Mönchgipfel 24.—25. 8. 26.
4100 m auf Firn
- { Jungfraujoch 10.—16. 8. 26.
3500 m Südhimmel frei
- { Jungfraujoch 16.—19. 8. 26.
3500 m Unter 3,50 m Eis
- { Jungfraujoch 26.—29. 8. 26.
3500 m Jochtrichter

Periode vorhanden sei. Diese trat bei Messungen in Davos 1600 m deutlicher hervor und wurde am Jungfraujoch sichergestellt und bestätigte die früheren Ergebnisse in dieser Höhe. Das Maximum dieser Periode konnte in Zusammenhang gebracht werden mit der Kulmination von Sternbildern, wie die Gegend des Andromedanebels und des Herkules. Diese wären also als Strahlungszentren anzusprechen.

Wegen der starken Durchdringungsfähigkeit der Höhenstrahlung benutzten wir nunmehr Berge selbst als Abschirmung. Die Strahlung des Gneises wurde durch 15 cm dicke Eisenplatten unterdrückt. Am Berghaus blieb ein Kugelzweieck aus zwei Großkreisen mit ungefähr 150° für die Einstrahlung frei, dessen Spitzen ungefähr Ostwest lagen.

Die Strahlung ist ein Maximum, wenn die Milchstraße am günstigsten einstrahlt, das Minimum tritt im entgegengesetzten Falle ein. Das Maximum wird durch andere überlagert, die zur Zeit des Kulminationsdurchganges der Andromeda bzw. des Herkules am deutlichsten hervortraten. Im Gegensatz hierzu ergaben die analogen Messungen an der Eigerwand nur so geringe Schwankungen im Tagesverlauf, daß von einer täglichen Periode kaum die Rede sein kann. Dies wird dadurch verständlich, daß die strahlenden Teile des Himmels zu dicke Luftschichten durchsetzen müssen, wodurch ihre Intensität zu sehr geschwächt wird. Weitere Versuche in analoger Richtung sind im Gange.

Sodann gelang es bisher an zwei Tagen und zwei Nächten die Strahlung auf dem Mönchgipfel stündlich zu verfolgen. Die Periode trat hier auf dem Firn entsprechend der Höhe von 4100 m noch deutlicher hervor.

Zusammenfassend glauben wir in dieser vorläufigen Mitteilung schon jetzt mit Sicherheit festgestellt bzw. bestätigt zu haben, daß die Höhenstrahlung eine tägliche, mit der Jahreszeit sich verschiebende Periode aufweist, die mit der Kulmination bevorzugter Gegenden des Himmelsgewölbes zusammenhängt und im Sinne der NERNSTschen Hypothese gedeutet werden kann. Als solche stark strahlenden Gebiete sind die Milchstraße und die Sternbilder der Andromeda und des Herkules anzusprechen.

Z. Zt. Jungfraujoch, den 28. August 1926.

WERNER KOLHÖRSTER. GUBERT V. SALIS.

Über die Polarisation des Kanalstrahlenlichtes in schwachen Magnetfeldern.

Herr S. LEVY hat auf meine Veranlassung die Polarisationerscheinungen des von Wasserstoff-Kanalstrahlen emittierten Lichtes, mit Hilfe eines mit mir gemeinsam konstruierten, sehr empfindlichen Polarimeters weiter untersucht¹⁾ und dabei gefunden, daß die im Stark-Lunelund-Effekt vorhandene Polarisation in schwachen Magnetfeldern eine deutliche Schwächung erleidet. Gleichzeitig zeigt sich bei senkrechter Anvisierung des Kanalstrahles, in Gegenwart eines in der Visionsrichtung liegenden schwachen Magnetfeldes, eine mit steigendem Felde wachsende

Drehung der Polarisationsebene, die mit Kommuation des Feldes auch ihre Richtung umkehrt. Die Messungen wurden bisher mit Lichtfiltern durchgeführt, die die Serienlinien H_α und H_β jeweils durchließen.

Da sich aus äußeren Gründen die eingehende Publikation etwas verzögert, sei an dieser Stelle kurz auf die einstweilen gefundenen Resultate hingewiesen.

Prag, Physikalisches Institut der deutschen Universität, den 6. September 1926.

H. RAUSCH V. TRAUBENBERG.

¹⁾ H. RAUSCH V. TRAUBENBERG, Naturw. 791. 1922; 112. 1924.

Über neue Methoden der Enzymforschung¹⁾.

VON RICHARD WILLSTÄTTER, München.

Auf die Einladung Ihres Herrn Einführenden Vorsitzenden hin möchte ich versuchen, Ihnen in wenig mehr als einer $\frac{1}{2}$ Stunde über die Enzymarbeiten des Münchener Laboratoriums, über einiges von den Aufgaben, von den Methoden und Ergebnissen zu berichten. In der physiologischen Chemie werden die letzten analytischen Ermittlungen über Thyroxin und die noch unfertigen Untersuchungen über Insulin, über Vitamine, über die tierischen Pigmente, über Spermin u. a. daran erinnert haben, daß sich an einfacheren, auch an krystallisierbaren organischen Stoffen noch große Aufgaben bieten. Einen gewissen Abschluß hat nämlich nicht die Auffindung, die Analyse und Synthese beachtenswerter organischer Verbindungen von mäßig hohem Molekulargewicht erreicht, sondern die Methodik für ihre Untersuchung. Anders verhält es sich mit Stoffen von komplizierter Art, die durch hohes spezifisches Reaktionsvermögen ausgezeichnet sind, wie die Enzyme, überhaupt mit den Stoffen von sehr hohem Molekulargewicht, oft von kolloider Natur. Obwohl sich ein großer Teil der physiologisch-chemischen Literatur damit befaßt, ist die Methodik hierfür bis in die letzte Zeit zu unvollkommen geblieben, als daß auch nur die Eigenschaften und Reaktionsbedingungen z. B. der Enzyme sich richtig hätten beschreiben lassen. Die kolloidchemische Erklärung von Stoffen, seien sie einfache anorganische wie Tonerde und Kieselsäure oder seien es komplizierte Kohlenstoffverbindungen, hat nicht, wie vielfach irrtümlicherweise angenommen wird, die Bedeutung, daß die strukturelle Erklärung ihrer Natur überflüssig oder nebensächlich wäre. Sie ist im Gegenteil das Wesentliche. Aus unseren Arbeiten der letzten Jahre ist zu schließen, daß für die Natur eines Metallhydroxydels und für das Wesen eines Enzyms nicht sein Dispersionszustand, sondern seine chemische Konstitution das Bestimmende ist. Die Physiologen in Deutschland, die nicht verkennen, wieviel die organische Chemie Einfluß auf die Physiologie gehabt, werden sich fragen müssen, ob die chemische Methodik für die Physiologie etwa an Wichtigkeit verloren habe. Die Antwort auf diese Frage wird sein, daß die Bedeutung der organischen Chemie für die Physiologie seit LIEBIG unaufhaltsam gewachsen ist und daß die Physiologie der organischen Chemie die schwierigsten Aufgaben stellt wie die chemischen Reaktionen im arbeitenden Muskel, die Atmungsvorgänge, Kohlenhydratumsatz, wechselseitige Umwandlungen der Pro-

teine, Fette und Kohlenhydrate. Hoffentlich werden auch an den deutschen Universitäten die Vertreter der Tierphysiologie und der Pflanzenphysiologie auf die Pflege der chemischen Methodik genügend Wert legen.

Anorganische und organische Katalysatoren.

Die Enzyme sind von den Lebewesen gebildete organische Katalysatoren. In den Lebensvorgängen wirken sie in geregelter Weise zusammen. Anorganische Katalysatoren wie z. B. H- und OH-Ion, sind unspezifisch oder sehr wenig spezifisch. Eine Säure und alle möglichen Säuren vermögen die Hydrolyse der verschiedensten Kohlenhydrate wie der Proteine und der Fette zu beschleunigen. Die Reaktionsbeschleuniger organischer Natur wirken hingegen viel mehr oder sogar streng spezifisch. Für jede einzelne Biose (Rohrzucker, Malzzucker, Milchzucker) gibt es besondere, zur Hydrolyse geeignete Enzyme. Vermögen verschiedene proteolytische Enzyme auf dasselbe Proteinsubstrat zu wirken, so reagieren sie wahrscheinlich auf verschiedene Atomgruppen des Moleküls, indem jedes einzelne den Abbau zu einer besonderen, genau zu definierenden Zwischenstufe führt. Auch die rohrzuckerspaltenden Enzyme, die in den verschiedenen Pilzen vorkommen, besitzen nach den letzten (unveröffentlichten) Untersuchungen von R. KUHN sogar noch Spezifitätsunterschiede in ihrer Wirkung auf die Saccharose. Die Affinitätsverhältnisse der einzelnen Saccharasen sind so differenziert, daß sie entweder nur am Glucoseresst oder nur am Fructoseresst des Rohrzuckers angreifen; sie sind also Glucosaccharasen oder Fructosaccharasen.

Isolierung der Enzyme.

Um die z. B. in tierischen Organen, in Pilzen, in Pflanzensamen vorkommenden Enzyme zu untersuchen, isoliert man sie aus den natürlichen Vorkommnissen. Die Methoden hierfür sind von Betrachtungen über die Vorgänge bei der Auflösung von Enzymen abhängig. Bei Versuchen, die Hefeenzyme in Lösung zu bringen, war es bis vor einigen Jahren üblich, entweder die Gesamtmasse des Pilzes durch Autolyse löslich werden zu lassen oder aber die Hefe mit Wasser unter Zusatz eines Antisepticums zu behandeln. Der Pilz verhält sich aber doch nicht wie ein Gemisch von Chemikalien, von löslichen und unlöslichen. Die Auflösung des Invertins, um ein Beispiel für die Isolierung eines Enzyms herauszugreifen, hängt davon ab, daß zunächst der Pilz vergiftet und abgetötet wird. Danach beginnen alle möglichen autolytischen Vorgänge. Man kann ihnen ihren Lauf lassen und dabei mit dem Protoplasma auch das Invertin in Lösung bekommen. Die Kunst der

¹⁾ Referat, der Abteilung „Physiologie und physiologische Chemie“ der Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte, erstattet am 24. September 1926.

Darstellung von Enzymlösungen besteht aber darin, den besonderen Vorgang der Freilegung, der selbst ein enzymatischer ist, von anderen Abbauvorgängen bei der Hefeautolyse zu trennen und ihn allein so zu fördern, daß das gesuchte Enzym vollständig in Lösung übergeht mit möglichst wenig Ballast von Begleitstoffen. Das geeignetste von unseren Verfahren besteht im raschen Abtöten unverdünnter Hefe mit Essigester als Zellgift, Abtrennung des in der ersten Stunde austretenden enzymarmen Zellsaftes und Einstellung neutraler Reaktion bei der darauffolgenden Autolyse. So erzielt man quantitative Lösung der Saccharase zusammen mit nur einem kleinen Teil, $\frac{1}{10}$ oder sogar nur $\frac{1}{20}$, der Hefemasse und dazu viel rascher als früher, nämlich in nur einem Tage. Es ist durch eine Vorbehandlung der Hefe, nämlich durch Gärungsführung bei äußerst niedriger Zuckerkonzentration, gelungen, und zwar auch in der Zeit von nur einem Tage, den Invertingehalt der Hefe zu steigern bis aufs 15- und 20fache. Wendet man auf so enzymreiches Material die neuen Verfahren der Isolierung an, so entstehen rohe Saccharaselösungen, die 150 mal und allein nach einer Dialyse 300—500 mal reiner sind als die vor einigen Jahren üblichen. Und sie sind schon 8 mal reiner als vor einigen Jahren die besten Invertinpräparate.

Die Enzymvermehrung im Hefepilz läßt uns zweifeln, ob aus dem natürlichen Vorkommen eines Enzyms auf seine physiologische Wichtigkeit geschlossen werden darf. In vielen Fällen sind die Enzyme für die Funktionen der Zellen und Organe unentbehrlich. Aber es bedarf in jedem Falle der Prüfung, ob einem Enzym überhaupt eine Aufgabe zukommt und welche. Der Enzymzuwachs in der Hefe bei andauernder schwacher Gärung mit niedrigster Zuckerkonzentration scheint auf einer Erregung oder Reizung zu beruhen. Dabei werden aber nicht vermehrt die Enzyme des Zymasystems, auch nicht die Proteasen, wenig die Maltase, stark die Saccharase, auch wenn zur Gärung nicht Saccharose, sondern Glucose oder Maltose zugeführt wird. Es ist so, wie wenn die Saccharase für die Brauereihefe wichtig wäre. Es ließ sich aber zeigen, am schönsten beim Malzzucker, daß die Vergärung eines zusammengesetzten Zuckers nicht entsprechend der Theorie von E. FISCHER und P. LINDNER so verläuft, daß zuerst durch enzymatische Hydrolyse einfache Monosen entstehen und daß diese allein vergoren werden. Maltasefreie Hefe vergärt Malzzucker; maltasereiche Hefe vergärt Maltose unter solchen Bedingungen (bei saurer Reaktion, $p_H = 4,5$), unter denen enzymatische Maltosespaltung ausgeschlossen ist.

Quantitative Bestimmung der Enzyme.

Um das natürliche Vorkommen der Enzyme, ihre Bildung, die von äußeren Einflüssen abhängige Vermehrung oder Verminderung zu verfolgen und den Vorgang der Enzymisolierung zweckmäßig zu leiten, um die enzymatische Konzentration durch systematische Reinigung zu steigern,

um die Abhängigkeit der enzymatischen Wirkung von den Begleitstoffen, von der Reaktion des Mediums, von Aktivatoren, Hemmungskörpern und Giften zu untersuchen, also für physiologische, präparative und physikalisch-chemische Arbeit mit Enzymen ist das erste Erfordernis, sie quantitativ zu messen, nämlich ihre Mengen und ihre Konzentrationen aus der Beobachtung von Reaktionsgeschwindigkeiten abzuleiten.

Es fragt sich, ob die Enzymmengen wirklich meßbar sind. Können die in reinem Zustand unbekannten Katalysatoren, deren Wirkungsvermögen weitgehend von den Wirkungsbedingungen und in wechselndem Maße von den Einflüssen der begleitenden Stoffe abhängt, quantitativ bestimmt werden? Die Erfahrung lehrt, daß es in dieser Methodik keine Sicherheit, keine konstante Genauigkeit gibt. Sie ist dennoch berechtigt und unentbehrlich und sie muß immer weiter ausgebildet werden.

Die Enzymmengen werden in willkürlich festgesetzten Einheiten gemessen. Die Einheiten sind durch bestimmte Leistungen unter gewissen Bedingungen der Zeitdauer, der Temperatur, der Konzentration der Substrate, der Acidität usw. definiert. Die enzymatischen Konzentrationen oder Reinheitsgrade, also die Verdünnung der unbekannten reinen Enzyme mit Fremdstoffen, werden gemessen oder verglichen, indem man die Anzahl der Enzymeinheiten in 1 g Substanz ermittelt. Die Leistung von Saccharase, Maltase, Lactase läßt sich allein mit Saccharose, Maltose, Lactose bestimmen. Es gibt andere Enzyme z. B. die fett- und esterspaltenden, deren Spezifität nicht so weit geht, daß nur ein Substrat gespalten würde. Sie wirken z. B. auf einfache Ester wie Buttersäuremethylester, auf niedere Glyceride wie die Butyrine, auf Fette wie Olivenöl. Würde man aber die Lipasen der verschiedenen tierischen Organe nur durch ihr Reaktionsvermögen gegen eines dieser Substrate messen, so wäre das Ergebnis für den Vergleich ungeeignet und irreführend. Denn es ist z. B. die pankreatische Lipase ein für Fettspaltung sehr geeignetes, für Esterhydrolyse wenig geeignetes Enzym, während es sich mit Leberlipase umgekehrt verhält. Von (getrocknetem) Pankreas leistet 1 mg bei der Hydrolyse von Methylbutyrat soviel wie 0,4 mg (getrocknete) Leber, aber bei der Verseifung von Olivenöl soviel wie 10 g Leber.

In manchen Fällen wie beim rohrzuckerspaltenden Enzym erreicht die quantitative Bestimmung einen befriedigenden Grad von Sicherheit und Genauigkeit. Bei Unterschieden der enzymatischen Konzentration (der Verdünnung des Enzyms mit den in der Hefe enthaltenen Begleitstoffen) im Bereich von 1 : 250 000 ist die Saccharasewirkung bei optimaler Acidität unabhängig von ihrem Dispersitätszustand und von ihrem Gehalt an Begleitstoffen gefunden worden. Aber schon ein der Saccharase so nahestehendes Enzym wie die Maltase verhält sich in zwei Beziehungen anders. Wenn man sie vorsichtig bei 0° aufbewahrt, um Zerstörung des leicht zersetzlichen Enzyms zu

vermeiden, so beobachtet man in einem Tage Zunahme der Enzymwirkung, also scheinbare Enzymvermehrung um etwa $\frac{1}{3}$. Die Erscheinung dürfte durch die Aufhebung eines Hemmungsvorganges zu erklären sein. Die Messung wird noch dadurch kompliziert, daß sich bei der Maltase mit zunehmender Reinheit ihre Reaktionskinetik ändert, die Abhängigkeit des Umsatzes von der Zeit. Viel schwieriger ist aber die Bestimmung der lipatischen Enzyme, da sie von der Verteilung und von Begleitstoffen und Reaktionsprodukten wie Seifen in hohem Maße abhängen. Die Methode für die quantitative Messung der Pankreaslipase beruht darauf, daß durch willkürlich gewählte Bedingungen der Reaktion, durch Zusatz von Aktivatoren, nämlich Albumin, Natriumoleat und Calciumchlorid, die Lipasewirkung zum Maximum gesteigert wird, so daß etwa vorkommende aktivierende oder hemmende Stoffe in ihrer Wirkung übertönt werden. Eine kontrollierende zweite Methode beruht statt auf ausgleichender Aktivierung auf ausgleichender Hemmung.

Alle die zahlreichen quantitativen Bestimmungsweisen beruhen auf der Annahme, daß eine gewisse Enzymmenge unter bestimmten, geeigneten Bedingungen eine bestimmte Wirkung ausübt. Für diese Annahme sind viele Bestätigungen erbracht. Dennoch gilt sie nicht ausnahmslos. Merkwürdige Abweichungen zeigt die pflanzliche Peroxydase, ein Enzym, das den Sauerstoff von Hydroperoxyd auf oxydable Stoffe überträgt. Peroxydase, und zwar solche von sehr hohem Reinheitsgrad, zeigt in ihren Lösungen im Laufe mehrerer Stunden und Tage einen eigentümlichen wellenförmigen Gang des Wirkungsvermögens, z. B. Abnahme um ein Drittel, dann Zunahme auf viel mehr als den ursprünglichen Wert; derartige Abnahme und Zunahme wiederholt sich mehrere Male. Die Schwankungen in der Aktivität sind nicht in der Unvollkommenheit der analytischen Methode begründet, sondern sie liegen im Wesen dieses Enzyms.

Reinigung der Enzyme durch Adsorption.

Die Reinigung der Enzyme dient dem Zweck, ihre Beschreibung von Zufälligem und von Fälschendem z. B. von den Einflüssen der begleitenden Fremdkörper zu befreien. Auch bedürfen wir der Steigerung der Reinheitsgrade, um die ersten Fragen hinsichtlich der chemischen Natur der Enzyme zu beantworten und ihre Einordnung in altbekannte Körpergruppen, die man nach der Analyse unreinster Präparate vorgenommen, zu korrigieren. Die Aufgabe hat das Besondere, daß man leicht zersetzliche, und zwar je reiner, desto leichter zersetzliche Substanzen von einem großen Vielfachen an Fremdkörpern, mit denen sie zum Teil adsorptiv aufs hartnäckigste verbunden vorkommen, ohne chemische Handhaben zu trennen hat. Löslichkeitsunterschiede bieten keine Hilfe. Umwandlungen der Enzyme in Salze oder Komplexverbindungen oder in andere einfache Abkömmlinge kennt man nicht. Es kommt zwar vor, daß ein Enzym gewisse Fällungsreaktionen zeigt z. B.

Peroxydase mit Tannin, aber es ist nicht erwiesen, ob das Enzym selbst, ob nicht vielmehr ein mit ihm assoziierter Begleitstoff dafür verantwortlich ist. Gelingt es uns, eine Methode für die Steigerung der enzymatischen Konzentrationen zu entwickeln, so verspricht sie allgemeineren Nutzen für die Chemie physiologisch aktiver Stoffe wie der inneren Sekrete, der Hormone, der Toxine und Antitoxine. Eine solche Methode, die in den geprüften Beispielen die Reinheitsgrade hunderte- und tausendfach zu steigern erlaubt hat, oft ohne Verlust an aktiver Substanz, ist die Adsorption an oberflächenaktive Körper wie Tonerde, Kaolin, Bleiphosphat, und die Elution aus den Adsorbaten mit gelinden chemischen Mitteln wie mit sekundärem Phosphat oder Ammoniak in geringer Konzentration. Die Methode knüpft an alte, wenig beachtete Anregungen von E. BRÜCKE und von W. KÜHNES Laboratorium und an neuere von L. MICHAELIS an. Nach MICHAELIS soll der Gegensatz zwischen elektropositiven und elektronegativen Eigenschaften einerseits der Enzyme, andererseits der Adsorbentien für die Adsorption bestimmend sein. Allein diese Einteilung der Enzyme in elektropositive und elektronegative läßt sich nicht aufrecht halten. Ihr Adsorptionsverhalten ist durch die Natur der mit ihnen vergesellschafteten Fremdstoffe, „Koadsorbentien“, mitbestimmt oder bestimmt. Saccharase sollte z. B. nur von basischer Tonerde, nicht von dem elektronegativen Kaolin adsorbiert werden. Wenige Reinigungsvornahmen oder besser auswählende Verfahren der Enzymisolierung aus der Hefe genügen, um das Bild zu ändern, Invertin durch Kaolin leicht adsorbierbar zu machen. Für diese Adsorptionserscheinungen sind nicht so grobe Valenzverhältnisse maßgebend, aber auch nicht Capillar- oder Dispersitätseigentümlichkeiten. Reinigt man z. B. Amylase, so nimmt die Adsorbierbarkeit mehr und mehr ab und man kommt zu Enzympräparaten, die sich nicht mehr durch Tonerde, auch nicht durch Kaolin adsorbieren lassen. Die chemischen Differenzen zwischen den verschiedenen Tonerden und ihre selektiven Adsorptionswirkungen auf Enzymgemische lassen vollends erkennen, daß viel feinere Affinitätsbeträge und -wirkungen sowohl der Enzyme wie der oberflächenaktiven Mittel für die Adsorptionserscheinungen verantwortlich sind.

Jeder Schritt unserer Adsorptionsmaßnahmen unterliegt quantitativer Kontrolle. Die Anzahl der Enzymeinheiten, die von 1 g Al_2O_3 oder eines anderen Adsorbens aufgenommen werden, heißt Adsorptionswert (A.W.). Je geringere Mengen eines Mittels für die Adsorption einer Enzymeinheit benötigt werden, desto günstiger für den Reinheitsgrad wird der Vorgang im allgemeinen sein. In unserer ersten Arbeit über Saccharase erreichte der A.W. der Tonerde dank der Anwendung guter Hefeautolysate und geeigneter Tonerdegele schon die Zahl 0,15. Durch planmäßige Verbesserungen, durch Berücksichtigung der für die Adsorption optimalen Verdünnung und Acidität, durch wieder-

holte und derart geleitete fraktionierte Anwendung des Adsorbens, daß gemäß den Adsorptionskurven nach H. FREUNDLICH mehr und mehr das Verhalten eines einheitlichen Stoffes erreicht wurde, gelang es, für dasselbe Enzym und das genannte Adsorbens den A.W. noch 1300mal höher zu steigern, nämlich auf über 200. Dann enthielt 1 g Al_2O_3 die Saccharase von 12—14 kg frischer Hefe und das Adsorbat hatte das Gewicht $2\frac{1}{2}$ g. Hiermit war in gewisser Beziehung eine Grenze für die Leistungsfähigkeit der Adsorptionsmethode erreicht. Drückt nämlich die Adsorptionskurve für Saccharase durch Tonerde das Verhalten eines homogenen Stoffes aus, so läßt sich mit demselben Verfahren keine weitere Verbesserung erreichen. Nach der Analyse aber war ein solches Enzympräparat keineswegs von Begleitstoffen frei, die sich durch charakteristische Reaktionen verrieten. Die Adsorptionskurve ist eben doch nicht die des Enzyms selbst, sondern die eines enzymhaltigen Komplexes. Um den Reinheitsgrad noch darüber hinaus zu steigern, mußte man an die Stelle der physikalisch-chemischen Kontrolle des Adsorptionsverfahrens die qualitative und quantitative Analyse treten lassen. Soweit nämlich irgendein einzelner Bestandteil solcher Enzympräparate sich chemisch definieren oder erkennen ließ, wie Hefekohlenhydrat, Phosphorverbindungen, Proteinsubstanzen, welche die Millonprobe oder die Tryptophanreaktion zeigten, ist es gelungen, durch Wechsel und Anpassung der Adsorbentien und Adsorptionsbedingungen und durch andere Reinigungsvornahmen den bestimmten einzelnen Begleitstoff als entbehrlich nachzuweisen, ihn abzutrennen. Am leistungsfähigsten erwies sich das Verfahren fraktionierter Adsorption durch einen adsorptiv wirksamen Niederschlag z. B. von Bleiphosphat, der in der Enzymlösung selbst in sehr kleinen Anteilen erzeugt wird. Auf diese Weise sind nicht nur die höchsten Reinheitsgrade eines Enzyms erzielt, es ist so auch erreicht worden, aktives Enzym von inaktiviertem zu trennen, das ihm sonst aufs hartnäckigste zu folgen pflegt.

Adsorbentien von bestimmter chemischer Konstitution.

Die Vervollkommenung der Adsorptionsmethode hängt ab von der chemischen Differenzierung der angewandten Gele, namentlich Metallhydroxydgele. Gefällte Tonerde und Eisenhydroxyd und Zinnsäure sind eben nicht, was bis in die letzte Zeit vielfach angenommen und auch jetzt noch von manchen Chemikern vertreten wird, Metalloxyde mit wechselndem Gehalt von adsorbiertem Wasser, sondern es gibt bestimmte Metallhydroxyde mit vielen Abstufungen im Gehalt an chemisch gebundenem Wasser und mit feinen Unterschieden in der Konstitution. Hier eröffnet sich ein großes neues Gebiet der anorganischen Chemie. Die Zahl der möglichen und der wirklich existierenden chemischen Individuen ist sehr groß, ihre Beständigkeit allerdings zum Teil gering. Durch Verfeinerung der Darstellungsmethode von Tonerdegelen gelingt es, ein Aluminium-ortho-hydr-

oxyd ($\text{Al}(\text{OH})_3$, α -Form) zu isolieren, das in einigen Stunden oder in einem Tage in eine zweite Modifikation (β) von erheblich anderem Verhalten übergeht. Auch diese ist nicht beständig. Beim Altern während einiger Monate verwandelt sie sich in ein stabiles drittes Aluminiumhydroxyd (γ), dessen Formel ebenfalls $\text{Al}(\text{OH})_3$ ist. Diese Tonerdegele zeigen große chemische Unterschiede; α ist in der Kälte in 0,1proz. Salzsäure und Natronlauge leicht löslich, γ aber nicht einmal in 10proz. Salzsäure und 4proz. Natronlauge. Die Unterschiede sind nicht etwa durch Abnahme der Dispersität beim Altern bedingt: Tonerde γ adsorbiert nämlich beispielsweise Saccharase reichlicher als α und β .

Ein weiteres Hydroxyd des Aluminiums, das durch sein in besonderem Maße auswählendes Adsorptionsvermögen von großem Nutzen ist, entsteht beim Erhitzen der gefällten Tonerde mit Ammoniak auf 250° . Es entspricht der Formel AlO_2H (Metahydroxyd) und ist ein noch plastisches Gel; basische und saure Eigenschaften fehlen ihm.

Trennung von Enzymen durch selektive Adsorption.

Mit diesen Metallhydroxydgelten von einheitlicher chemischer Natur beginnen wir eine Gruppe von Reagentien zur Verfügung zu stellen, um auf empirischem Wege Trennungen der Enzyme auszuführen, die im natürlichen Vorkommen Gemische sind. Das erste Beispiel, die Trennung der Pankreasenzyme Lipase, Trypsin und Amylase, betraf ein Gemisch von Komponenten, die in den Eigenschaften und in der Spezifität voneinander wesentlich verschieden sind; dies war daher eine verhältnismäßig einfache Aufgabe. Adsorbiert man Lipase mittels Tonerde, so hinterbleiben in der Restlösung Trypsin und Amylase. Es ist bemerkenswert, daß (nach unveröffentlichten Versuchen) diese Trennung nur mit Tonerde γ gelingt; β -haltige Tonerde adsorbiert glatt auch Trypsin. E. WALDSCHMIDT-LEITZ hat die Untersuchung der pankreatischen Enzyme fortgesetzt. Abweichend von den Betrachtungen von W. M. BAYLISS und E. H. STARLING erkannte er in der Enterokinase einen spezifischen Aktivator des Trypsins, den die Pankreasdrüse hervorbringt. Diese Kinase, ja sogar ihre Vorstufe, Prokinase, läßt sich durch Adsorption vom Trypsin trennen; auch nach erfolgter Aktivierung gelingt die Trennung. Trypsin und Trypsin-Kinase verhalten sich wie zwei in ihrer Spezifität verschiedene Proteasen. Von der Kinase abgesehen, besteht die pankreatische Protease aus zwei Komponenten, dem Trypsin und dem von O. COHNHEIM in der Schleimhaut des Dünndarmes entdeckten Erepsin. Von diesen beiden proteolytischen Enzymen ist nur das ereptische leicht adsorbierbar durch Tonerde. Sie lassen sich so quantitativ trennen, aber nur die γ -Modifikation der Tonerde eignet sich für diesen Zweck. Bei den analogen Proteasen der Hefe ist uns ebenfalls die Trennung mit Tonerde gelungen, aber hier ist es umgekehrt die tryptische Komponente, die aus saurer Lösung leicht adsorbiert wird.

Am genauesten ausgebildet ist die Trennungsmethode bei zwei einander nahestehenden zuckerspaltenden Enzymen, Saccharase und Maltase. Sie gelingt durch auswählende Adsorption mit bestimmten Aluminiumhydroxyden, andererseits durch fraktionierte Elution aus dem Gesamtadsorbate, und zwar mittels primären Alkaliphosphates, wobei nur Saccharase eluiert wird. Danach läßt sich Maltase mit sekundärem Phosphat eluieren. Für die selektive Adsorption ist in diesem Falle am besten das Metaaluminiumhydroxyd geeignet, von den anderen Tonerden wirkt hier γ am wenigsten auswählend, während β in der selektiven Wirkung dem Metahydroxyd nahekommt.

Über einen weiteren Erfolg dieser neuen Methode haben vor kurzem H. PRINGSHEIM und A. BEISER berichtet. Für den enzymatischen Abbau des Cellosans war es wichtig, die Lichenase des Gerstenmalzes von Cellobiase zu befreien. Dies gelang am besten mit Hilfe des Metaaluminiumhydroxyds, das bei alkalischer Reaktion viel Cellobiase nebst sehr wenig Lichenase adsorbiert.

Beschreibung der Enzyme von höherem Reinheitsgrad.

Die Auflösung der natürlichen Gemische und Komplexe in einheitliche Enzyme und ihre Trennung von Aktivatoren und Hemmungskörpern ermöglicht in manchen Fällen erst, die Spezifität der Enzyme, d. h. ihren Reaktionsbereich in bezug auf bestimmte Substrate zu erkennen. Von den homogen erhaltenen proteolytischen Enzymen wirkt nach E. WALDSCHMIDT-LEITZ und A. HARTENECK reines Trypsin nur auf Peptone, Histone und gewisse Protamine, dagegen Trypsin + Enterokinase auch auf Fibrin, Casein, Gelatine u. a., während Erepsin nicht Casein, Peptone, Protamine, Histone, sondern ausschließlich einfache Peptide zu spalten vermag, die für aktiviertes Trypsin unangreifbar sind. Den älteren Angaben lag uneinheitliches Enzymmaterial zugrunde.

Auch wurden von den begleitenden Fremdkörpern fast alle Eigenschaften, die man den Enzymen zuschrieb, beeinflußt oder gefälscht, zum Teil von solchen Begleitstoffen, die mit den Enzymen natürliche Aggregate, physiologische Komplexe bilden. Der Einfluß der Begleitstoffe erstreckt sich auf das Adsorptionsverhalten, auf das Verhalten gegen Aktivatoren, Hemmungsstoffe, Gifte, auf die Temperatur der optimalen Wirkung und die Temperatur der Zerstörung. Sogar die Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit von der Wasserstoffionenkonzentration, also eines der wesentlichen Enzymmerkmale, unterliegt solchen Einflüssen. Bei gewissen pflanzlichen Proteasen ist nun erkannt worden, daß das p_H -Optimum gar nicht dem Enzym eigentümlich ist, daß es vielmehr mit dem Substrat wechselt. Fibrin wird optimal bei $p_H = 7,2$, Gelatine und Pepton bei $p_H = 5,0$ durch Carica- und Ananas-protease hydrolysiert. Das Wirkungsoptimum des Enzyms fällt hier in die isoelektrischen Bereiche der verschiedenen Substrate. In anderen Fällen aber, so bei der Magen-

lipase des Menschen und des Hundes, finden wir für das Wirkungsoptimum die Reaktion mit dem Reinheitsgrad des Enzyms wechselnd. Im menschlichen Magen wirkt die Lipase im Gegensatz zur Pankreaslipase optimal bei $p_H = 5-6$, nach Reinigung durch Adsorption mit Kaolin oder Tonerde C, wie F. HAUROWITZ und W. PETROU gefunden haben, optimal bei $p_H = 8$, übereinstimmend mit Pankreaslipase. Diese Verschiebung erklärt sich durch Abtrennung eines im alkalischen Gebiet hemmenden, wahrscheinlich auch eines im saueren Gebiet aktivierenden Begleitstoffes.

Von den Enzymmerkmalen ist unbeeinflußbar und konstant nur die Spezifität, die strukturelle, wahrscheinlich auch die stereochemische. Die zuckerspaltenden Enzyme zeigen die strengste Spezifität in beiden Beziehungen, in bezug auf chemische Konstitution und räumliche Anordnung, die fettspaltenden haben einen größeren Wirkungsbereich auf strukturverschiedene esterartige Substrate. Sie scheinen aber in ihrer stereochemischen Spezifität auch feiner differenziert zu sein. Vergleichen wir die Lipasen des Pankreas, der Leber, des Magens und der Pilze in ihrer Wirkung auf dieselben racemischen Substrate, so finden wir sie alle von einander verschieden in ihrer auswählenden Wirkung, bald in diesem, bald in jenem Beispiel d- oder l-Form vorziehend, wenn wir nur eine genügend große Anzahl racemischer Ester z. B. der Mandelsäuregruppe anwenden. Diese Konfigurationsspezifität kann bis jetzt als eine Enzymkonstante gelten. Man hat noch in keinem Falle einen den Drehungssinn der vorgezogenen Komponente bestimmenden Einfluß von Fremdkörpern beobachtet.

Anwendung homogener Enzyme.

Die physiologische Chemie gewinnt in den einheitlichen Enzymen verfeinerte Werkzeuge für ihre Aufgaben. Die ersten Ziele sehen wir in der Chemie der Eiweißstoffe. Die Lehre vom Eiweiß ist durch das Werk von A. KOSSEL, von E. FISCHER, von E. ABDERHALDEN u. a. so weit gefördert worden, als es mit Hilfe der wahllosen und durchgreifenden Hydrolyse durch Säuren und Alkalien und mit Hilfe der zugänglichen Enzyme und natürlichen Enzymgemische möglich war, die sich zur gelinden Hydrolyse eigneten, aber zur stufenweisen nicht ausreichten. An diesem Punkte setzen nun die Untersuchungen von E. WALDSCHMIDT-LEITZ ein, um mit den verschiedenen peptischen, tryptischen und ereptischen Enzymen in homogenem Zustand die einzelnen Abbaustufen analytisch und präparativ zu bestimmen. Die fraktionierte enzymatische Hydrolyse eignet sich dazu, die heute mehr als je umstrittene Art und Weise der Aminosäureverknüpfung klarzulegen und in den feineren Aufbau der Proteine Einblick zu gewähren.

Die physiologische Chemie bedarf der auf bestimmte Atomgruppen eingestellten Reagentien, die bei gewöhnlicher Temperatur in wässrigem Medium aufs gelindeste abbauend wirken ähnlich den Reaktionsverhältnissen im lebenden Organismus.

Die Versammlung der Astronomischen Gesellschaft in Kopenhagen.

Von A. KOPFF, Berlin-Dahlem.

Die 27. Versammlung der Astronomischen Gesellschaft, die vom 16. bis 20. August 1926 in Kopenhagen stattfand, war in zweifacher Weise von außergewöhnlicher Bedeutung.

Die Versammlung war die erste nach dem Krieg, die außerhalb Deutschlands stattfand. Die Astronomische Gesellschaft, die 1863 in Heidelberg gegründet wurde, ist nach ihren Statuten eine internationale; zu ihren Mitgliedern gehören vorwiegend die europäischen Astronomen (besonders diejenigen Mitteleuropas, Skandinaviens und Rußlands). Auch über den Krieg hinaus hatte die Gesellschaft ihren Mitgliederbestand bewahrt und neuerdings besonders aus den Kreisen der englischen Astronomen erweitert. Es war an der Zeit, gerade im Rahmen der Astronomischen Gesellschaft alte, gelockerte Zusammenhänge wieder zu festigen und neue herzustellen. Die Gesellschaft verfolgte damit nur den von ihr zuerst begangenen Weg weiter; sie war in den ersten Jahrzehnten ihres Bestehens der eigentliche Mittelpunkt astronomischer Zusammenarbeit für alle Nationen gewesen.

Daß der Boden von Kopenhagen für die Knüpfung engerer internationaler Beziehungen in der Astronomie besonders geeignet war, darüber konnte von vornherein kein Zweifel bestehen. Hat doch der Direktor der Universitäts-Sternwarte in Kopenhagen, Prof. E. STRÖMGREN, sich während des Krieges bemüht, die Verbindung Deutschlands mit dem Ausland in der Astronomie, so gut es ging, aufrecht zu erhalten, und hat doch er nach dem Krieg immer wieder versucht, die Fäden neu zu knüpfen. Zugleich hat er in den letzten Jahren als Vorsitzender der Astronomischen Gesellschaft es verstanden, deren Wirkungskreis teilweise über die alten Grenzen hinaus zu erweitern.

So ist denn auch die harmonisch verlaufene Kopenhagener Versammlung zu einer Krönung dieser Bestrebungen geworden. 135 Teilnehmer aus 19 verschiedenen Staaten nahmen an ihr teil, darunter u. a. führende Astronomen aus England, Holland, Italien, Rußland und den Vereinigten Staaten. Wertvolle persönliche Beziehungen konnten geknüpft werden, und gerade mancher deutsche Astronom hatte zum erstenmal wieder die Möglichkeit, mit dem ausländischen Fachgenossen in laufenden Arbeiten engere Fühlung zu gewinnen. Daß dieser hohen Bedeutung der Kopenhagener Astronomenversammlung sich alle Kreise bewußt waren, ging deutlich aus allen Ansprachen hervor; denen bei der Eröffnungssitzung in der Aula der Universität, und denen bei den Empfängen durch die Stadt Kopenhagen und durch das dänische Unterrichtsministerium. Statt vieler Reden sei nur die eine des Unterrichtsministers Frau Nina Bang erwähnt, aus deren warmherzigen Worten der Wunsch sprach, daß diese Zusammenkunft der Astronomen der Ausgangspunkt glücklicher gemeinsamer Arbeit in der Zukunft werden möge.

Ein zweiter Umstand hebt die Kopenhagener Versammlung aus der Reihe der übrigen heraus. In den Statuten ist als Zweck der Gesellschaft insbesondere die Ausführung solcher Arbeiten angegeben, welche ein systematisches Zusammenwirken vieler erfordern. Schon bald nach der Gründung wurden die Kräfte der Gesellschaft unter der Führung von A. AUWERS zusammengefaßt, um durch Beobachtungen am Meridiankreis die Orte aller Sterne bis zur neunten Größenklasse (bis herunter zur Deklination von -23°) in einem Stern-

katalog niederzulegen. Die wichtigste Grundlage für die Erforschung der Bewegungen im Sternsystem war damit geschaffen. Die Zeit zur ersten Wiederholung des Unternehmens ist mittlerweile herangekommen, und der Initiative von F. KÜSTNER ist es vor allem zu danken, daß die Astronomische Gesellschaft sich in den letzten Jahren in einer besonders hierfür eingesetzten Kommission mit der Frage der Durchführbarkeit des neuen Unternehmens befaßte. Da die Himmelsphotographie eine viel raschere Bestimmung der Sternörter besonders bei Durchmusterungsunternehmungen gestattet als die visuelle Beobachtung am Fernrohr, so waren vor allem Voruntersuchungen notwendig, die über die zweckmäßigste Verwendung der gebotenen instrumentellen Hilfsmittel zu entscheiden hatten. Nachdem die an der Bonner und Hamburger Sternwarte ausgeführten Versuche die Brauchbarkeit moderner photographischer Objektive mit großem Gesichtsfeld für eine genaue Durchmusterung des Himmels erwiesen hatten, war die Arbeitsmethode im ganzen festgelegt; die neuen Orte sind durch eine Verknüpfung von Meridiankreisbeobachtungen mit gleichzeitig herzustellenden photographischen Aufnahmen zu gewinnen. Die Aufnahmen, die sich zunächst auf den Nordhimmel beschränken sollen, werden voraussichtlich an den Sternwarten Bonn, Hamburg-Bergedorf und Pulkowa ausgeführt; für die Beobachtungen am Meridiankreis kommen eine Anzahl Sternwarten mit modernen Instrumenten in Frage. Die Zusammenfassung der Meridiankreisbeobachtungen soll am Astronomischen Recheninstitut Berlin-Dahlem erfolgen.

Ein Punkt war hier besonders zu erwägen. In den Vereinigten Staaten ist ein ähnliches Unternehmen bereits von FRANK SCHLESINGER (Yale Observatory, New Haven) begonnen worden. Jedoch besteht zwischen diesem und den Plänen der Astronomischen Gesellschaft ein ganz wesentlicher Unterschied. Während SCHLESINGER den Himmel in einzelne Zonen aufteilt, die zeitlich nacheinander beobachtet werden, beabsichtigt das nun geplante Unternehmen zunächst für den nördlichen Himmel die Gesamtheit der Sterne bis zur neunten Größe für eine einheitliche Epoche festzulegen und so der Zukunft ein geschlossenes Bild des Fixsternhimmels unserer Tage zu überliefern. Dieser letztere Umstand ist für die Aufnahme der Arbeiten durch die Astronomische Gesellschaft entscheidend; ja, man kann wohl sagen, daß für die Astronomen der Gegenwart eine unabweisliche Verpflichtung der Nachwelt gegenüber besteht, eine solche einheitliche Bestimmung der Sternörter wirklich durchzuführen. Auch F. SCHLESINGER selbst hat sich in einem Brief an die Versammlung in diesem Sinn ausgesprochen. Die Versammlung hat deshalb auch die Beschlüsse der Kommission gutgeheißen, und damit steht die Astronomische Gesellschaft von neuem wieder vor der Durchführung einer Aufgabe von weittragender Bedeutung für die Erforschung unseres astronomischen Weltbildes. Es ist nur zweierlei zu wünschen: einmal, daß es gelingt, die erheblichen Geldmittel für die rasche Erledigung der Aufgabe zu gewinnen. Denn solche Pläne müssen innerhalb eines kurzen Zeitraumes in die Wirklichkeit umgesetzt werden; jede Verschleppung gefährdet das ganze Unternehmen. Und dann ist es notwendig, den Katalog möglichst bald auch auf den südlichen Himmel auszudehnen, damit wir der zukünftigen Astronomie ein homogenes Bild des gesamten Sternhimmels überliefern können.

Gegenüber diesen beiden hier hervorgehobenen Punkten tritt die Bedeutung der auf der Kopenhagener Tagung gehaltenen *Vorträge* erheblich zurück. Moderne astrophysikalische Probleme, die im Anschluß an die Ergebnisse der Atomphysik den Aufbau der Sterne behandeln, fehlten im Programm so gut wie ganz, und in dieser Beziehung gab die Versammlung ein zutreffendes Bild des gegenwärtigen Standes der Astronomie in Mitteleuropa. Der Inhalt der Vorträge sei hier im einzelnen nicht wiedergegeben. Soweit die Ergebnisse von größerer Bedeutung sind, wird an anderer Stelle dieser Zeitschrift regelmäßig darüber berichtet. Doch zeigt wohl die Angabe einer Anzahl ausgewählter Themata, in welcher Richtung etwa die astronomische Forschung sich bei uns hauptsächlich bewegt.

Das Grundproblem der Astronomie, die *Ortsbestimmung der Himmelskörper*, wurde von verschiedenen Seiten her behandelt. J. JACKSON (Greenwich) sprach über die jetzt erst in Bearbeitung genommenen Beobachtungen, die HORNSBY um 1780 in Oxford von Fixsternen, Sonne und Planeten ausgeführt hat; diese Beobachtungen gehören anscheinend zu den ganz wenigen, die auch jetzt noch von Bedeutung sind. Die am Astronomischen Recheninstitut Berlin-Dahlem ausgeführten Arbeiten zur Verbesserung des Fundamentalkatalogs von AUWERS wurden erörtert (hier zum Teil auch in lebhafter Diskussion, die sonst auffallender Weise vielfach ganz ausblieb). In die Zukunft wies ein Vortrag von BENGT STRÖMGREN (Kopenhagen) über die photoelektrische Registrierung von Sterndurchgängen. Die Versuche, die am Kopenhagener Durchgangsinstrument angestellt worden sind, um auch in der Positionsastronomie das menschliche Auge durch die Photozelle zu ersetzen, sind außerordentlich günstig und vielversprechend ausgefallen.

Eine weitere Anzahl von Vorträgen beschäftigten sich mit *Aufgaben der Himmelsmechanik*. K. SUNDMAN (Helsingfors) berichtete über seine neuen Untersuchungen zur Theorie der großen Planeten, und E. STRÖMGREN und MÖLLER (Kopenhagen) gaben einen Überblick über die Klassen der periodischen und asymptotischen Bahnen im Probleme restreint. M. BRENDL (Frankfurt a. M.) und A. KLOSE (Riga) sprachen über kleine Planeten; der erstere über die am Planeteninstitut in Frankfurt unternommenen weiteren Versuche zur vereinfachten Berechnung allgemeiner Störungen, der letztere über seine Arbeiten zur statistischen Erforschung des Systems der Kleinen Planeten. G. STRUVE (Berlin-Babelsberg) behandelte die von ihm ausgeführten Untersuchungen über die Saturntrabanten.

Ein drittes Problem, das in der Astronomie der mitteleuropäischen Länder besonders gepflegt wird, ist das des *Aufbaues unseres Sternsystems*. Nachdem die großen Untersuchungen von SEELIGER, KAPTEYN und anderen einen gewissen vorläufigen Abschluß gebracht haben, handelt es sich nun um ein Weiterbauen im einzelnen. M. WOLF (Heidelberg) erläuterte die Ergebnisse seiner Abzählungen der Sterndichten in einzelnen Teilen der Milchstraße an einer Reihe von Lichtbildern; wieder sprechen seine Resultate stark für das Vorhandensein absorbierender Schleier zwischen uns und der eigentlichen Milchstraße. Auch die Untersuchungen an der Vatikanischen Sternwarte, über die P. STEIN (Rom) berichtete, weisen auf das Vorhandensein dunkler Materie im Weltenraum hin. B. GERASIMOVICH (Charkow) hat auf Grund neueren Materials das System der B-Sterne einer Durcharbeitung unterzogen und K. LUNDMARK (Upsala)

versucht neue Anhaltspunkte über die räumliche Stellung der außergalaktischen Nebel zu gewinnen. Hervorzuheben ist noch ein Vortrag, den K. MALMQUIST (Lund) über die räumliche Verteilung der Sterne hielt. Er versucht eine Darstellung der Beobachtungsdaten durch die Annahme zu erreichen, daß das Sternsystem aus einem kugelförmigen Kern mit nahe konstanter Dichte und einem darum gelagerten Ring von ähnlicher Dichte besteht.

Eine Reihe weiterer Vorträge gehören *verschiedenen anderen Gebieten* an. R. PRAGER (Berlin-Babelsberg) sprach über Eigentümlichkeiten in den Lichtkurven einiger δ Cephei-Sterne, die darauf hinweisen, daß auch diese Variablen möglicherweise zu den Bedeckungsveränderlichen gehören. E. SCHOENBERG (Breslau) hat den Strahlungsdruck von Sonne und Planeten in der Nähe der letzteren berechnet und wies auf die Bedeutung hin, die der Strahlungsdruck für die Bildung des Saturnrings gehabt haben kann. Der Astronom Royal F. W. DYSON (Greenwich) und H. KIENLE (Göttingen) berichteten über Beobachtungen bei der totalen Sonnenfinsternis vom 14. Januar 1926; von großer Wichtigkeit sind die ausgezeichneten Aufnahmen vom Flashspektrum, welche die englische Expedition mit einem Spaltspektrographen erhalten hat.

Ein Festtag besonderer Art war schließlich für die Versammlung der 18. August, der *dem Andenken Tycho Brahes* gewidmet war. Gerade vor 350 Jahren ist der Grundstein der Uraniborg auf der Insel Hven gelegt worden. Die Versammlung fuhr zu der kleinen im Sund gelegenen Insel hinüber, wo die schwedische Akademie der Wissenschaften inmitten der Überreste der Tycho-nischen Sternwarte eine würdige Gedächtnisfeier veranstaltete; der schwedische Reichsantiquar S. CURMAN und Ö. BERGSTRAND (Upsala) gaben einen Überblick über das Schicksal der Uraniborg und über die Bedeutung TYCHO BRAHES. Von den Bauten TYCHO BRAHES ist wenig übriggeblieben. Die noch vorhandenen Erdwälle lassen immerhin die Lage der einzelnen Teile der Sternwarte noch deutlich erkennen. Einige Reste sind ausgegraben, andere, die vor zwei Jahrzehnten ausgegraben waren, der besseren Erhaltung wegen wieder provisorisch zugeschüttet. Am Nachmittag ging die Fahrt zu dem bei Helsingör gelegenen Schloß Kronborg, in welchem sich TYCHO BRAHE eine Zeitlang aufgehalten hatte. Das Schloß enthält jetzt ein dänisches Nationalmuseum, in welchem besondere Räume der Astronomie gewidmet sind. Die Sternwarte Kopenhagen und die Kgl. Bibliothek hatten außerdem im Schloß eine besondere Ausstellung alter Buchwerke und Manuskripte, besonders von TYCHO BRAHE selbst veranstaltet.

Es war geweihter Boden, den die Versammlung an diesem Tag betreten durfte. Eindringlicher noch als sonst spricht zu uns an *diesen* Stätten das Werk TYCHO BRAHES, eines der ganz Großen, der mit wenigen zuerst erkannt hatte, daß die exakte Beobachtung das Fundament aller Naturforschung ist. Wenn wir heute die Erde sehen, die seine Meßwerkzeuge getragen hat, wenn wir vor seinen Beobachtungsbüchern und den kostbaren Werken stehen, die Zeugen eines ungeheuren Fleißes sind, so ist dies alles eine ernste und in unserer Zeit nicht ganz überflüssige Mahnung: die Beobachtung immer genauer durchzuführen, sie immer mehr von schädlichen Fehlerquellen zu befreien, dann aber auch sie stehen zu lassen, wie sie ist, und nicht an ihr zu rücken und zu deuteln, bis sie uns das zeigt, was wir gern aus ihr herauslesen möchten.

Besprechungen.

CULAT-WELLENBERG, W. v., C. v. KLINCKOW-STROEM und H. ROSENBUSCH, **Der physikalische Mediumismus**. (Der Okkultismus in Urkunden, Band 1.) Berlin: Ullstein 1925. XIII, 494 S. und 15 Tafeln. 18 x 27 cm. Preis geh. RM 15.—, geb. RM 18.—.

Unter dem Titel „Der physikalische Mediumismus“ ist der *I. Band* eines von MAX DESOIR herausgegebenen Sammelwerkes „Der Okkultismus in Urkunden“ jetzt erschienen. Die beiden anderen Bände haben die Titel „Intellektuelle Phänomene“ und „Suggestion und Hypnose“. Als Herausgeber zeichnet der bekannte Neurologe und Psychiater Dr. W. v. GULAT-WELLENBURG. Er hat sich, wie er in einer Vorbemerkung des Buches mitteilt, in Rücksicht auf den Umfang des vorliegenden Materials dazu entschlossen, die beiden Herren, Graf CARL VON KLINCKOWSTROEM, Historiker der exakten Wissenschaften, und Dr. med. HANS ROSENBUSCH als Mitarbeiter heranzuziehen, so daß das Buch aus der gemeinsamen Arbeit der drei Verfasser entstanden ist. Die Art des Zusammenarbeitens ist besonders im Vorwort und im Schlußkapitel präzisiert.

Der Zweck des Buches ist — wie in der Vorrede ausgeführt wird — der, auf breiter Basis das Erfahrungsmaterial, soweit es sich um die sog. physikalisch-mediumistischen (paraphysischen) Phänomene handelt, einer eingehenden kritischen Prüfung zu unterziehen. Dies erschien um so notwendiger, als in der deutschen Literatur bisher kein Sammelwerk aus der neueren Zeit vorhanden ist, das in kritischer Weise über das Gesamtgebiet des Okkultismus orientiert.

Obgleich das Material noch niemals kritisch durchgearbeitet worden ist, sind doch von verschiedenen Seiten her diese Phänomene bereits „zu Bausteinen für weitausegreifende philosophische Spekulationen neovitalistischer Richtung“ verwendet worden. In dem vorliegenden Buche soll lediglich die *Tatsachenfrage* einer kritischen Analyse unterzogen werden, und zwar daraufhin, „ob irgendwo in der umfangreichen Literatur Versuche beschrieben sind, die mit Sicherheit den völligen Ausschluß jeder Betrugsmöglichkeit“ gewährleisten. Diese Formulierung der Aufgabe erscheint den Verfassern deshalb berechtigt, weil es sich in vorliegendem Falle nicht um exakte Experimente handelt, wie sie beispielsweise in der Physik üblich sind, sondern um „verdächtig anmutende Phänomene, die ganz aus dem Rahmen der täglichen Erfahrung fallen und zudem an ‚Medien‘ geknüpft erscheinen, die, wie die Geschichte des Mediumismus lehrt, ein hohes Maß von Mißtrauen rechtfertigen“.

In dem etwa 500 Seiten umfassenden Werke wird tatsächlich auch — wie im Vorwort in Aussicht gestellt — das gesamte, ernst zu nehmende, in der Richtung des physikalischen Mediumismus vorhandene Material in einer bisher in dieser Literatur noch nicht vorhandenen wissenschaftlich-kritischen Gründlichkeit und in durchaus unvoreingenommener Weise verarbeitet.

Als Material kommen natürlich nicht die dem modernen „wissenschaftlichen“ Mediumismus vorangegangenen spiritistischen Dokumente in Frage, weil diese ihrer ganzen unexakten Darstellung nach nichts Brauchbares über die wirklichen Vorgänge, die sie beschreiben wollen, aussagen. Dagegen sind diejenigen Medien und die Experimente derjenigen Versuchsleiter, die in der modernen okkultistischen Literatur als die klassischen angesehen werden, auf das Eingehendste behandelt, so z. B. die Experimente von WILLIAM

CROOKES mit D. D. HOME und FLORENCE COOK, ferner das Medium SLADE und seine Experimente unter der Versuchsleitung von ZÖLLNER, und schließlich die beiden Medien der letzten Zeit, welche die Hauptstützen des modernen Okkultismus sind: EUSAPIA PALADINO und EVA C.

Die Herren Verfasser haben unter sich das umfangreiche Material ziemlich gleichmäßig verteilt. Die Darstellung würde wegen der andauernden Wiederholungen der Erscheinungen den Leser ermüden, wenn nicht interessante Kapitel über die Methodik der okkultistischen Veranstaltungen im allgemeinen, sowie über die persönlichen Beobachtungen der Verfasser eingeflochten wären.

Wenn man unvoreingenommen die Erscheinungen des Okkultismus aus den verschiedenen Zeiten der okkultistischen Literatur miteinander vergleicht, so fällt sofort in die Augen, daß in dem Maße, als das naturwissenschaftliche Wissen sich bei den Beobachtern und den Versuchsleitern entsprechend der allgemeinen Entwicklung dieser Wissenschaften vergrößert hat und damit nach und nach die Beobachtungsmethoden und die Kritik der Versuchsleitung zugenommen haben, die okkultistischen Erscheinungen seltener und dürrtiger geworden sind.

Bis auf den heutigen Tag ist in der Mehrzahl der Fälle der Versuchsleiter recht vertrauensselig geblieben, da er ja meistens von vornherein die okkultistischen Erscheinungen als verbürgt hinnimmt und daher von ihm vorher Erwartetes erlebt. Ganz selten ist seine seelische Einstellung auf die Frage, ob die Erscheinungen wirklich okkultistischer Art sind.

Das Gebiet des physikalischen Mediumismus umfaßt bekanntlich in erster Linie „die Materialisationserscheinungen, welche als der Naturkraft des Mediums entstammende Vorgänge“ angesehen werden. Vitale Kräfte des Organismus „unter einem bisher nicht genügend geklärten, vom normalen Wachstums abweichenden Bewußtseinszustande des Mediums, sollen sich abspalten und herausprojiziert“ werden können.

Die modernen Okkultisten erklären die Erscheinungen als die Wirkungen an sich unsichtbarer Kraftlinien, welche sich besonders in dunklen und engen Räumen verdichten können zu etwas sichtbar Stofflichem. Auf diese Weise wäre die Bildung von menschlichen Glied- oder Ganzformen zu erklären.

In zweiter Linie gehören in dieses Gebiet die Erscheinungen der Telekinese, d. h. in der Hauptsache das Tischrücken mit allen seinen Abarten bis zur Tisch-erhebung und Tischschweben ohne Berührung, sowie die aus der spiritistischen Phase noch bekannten Erscheinungen von scheinbar ohne Berührung sich hin- und herbewegenden Gegenständen, das Spielen von musikalischen Instrumenten usw.

Am meisten Aufsehen haben seinerzeit die Versuche mit dem Medium EVA C. erregt, welche bekanntlich in einem Werke von SCHRENCK-NOTZING mit zahlreichen Abbildungen von Materialisationsproben auf das eingehendste behandelt sind. SCHRENCK versuchte seinerzeit die Tatsächlichkeit der mediumistischen Erscheinungen hauptsächlich durch Blitzlichtphotographien nachzuweisen, wobei im geeigneten Moment der sonst dunkle Sitzungsraum erleuchtet wurde. Bei der Veröffentlichung dieses Buches entstanden lebhaft Bedenken gegen eine große Anzahl dieser Photographien in mannigfaltiger Hinsicht. Besonders großes Aufsehen erregte jene Materialisation, auf welcher das Wort „Miro“ in Druckschrift zu lesen war. Es wurde nachgewiesen, daß dieses Bild mit einem in einer

Nummer der viel gelesenen Pariser illustrierten Wochenschrift „Le Miroir“ große Ähnlichkeit hatte und nachdem dies einmal festgestellt war, wurde eine ebenfalls auffallende Ähnlichkeit einiger anderer mit reproduzierten Materialisationen gefunden (vgl. S. 401 des Buches).

Auch die Protokolle, welche SCHRENCK-NOTZING über die Sitzungen mit EVA C. veröffentlicht hat, lassen in bezug auf Korrektheit vieles zu wünschen übrig. Ja, wie man aus dem Werke erfährt, sind sogar über das Protokoll vom 20. I. 1913 sehr heftige Meinungsverschiedenheiten zwischen SCHRENCK und einigen Teilnehmern entstanden, besonders deshalb, weil die von einigen der Teilnehmer, besonders von Dr. GULAT, erhobenen Einwände nicht, oder nur in ganz abgeschwächter und undeutlicher Form in dem Buche aufgenommen worden sind, und auch gewisse andere Verabredungen nicht innegehalten wurden.

Der Abschluß bei der Kritik der einzelnen Medien führt jedesmal zu der Feststellung, daß die Betrugsmöglichkeit nicht ausgeschlossen war.

In einem Nachwort vereinigen sich die drei Autoren zu einem gemeinschaftlichen Resümee. Sie weisen dabei noch ganz besonders auf das Unstatthafte hin, wenn okkultistisch orientierte Gelehrte immer wieder für die objektive Richtigkeit mediumistischer Erscheinungen sich auf die Autorität eines Mannes stützen, der auf irgendeinem anderen Einzelgebiete der Wissenschaft als Autorität gilt; sie wollen vielmehr — wie sie es in der Einleitung mit Recht erklärt hatten — den Tatbestand aus der einwandfreien Versuchsanordnung, wie sie in einem Protokoll geschildert sein müßte, beurteilen. Sie fordern, daß die Entscheidung über die Frage, ob es einen physikalischen Okkultismus gibt, nicht einer neuen Wissenschaft, der „Metaphysik“, zugesprochen werden dürfe, sondern einer bereits vorhandenen, nämlich der Beobachtungspsychologie. Der Schlußsatz des Buches lautet: „Der wissenschaftsgültige Nachweis der Phänomene des sog. physikalischen Mediumismus aber — und dies ist das Endergebnis unserer Untersuchung — ist bisher restlos gescheitert.“

Das besprochene Buch bringt eigentlich dem Leser mehr als es ankündigt. Es stellt nicht nur eine ausgezeichnete sachliche Kritik der bisher vorliegenden mediumistischen Dokumente dar, sondern es gibt dem den Dingen ferner stehenden Leser eine Übersicht über die Phänomene, die auf diesem Gebiet überhaupt vorliegen bzw. behauptet werden. Es ist also ein über den physikalischen Mediumismus gut orientierendes Buch.

Das gleiche Ziel wie dieses Buch, nämlich eine scharfe wissenschaftliche Kritik des okkultistischen Tatsachenmaterials, aber für ein engeres Gebiet desselben, hat übrigens der kürzlich verstorbene Berliner Okkultist FRITZ GRUNEWALD auch verfolgt. Er wurde seinerzeit dadurch bekannt, daß er — ein früherer Techniker und Konstrukteur der Fa. Siemens & Halske A.-G. — es unternommen hat, sein okkultistisches Laboratorium mit zahlreichen automatisch arbeitenden elektrisch-optischen Registriereneinrichtungen auszustatten, hauptsächlich, um Betrugsmöglichkeiten auszuschalten. Auf einem noch engeren Gebiete hat GRUNEWALD die gesamten, bisher vorliegenden behaupteten okkultistischen Ergebnisse untersucht, nämlich die der Tischerhebungen. Er benutzte hierzu alle vorliegenden Blitzlichtaufnahmen. Er suchte solche, bei denen aus der Photographie hervorging, daß jede Betrugsmöglichkeit ausgeschlossen war, und zwar dadurch, daß die Handhaltung, oder die Fuß- und die Kniestellungen der Versuchspersonen so waren, daß

ein Aufwärtsheben oder Aufwärtsschleudern des Tisches nicht hierdurch erfolgt sein konnte. Bei einem öffentlichen Vortrag zeigte er dann alle diese Aufnahmen. Nicht eine war zweifelsfrei. Nur zum Schluß war ein freischwebender Tisch zu sehen mit ihm selber und seinem Assistenten als Versuchspersonen. Er erklärte dieses Bild etwa folgendermaßen: „So müßte eine einwandfreie Tischerhebung aussehen. Ich muß aber sagen, daß mein Assistent und ich vorher unsere Handflächen mit Leim auf die Tischplatte festgeklebt hatten, um dieses Ergebnis zu erhalten.“

Neben dem Verdienste dieser Ehrlichkeit und solchen Mutes hat GRUNEWALD noch ein weiteres. Er baute einen Tisch, bei welchem durch die Konstruktion von vornherein Betrugsmöglichkeiten ausgeschlossen waren. Er erklärte, daß er mit diesem Tisch *nie* auch nur den geringsten Erfolg gehabt habe. Ich selber durfte einer solchen Sitzung beiwohnen und erinnere mich deutlich, wie das Medium zurückzuckte, als die Aufgabe gestellt wurde, mit *diesem* Tische zu experimentieren. Sie erklärte sofort sehr müde zu sein; die Experimente mußten abgebrochen werden.

Das Allerinteressanteste ist aber vielleicht die Wirkung dieser Ergebnisse auf den Okkultismus des FRITZ GRUNEWALD selber. Er behielt trotzdem seinen Glauben an Tischelevationen und rechtfertigte ihn damit, daß durch einen unglücklichen Zufall bei allen Tischexperimenten nie eine einwandfreie Blitzlichtaufnahme zustande gekommen sei. Bezüglich des Spezialtischen sagte er, daß dieser Tisch infolge irgendwelcher, noch unbekannter Umstände für die Zwecke der Elevation von ihm unrichtig gebaut sei!

Die Psychologie des Okkultisten ist eben doch wohl das Interessanteste am ganzen Okkultismus!

Graf Arco, Berlin.

RUSSELL, BERTRAND, **Unser Wissen von der Außenwelt.** Übersetzt von WALTHER ROTHSTOCK. Leipzig: F. Meiner 1926. VIII, 331 S. 15 × 23 cm. Preis geh. RM 10.—, geb. RM 12.—.

Diese Schrift, deren englische Originalausgabe bereits im Jahre 1914 erschien, reproduziert eine Reihe von Vorlesungen, welche, wie es im Vorwort heißt, „einen Versuch darstellen, Eigenart, Vermögen und Nichtvermögen der *logisch-analytischen Methode* in der Philosophie an der Hand von Beispielen darzulegen.“ Was unter dieser „logisch-analytischen Methode“ näher zu verstehen sei, ergibt sich zunächst am deutlichsten aus deren Gegensätzen. Der Verf. unterscheidet nämlich in der gegenwärtigen Philosophie drei Hauptrichtungen. Die erste von ihnen, als „klassische Tradition“ bezeichnet, leite sich in der Hauptsache von KANT und HEGEL her und stelle einen Versuch dar, „Methoden und Ergebnisse der großen spekulativen Denker seit PLATO den Bedürfnissen der Jetztzeit anzupassen.“ Die zweite Hauptrichtung, als „Evolutionismus“ bezeichnet, sei durch DARWIN zu ihrer großen Bedeutung gekommen, während als ihr erster Vertreter auf philosophischem Gebiet HERBERT SPENCER angesprochen werden müsse, dem sich dann in ähnlicher Richtung in jüngster Zeit WILLIAM JAMES und HENRI BERGSON anschlossen. Die dritte Hauptrichtung endlich wird „logischer Atomismus“ („in Ermangelung einer besseren Bezeichnung“) genannt. „Ihre Methode ist in Anlehnung an die kritischen Untersuchungen der Mathematiker langsam entstanden. Diese Art des Philosophierens, die einzige von allen, die ich glaube vertreten zu können, hat bis jetzt noch nicht viele überzeugte Anhänger, aber der von HAVARD ausgehende „Neurealismus“ ist sehr stark von demselben Geiste durchdrungen. Meines Erachtens liegt hier ein

ähnlicher Fortschritt vor wie er durch GALILEI in der Physik hervorgerufen wurde: beweisbare Einzelergebnisse treten an die Stelle unbewiesener, auf das Ganze gehender Behauptungen, für die man sich nur auf die Einbildungskraft berufen kann."

Man erkennt schon aus diesen wenigen Sätzen, daß es sich hier zunächst um eine Stellungnahme in extrem realistisch-positivistischem Sinne handelt, um eine Radikalisierung gleichsam dessen, was man in der jüngsten Vergangenheit gern als streng wissenschaftliche Philosophie — auch der Verf. braucht oft diesen Ausdruck — zu bezeichnen pflegt. Es ist darnach ohne weiteres verständlich, daß eine solche Stellungnahme von mancherlei Einseitigkeiten, Vorurteilen und selbst Mißverständnissen, im ganzen wie auch im einzelnen, nicht frei ist und nicht frei sein kann, so sehr auch, wie man anerkennen muß, der Verf. um Verständnis und Würdigung selbst entgegengesetzter Auffassungen bemüht ist. So stellt er der wissenschaftlichen die mystische Geisteshaltung in der Philosophie gegenüber. So fordert er von der Philosophie generell „ethische Neutralität“ und sagt darüber: „In der Philosophie ist ethische Neutralität bis jetzt selten angestrebt und kaum jemals erreicht worden. Man hat stets seine Wünsche vor Augen gehabt und mit bezug auf sie philosophische Fragen beantwortet“. Und die „klassische Tradition“ in der Philosophie charakterisiert er dahin, sie sei „das letzte überlebende Kind sehr verschieden gearteter Eltern; des griechischen Vertrauens in die Allmacht der Vernunft und des mittelalterlichen Glaubens an die Harmonie des Universums“. Aber selbst dem Evolutionismus gegenüber, dem Verf. so viel näher steht und in dem er die beherrschende philosophische Grundrichtung der Zeit sieht, finden sich in vielfacher Weise ähnliche Einseitigkeiten, Vorurteile und Mißverständnisse, so insbesondere auch in den eingehenden Auseinandersetzungen mit BERGSON, dem in dieser Hinsicht eine besondere Bedeutung zuerkannt wird.

Was in dieser Richtung in bezug auf BERGSON und den philosophischen Evolutionismus, aber auch ganz allgemein gegenüber den anderen philosophischen Grundrichtungen dem Verf. das Verständnis erschwert oder unmöglich gemacht hat, ist in ganz besonderem Maße seine teils einseitige, teils direkt irrtümliche Auffassung des Begriffes der Intuition, mit dem er sich vielfach in den verschiedensten Teilen seines Buches eingehend befaßt hat. Seit der Jahrhundertwende etwa ist ja dieser Begriff der Intuition allmählich immer bedeutungsvoller hervorgetreten, nicht nur in der Philosophie, sondern auch in den Einzelwissenschaften und insbesondere gerade auch in den Naturwissenschaften. Nichtsdestoweniger gibt es noch heute kaum über einen anderen wichtigen Grundbegriff aller Erkenntnis und Forschung so viel Verwirrung und Unklarheit wie über das Wesen der Intuition. Das zeigt sich auch in dem Buche RUSSELLS. Und es ergeben sich dabei mehrfach auch eigenartige Widersprüche. So erkennt er durchaus die große Bedeutung der Intuition an neben der logisch-analytischen Methode, deren sie, wie er mit Recht betont, zur Ergänzung selbst bedarf; aber dann stellt er jene doch wieder tief unter das Niveau der letzteren. Und so begreift er dann auch die Intuition das eine Mal als eine Art von Instinkt, und dies auch durchaus im Sinne der niedrigen Bewertung, welche mit diesem Begriff verknüpft ist; und ein andermal sagt er: „Der Verstand hat mehr eine prüfende und ausgleichende als eine schöpferische Funktion. Die Intuition dagegen ist es, die — selbst auf dem Gebiete der reinen Logik — Neues entdeckt“. Im ersten Abschnitt

des Buches heißt es einmal: „Die Intuition ist in Wirklichkeit eine besonders hochentwickelte Seite des Instinktes und, wie aller Instinkt, bewundernswert in der gewohnten Umgebung, in der sich die Gepflogenheiten des betreffenden Tieres herausgebildet haben.“ In den letzten Schlußbetrachtungen dagegen heißt es u. a.: „Nachdem alles getan ist, was man mit Hilfe der Methode zu tun vermag, ist ein Stadium erreicht, wo nur die unmittelbare philosophische Schau die Sache noch weiter fördern kann. Hier kann nur das Genie noch helfen . . . Das intuitive Erfassen einer nie zuvor gesehenen Möglichkeit.“

Indessen ungeachtet dieser kritischen Einwendungen muß doch anerkannt werden, daß RUSSELLS Buch im ganzen wie namentlich auch im einzelnen viele fruchtbare Gedanken bringt und positiv wertvolles gibt. Das gilt insbesondere vom 3. Hauptabschnitt, der denselben Titel trägt wie das Gesamtwerk „Über unser Wissen von der Außenwelt“, ebenso vom 4. Hauptabschnitt „Die Welt der Naturwissenschaft und die Sinnenwelt“, weiter aber auch von den eingehenden Untersuchungen über das Kontinuitätsproblem und das Unendlichkeitsproblem und die damit zusammenhängenden Fragen nach dem Wesen von Raum und Zeit. Ausgangspunkt und Vorbild richtunggebender Art sind dabei für den Verf., wie er selbst gelegentlich sagt und wie auch immer wieder hervortritt, einerseits die Mathematik, andererseits die exakte Naturwissenschaft, und so ist seine Hauptabsicht darauf gerichtet, auch die Philosophie im Sinne strengster „Wissenschaftlichkeit“ nach dem Muster mathematischer Naturwissenschaft gleichsam neu zu begründen. Der Weg zu diesem Ziele soll hier zunächst nur an der Hand einer Reihe besonders wichtiger Grundprobleme gewiesen werden. Diese werden dann allseitig untersucht mit vielem Scharfsinn, zuweilen aber auch mit jener wenig fruchtbaren und gelegentlich selbst ins Sophistische abirrenden Subtilität, welche eben da so leicht sich einstellen, wo der Gegenstand der Untersuchung seiner Natur nach der logisch-mathematischen Exaktheit sich versagt. Es ist in dieser Hinsicht z. B. charakteristisch, daß der Verf. selbst dem bekannten Sophisma des Eleaten Zenon von Achilles und der Schildkröte eine eingehende historisch-kritische Untersuchung widmet: Achilles kann die Schildkröte nie einholen, wenn er nach der Annahme ihr immer um die Hälfte der Entfernung näher kommt, denn, wie klein auch der Zwischenraum werden mag, immer wieder ist er durch 2 teilbar usw. Von ähnlicher Art ist es auch, wenn der Verf. KANT gegenüber, zu dem er überhaupt besonders häufig polemisch Stellung nimmt, sagt: „KANT, der für einen zünftigen Philosophen von Psychologie ungewöhnlich wenig verstand (an anderer Stelle spricht er übrigens von der ‚eingefleischten Subjektivität all seines Denkens‘ bei KANT), beschrieb den Raum als ‚ein unendliches, gegebenes Ganzes‘, aber schon ein Augenblick des Nachdenkens über psychologische Tatsachen zeigt, daß ein Raum, der unendlich ist, nicht gegeben sein kann und ein Raum, den man als gegeben bezeichnen kann, nicht unendlich ist.“

Alle kritischen Einwendungen indessen, die man im ganzen wie im einzelnen erheben muß, hindern, wie schon gesagt, nicht, das positiv Wertvolle des RUSSELLSchen Buches anzuerkennen. Es gibt vor allem auch selbst da, wo man nicht zustimmen vermag, öfter fruchtbare Anregungen, vor allem durch Eröffnung weiterer Ausblicke, die mancherlei Möglichkeiten zukünftiger Gedankenentwicklung erhoffen lassen.

M. KRONENBERG, Berlin.

SCHWERTSCHLAGER, JOSEPH, *Die Sinneserkenntnis*. München und Kempten: Josef Kösel u. Friedr. Pustet. 1924. IX, 300 S. Preis RM 6.50.

Diese Schrift verarbeitet in umfassender Darstellung in exakter und präziser, klarer Weise ein sehr umfangreiches Material auf einem bisher noch verhältnismäßig wenig, jedenfalls in dieser Ausdehnung noch wenig betretenen Gebiete. Wer sich über alles das, was mit den Sinnen, vorwiegend den Sinnen der Menschen, aber auch denen der Tiere, zusammenhängt, zu orientieren wünscht, wird in dem Buche SCHWERTSCHLAGERS ein gutes und im ganzen zuverlässiges wie nach vielerlei Richtungen anregendes Hilfsmittel finden.

Es fehlt dem Buche freilich in gewissem Maße an der in diesem Falle besonders wünschenswerten Einheitlichkeit der Auffassung und Darstellung, und eben deshalb ist es nicht ganz leicht, Zugang zum Ganzen zu gewinnen und frühzeitig zu wissen, was man an Aufklärung ungefähr zu erwarten hat. In dieser Hinsicht kann von vornherein der Titel des Buches zu allerlei Unklarheiten Anlaß geben. Jedenfalls hat das Wort „Sinneserkenntnis“, im allgemeinen Sprachgebrauch kaum angewandt, zunächst keinen rechten präzisen Inhalt, den es allenfalls auf Grund des SCHWERTSCHLAGERSCHEN Buches erst gewinnen könnte. Von vornherein könnte das Wort z. B. ebensowohl eine Erkenntnis bedeuten, welche von den Sinnen ihren Ausgang nimmt, diese zur Grundlage hat, als auch eine solche, die sich auf die Sinne bezieht, diese als Objekt umfaßt und begreift. In der Tat ist aber beides der Fall, ohne daß doch das eine und das andere immer deutlich voneinander unterschieden wären. Man könnte nach dem Titelwort auch annehmen, daß es sich hier um eine erkenntnistheoretische und erkenntniskritische Schrift handle — aber das ist nur in bedingtem und begrenztem Maße der Fall. Erkenntnistheoretische, wie überhaupt allgemein philosophische, und im besonderen natürlich dann psychologische Betrachtungen und Untersuchungen treten wohl im ersten Hauptteil „Die Sinneserkenntnis im allgemeinen“ bedeutsam hervor, dagegen im zweiten Hauptteil „Die einzelnen Sinne und ihre Tätigkeit“ tritt das alles ganz zurück gegenüber den Darlegungen rein empirischer exakter Naturerkenntnis, im Sinne der Physik, Biologie, Anthropologie usw. Indessen bemerkt der Verf. selbst: „Der Nerv der vorliegenden Untersuchung liegt im ersten Hauptteil. Ich habe lange geschwankt, ob ich den zweiten Hauptteil überhaupt anfügen solle. Wenn es jetzt doch geschehen ist, wollte ich nicht nur den Gedankengang des ersten allgemeinen Teils im zweiten gleichsam am Prüfstein des lebensstätigen Organismus verifizieren, sondern es bestimmten mich wesentlich auch Rücksichten auf die Bedürfnisse der studierenden Kreise und des gebildeten Publikums.“

Den philosophischen, und insbesondere auch erkenntnistheoretischen, Standpunkt, den der Verf. vertritt, bezeichnet er selbst als den eines „kritischen Realismus“. Im Grunde handelt es sich ihm in der vorliegenden Schrift aber nur darum, nach Möglichkeit innerhalb der Grenzen des empiristischen Standpunktes zu bleiben und kritischen, allgemein theoretischen, oder gar metaphysischen Betrachtungen nur dort ein wenig Raum zu geben, wo die reinen Sinneserscheinungen mit den höheren Bewußtseinsformen sich berühren. Das geschieht aber naturgemäß nur sehr sporadisch und in ganz begrenztem Maße, da, wie der Verf. selbst sagt: „Ich habe mich stets bemüht, die Sinnestätigkeit frei von jedem intellektuellen Einschlag darzustellen und zu diesem Behufe ausgiebig die Biologie und Psychologie der Tierwelt heranzuziehen.“

Indessen tritt doch auch in diesen selteneren allgemein philosophischen Betrachtungen eine einseitige und öfter polemische Einstellung gegenüber dem idealistischen Standpunkt zutage, auch gegenüber dem kritischen Idealismus im Sinne KANTS. Daher polemisiert er u. a. gegen die Auffassung KANTS vom Wesen des Raumes und kommt dabei sogar zu der ihn völlig mißverstehenden Äußerung: „KANT mit der ganzen idealistischen Schule erklärt die Ausdehnung rein subjektiv, als gegeben durch eine apriorische Anschauungsform der Seele, in welche die von den Gegenständen kommenden Phänomene gleichsam eingepreßt werden.“ In ähnlicher Weise nimmt der Verf. aber z. B. auch Stellung gegen FECHNER, ja sogar und zu wiederholten Malen gegen HELMHOLTZ. Letzterem bestreitet er das Recht, von den „Eigenschaften des Dinges das Ding an sich zu unterscheiden und zu leugnen, daß die Sinnesempfindungen als Wirkung des Sinnesding als Ursache repräsentieren oder ein Bild von ihm entwerfen“; und ein andermal nennt er die Ansichten HELMHOLTZ' von den unbewußten Vorstellungen und Schlüssen „reichlich so unklar wie diejenigen SCHOPENHAUERS und v. HARTMANNs in ihrer Lehre vom Unbewußten. Das beweist schon seine schwankende Ausdrucksweise.“ Ja, es heißt sogar einmal ganz allgemein: „Wir wissen, daß der subjektiv-idealistische Standpunkt dem Leben und seinen Bedürfnissen Hohn spricht, darum abgelehnt werden muß. Die Beweise ZENONS gegen die Glaubwürdigkeit der Sinneserfahrung bilden wahre Schulbeispiele von raffinierten und schon deswegen verächtlichen Trugschlüssen.“

Eine derartige Stellungnahme wird erklärlicher, wenn man bemerkt, daß der Verf. sich gelegentlich vor allem auch auf die Scholastiker, auf THOMAS AQUINAS u. a. beruft. Und es bedarf kaum eines Hinweises, daß dadurch besonders die Betrachtungen und Untersuchungen über das Wesen und die Formen des Bewußtseins, das Verhältnis von Subjekt und Objekt usw. im Sinne einseitigster und abwegiger Stellungnahme beeinflusst werden. Aber alle diese Einseitigkeiten, die so gelegentlich hervortreten, hindern dennoch nicht, das Wertvolle der Schrift im ganzen im eingangs erwähnten Sinne durchaus anzuerkennen.

M. KRONENBERG, Berlin.

CONRAD - MARTIUS, HEDWIG, *Realontologie*. I. Buch. Halle: Max Niemeyer. 1924. III, 175 S. Preis RM 6.—.

„Wir fragen, was ist Realität? Es handelt sich uns dabei um eine reine Wesenserforschung im Sinne der HUSSERLSCHEN Eidetik. Die erkenntnistheoretische Problematik: wodurch und inwieweit man sich versichern könne, ob dieses oder jenes Gegebene ein wahrhaftig Reales *ist* oder nicht — diese Problematik, die so lange den freien Zugang zu jedweder recht philosophischen Fragestellung versperrt hat, bleibe hier völlig außerhalb der Diskussion. Wir fragen, was eine Realität, *wenn* sie sich faktisch vorfindet oder auch nur als vorgefunden gedacht werden mag, zu einer solchen an sich selbst macht oder machen würde.“

Mit diesen Sätzen ist bereits die Grundrichtung der vorliegenden Schrift kurz bezeichnet. Sie ist ganz aus der Schule HUSSERLS hervorgegangen und vertritt dessen Phänomenalismus, wie sie denn auch EDMUND HUSSERL selbst gewidmet und in dem von ihm herausgegebenen Jahrbuch für Philosophie zuerst erschienen ist. Es handelt sich ja bei diesem Phänomenalismus HUSSERLS und seiner Schule um die schwierigsten und subtilsten Betrachtungen und Untersuchungen abstrakten Denkens. Es ist daher oft gar nicht möglich, wie auch vorliegende Schrift zeigt, überall einwandfreie

Ergebnisse zu erzielen und noch weniger zu restloser Klarheit zu gelangen. Auf die Möglichkeit mannigfacher Mißverständnisse deutet auch die Verf. hin und auch u. a. auf eine der Hauptursachen für dieselben, darin liegend, daß man „nicht genau auf die Sache selbst gerichtet ist, sondern sich äußerlich an die immer nur symbolisch zu verwendenden Ausdrücke und Begriffe hält“. Nichtsdestoweniger darf man anerkennen, daß innerhalb der gegebenen Grenzen des Möglichen die Darstellung klar und flüssig ist, und, ein dabei wesentlich mitwirkendes Moment, zuweilen auch selbst im Zusammenhang subtilster Abstraktionen eine gewisse persönliche Note nicht vermissen läßt.

Freilich muß gerade dort, wo diese besondere und persönliche Note sich zeigt, nicht selten mehr oder weniger der Widerspruch sich geltend machen. Die Verf. eröffnet zuweilen von rein erkenntnistheoretischen Untersuchungen Ausblicke selbst in das Religiöse, auch im Sinne persönlicher Glaubensvorstellungen, und dabei ist ein mystischer Zug öfter unverkennbar. Charakteristisch ist dafür auch, daß unter den wenigen philosophischen Autoritäten, auf die sich die Verf. gelegentlich beruft, gerade FRANZ v. BAADER, der der Mystik zugeneigte Philosoph der SCHELLINGschen Schule, die bevorzugte Stelle einnimmt. Indessen ist dies alles durchweg doch von keiner ausschlaggebenden Bedeutung, und wo es hervortritt, ist es nur geeignet, einen wesentlichen Grundzug der vorliegenden Schrift in helleres Licht zu setzen: daß auch sie, wie schon so manche andere erkenntnistheoretisch-naturphilosophische literarische Erscheinung der unmittelbaren Gegenwart, von aller materialistischen und selbst naturalistisch-positivistischen Einstellung weit entfernt ist, vielmehr die Einheit des Materiellen und Geistigen, ja bevorzugt die Bedeutung des letzteren, nachdrücklich zur Geltung zu bringen sucht.

Zunächst und vor allem handelt es sich, wie schon gesagt, um die Grundfrage nach dem Wesen der Realität. In diesem Sinne wird nach dem „Ontischen“ in dieser Realontologie gesucht. Wie weit sich diese Untersuchung von mancherlei üblichen Auffassungen entfernt, zeigen schon beispielsweise einige negative Bestimmungen. So ist zunächst geltend zu machen: „Die ‚ideale Existenz‘ oder die dichterische oder die geometrische kann z. B. in keinem Sinne als ‚Vorstufe‘ schon der realen Existenz oder als Annäherung an dieselbe aufgefaßt werden, mit der also das pure und radikale Nichtsein in der Richtung auf das reale Sein hin schon irgendwie und ernstlich überwunden wäre; nein: was ‚nur idealiter existiert‘, existiert eben damit — streng sachlich genommen — überhaupt noch nicht. Und die reale Existenz ist nicht eine ‚Daseinsform‘ unter anderen, sondern etwas schlechthin und absolut Neues.“ Aber auf der anderen Seite kann auch z. B. „Zeitlichkeit oder Räumlichkeit deshalb nicht als an sich selbst das Wesen der Sache treffendes Moment angeführt werden, weil ihr Vorhandensein immer nur die sachliche *Konsequenz* eines spezifisch gestalteten realen Daseins, nicht aber die *Vorbedingung* desselben ist: nicht ist etwas deshalb real, weil es räumlich oder zeitlich existiert, sondern es existiert räumlich-zeitlich oder auch nur zeitlich, weil es wesensmäßig einem bestimmten Realitätsmodus angehört.“ Im allgemeinen Sinne, kurz gefaßt, heißt es an anderer Stelle: „Physikalische Beziehungen setzen fertig konstituierte Natur voraus; ontische Beziehungen konstituieren sie.“

Den Hauptinhalt der Schrift bilden indessen nicht die Darlegungen über den Allgemeinbegriff der Realität, sondern die von vielen Seiten her in Angriff genommenen Erörterungen über einige wichtige Haupt- und

Grundphänomene des Realen. So wird in besonders umfassender Weise das Wesen des Materiellen und der Materialität behandelt. Deutlicher noch als vorher hat man hierbei den Eindruck, daß es sich bei diesen Untersuchungen über die Frage: Was ist Materie? im wesentlichen um ein Umschreiben, oder, könnte man genauer sagen, ein Umkreisen der die Materialität als Phänomen konstituierenden allgemeinen und Sonderbestimmungen handelt, und zwar mit Worten und Begriffen, die teils in gebräuchlichem, teils in modifiziertem Sinne genommen, oder auch für den Sonderzweck neu gebildet sind. So wird beispielsweise einmal gesagt: „Es kann sozusagen eine Ruhe der Kraft und eine Ruhe der Ohnmacht geben . . . Bei der Materie ist es nun aber offenbar die Ruhe der Ohnmacht, oder schlichter und sachlicher ausgedrückt, die Ruhe des bloßen Seins. Es ist nichts weiter da als Füllung schlechthin. Jeder Faktor, der — im positiven Sinn — trägt und hält und also in Schweben hält oder hinaus- und hinaufhält, fehlt. Tiefe auf Tiefe wird ausgefüllt, Fülle auf Fülle drängt sich hinein, Last auf Last wird angehäuft, da ist kein Absehen, da ist eine Unendlichkeit der ‚Ausfüllung‘, Beschwerung und Anhäufung. Das sind genetische Wendungen, die natürlich als solche nicht mit in die Sache hineingenommen werden dürfen. Aber die Sachlage läßt sich nicht anders fassen. Eine Unendlichkeit und Maßlosigkeit purer Anhäufung, wie sie eben der Unendlichkeit und Maßlosigkeit an Leere ‚des zu füllenden‘ Abgrundes entspricht . . . Daß etwas Fülle der Substanzialität hat bei gänzlichem Mangel an ureigenem Vermögen zu dieser Fülle und dieser Substanzialität — hierin liegt das Groteske und Horrende. Daß etwas Träger ist in dem *nur* formalen Sinne der reinen Realitätssetzung, daß es nur ‚trägt‘ als das Hypokeimenon schlechthin aufgeladener Fülle — das *macht* eine rein materielle Setzung zu einer solchen.“

Ein anderes Mal wird die Materialität auch als „das spezifisch Ungeinnerte“ bezeichnet, im Gegensatz zu dem Geinnerten und der Innerung: „Was sich selber in sich selber hat und dadurch beherrscht, besitzt eine seinsmäßig geinnerte Konstitution.“ Tritt hier schon einigermaßen der Gegensatz von Materiellem zu Immaterialiem (Seelischem und Geistigem) zutage, so wird die Beziehung von beiden deutlicher, da, wo von besonderen Erscheinungsformen der Materialität, vor allem von der Wärme, Ton und Geräusch, Festem und Flüssigem, gasförmigem Zustand usw. die Rede ist. Von letzterem heißt es geradezu: „Das Verhältnis zwischen fester und gasförmiger Materie bildet in der Sphäre des Stoffes in niederster Form das Verhältnis zwischen Leib und Geist ab.“ Hier, bei dieser Wegerichtung der Untersuchungen, geschieht es dann natürlich am ehesten und leichtesten, daß die Darstellung sich in allerlei Seitenwege mystischer Vorstellungen verirrt. Immerhin geschieht dies auch hier nur ganz sporadisch und beiläufig, es wirkt aber eben deshalb um so eigenartiger und seltsamer, gerade weil im übrigen die ganze Darstellungs- und Betrachtungsweise sich ziemlich streng an die reinen Naturgegebenheiten hält, auch da, wo sie in der phänomenalistischen Betrachtung sich weit von ihnen, im begrenzteren Wortsinne wenigstens, zu entfernen scheint.

Besonders bemerkenswert sind dann endlich die abschließenden Untersuchungen der vorliegenden Schrift über das *Licht*. Folgt man nun diesen Bemühungen, Antwort auf die Frage zu finden: was ist und worin besteht das Wesen jener Sonderart von Realität, die wir als Licht bezeichnen, so wird man freilich lebhaft an die Stellungnahme Goethes erinnert, der, obwohl er den Lichtphänomenen eine so bedeutungsvolle, langdauernde und hingebende Arbeit gewidmet hat, doch

unumwunden erklärte, es sei schlechterdings unmöglich, in das Wesen des Lichtes einzudringen. Allerdings hat ja aber auch Goethe bekannt, und es als besonderen Vorzug seiner eigenen Geistesart betrachtet, daß er nie über das Denken gedacht habe. Aber gesteht man nun einmal auch dem andersartigen Verfahren, auch dem Denken über das Denken und dem innerhalb der eigenen Sphäre um die Phänomene kreisenden Denken eine gewisse Daseinsberechtigung trotz allem zu, so wird man anerkennen dürfen, daß gerade mit den Erscheinungsformen des Lichtes und verwandter Phänomene ein Gebiet betreten wird, wo dieses Verfahren am ehesten angebracht erscheint und auch mindestens zu allerlei wertvollen Anregungen führen kann, vor allem wiederum dort, wo die Phänomene der Materialität und der Immaterialität sich nahe berühren oder vielmehr ganz ineinandergreifen und eins zu werden scheinen. In diesem Sinne heißt es z. B. von der Vorstufe des engeren Lichtphänomens, dem glühenden Körper: „Versuchen wir jetzt seismäßig zu fassen, was mit ihm (dem glühenden Körper) gesetzt und gegeben ist. Oben sagten wir: wenn ein Körper ins Glühen gerät, geschieht so etwas wie ein ‚Ausbruch‘. Und es ist ja auch in der Tat unverkennbar, daß man einem Höchstmaß von Aktivität gegenübersteht. Einem Übermaß — möchte man sagen. Denn die betreffende materielle Entität ist in diesem Zustand nicht mehr das, was sie war. Man kennt sie nicht mehr, weil sie sich selber nicht mehr kennt: sie ist außer sich geraten. Noch einmal: das sind nicht nur bildliche Wendungen. Es ist eigentlich, es ist ganz wörtlich zu nehmen, was mit ihnen bedeutet wird. Im Zustande des Glühens befindet sich die Materie in Ekstase. Primär lichthafter Zustand ist Stoffekstase.“ — „Aus dem Zustande des bloßen Glühens gibt es 2 Auswege (wenn nicht der Erregungszustand als solcher überhaupt aufhört und die Entität wieder in ihre normale Verschllossenheit und ‚Finsternis‘ zurücksinkt). Der eine Fall ist: Das bloße Glühen vollendet sich in der Verklärung. *Verklärung*, die endgültige Hinausversetzung aus selbstumgrenzender und -verschließender Gebundenheit, die die totale seismäßige Aufschließung der gegebenen Fülle impliziert und so *Klarheit* durch und durch setzt. Vom Zustand des bloßen Glühens zur Verklärung kann es keinen allmählichen Übergang geben, weil die vollständige Hinausversetzung eine totale Verkehrung der Seinsverfassung in sich schließt. Es ist ein ‚Sprung‘ in ein völlig Neues hinein. . . . Der zweite Fall ist: Das Erregte *entzündet* sich vollständig und schlägt in totaler, in sozusagen nackter Entbundenheit hervor — alle Schranken leibhafter Umgrenzung gänzlich durchbrechend. . . . Das Entzündungsmoment ist dieses Moment des Herausbrechens zu absoluter Selbsttranszendenz. Es ist das Moment des schlechthinigen und nackten Herausschlagens der freien Selbstheit.“

In bezug auf das Lichtphänomen in engerem Sinne, heißt es dann einmal: „Glühen, Feuer, Verklärung — alles sind lichthafte Gegebenheiten. Was ist aber Licht selber? Wir sagten oben: Licht — in naturhaft gegebenem Sinn — ist Stoffekstase. Aber wir wollen jetzt lieber sagen: Stoffekstase *setzt* Licht. Wo ein Stoff aus der Immanenz zur Transzendenz hervorbricht, wird er dadurch und damit lichthaft.“ Doch sind diese Darlegungen über das Licht offenbar noch nicht ganz zu Ende geführt, sie brechen etwas unvermittelt ab — der vorliegende stattliche Band von 175 Seiten wird noch seine Fortsetzung finden.

M. KRONENBERG, Berlin.

WENZL, ALOYS, *Das Verhältnis der Einsteinschen Relativitätslehre zur Philosophie der Gegenwart.*

München und Leipzig: Rösl & Cie. 1924. 162 S. Preis RM 2.—.

Diese Schrift, als 9. Band der Sammlung „Bausteine zu einer Philosophie des Als-Ob“ (herausgegeben von HANS VAHINGER und RAYMUND SCHMIDT), erschienen, ist aus einem Preisausschreiben, das die „Gesellschaft der Freunde der Philosophie des Als-Ob“ erlassen hatte, hervorgegangen und mit dem ersten Preise ausgezeichnet worden. Die Preisaufgabe lautete: „Das Verhältnis der EINSTEINSCHEN Relativitätslehre zur Philosophie der Gegenwart mit besonderer Rücksicht auf die Philosophie des Als-Ob.“ Genau ebenso, auch mit dem letzteren Zusatz, lautet auch der Titel der vorliegenden Schrift. Und so wäre es danach erklärlich, wenn die Philosophie des Als-Ob nicht nur den Ausgangspunkt der Schrift bilden würde, wie es in gewissem Sinne ja auch der Fall ist, sondern auch ganz und gar im Mittelpunkt der Untersuchungen stehen und diese durchaus beherrschen würde. Aber das ist keineswegs der Fall, wie von vornherein rühmend anerkannt werden muß. Vielmehr ist der Verf. ernstlich und mit Erfolg bemüht, den verschiedenen philosophischen Haupt- und Grundrichtungen, wenn und soweit sie überhaupt hier in Betracht kommen, möglichst gleichmäßig gerecht zu werden. In diesem Sinne untersucht er denn also das Verhältnis der Relativitätslehre wie zur Philosophie des Als-Ob so auch besonders zum Positivismus und zu dem, was er als Apriorismus bezeichnet und womit er hauptsächlich die KANTISCHE Lehre begreift. Nur in geringerem Maße werden zuletzt mehr anhangsweise auch andere philosophische Richtungen der Gegenwart wie der realistische Empirismus, der Vitalismus, neuere metaphysische Anschauungen, BERGSONS Lehre u. a. mit berücksichtigt.

Mit Recht betont der Verf. einleitend, das starke Interesse an der EINSTEINSCHEN Relativitätslehre gründe sich vor allem auch darauf, daß sie gerade jene Probleme umfaßt, die den Grenzgebieten von Mathematik, Physik und Philosophie angehören und die erkenntnissuchende Welt von jeher besonders bewegt haben: das Zeit- und Raumproblem, die Probleme der Realität, der Substanz und der Kausalität. So sei es auch natürlich, daß die Auseinandersetzung über die Relativitätslehre immer mehr auf das philosophische Gebiet verlegt worden sei. „In der Tat, die Relativitätslehre wirft all die oben erwähnten Probleme wieder auf und behandelt sie in neuartiger höchst unerwarteter Weise. Es ist kein Zweifel, daß das Urteil über die Berechtigung dieser Art der Behandlung und die mit der Relativitätstheorie ebenfalls wieder besonders akut gewordene Frage nach der Aufgabe der Naturwissenschaft überhaupt vor das Forum der Erkenntnislehre gehören.“

Wenn nun in diesem Sinne die Relativitätslehre vom Standpunkte der Philosophie des Als-Ob geprüft wird, so muß von vornherein zugestanden werden, daß gerade von diesem Standorte aus sich besonders günstige Ausblicke zu ergeben scheinen. Denn die Fiktionen spielen ja schon in den wichtigsten Darlegungen EINSTEINS selbst und seiner Anhänger eine sehr bedeutungsvolle Rolle. Freilich muß man hier unterscheiden: einzelne Fiktionen bedeuten noch nicht eine Stellungnahme im Sinne des Fiktionalismus, und der Verf. will noch die Fiktionenlehre vom „Fiktivismus“ getrennt wissen, und schließlich deckt sich auch damit nicht völlig die VAHINGERSCHE Lehre des Als-Ob, deren Grundfrage, wie der Verf. meint, dahin laute: „Wie kommt es, daß trotz falscher Vorstellungen richtige Resultate zustande kommen?“ Gleichviel aber, so drängen sich innerhalb der Relativitätslehre jedenfalls die Als-Ob-Formulierungen vielfach von selbst auf. So ist es bei-

spielsweise bei dem bekannten MICHELSON-Versuch. Dieser Versuch, sagt der Verf., „erweist entweder, daß die Endgeschwindigkeit in die Lichtgeschwindigkeit eingeht — das ist der Fall für eine Emissionstheorie des Lichtes oder für eine Theorie des mitbewegten Äthers — oder daß die Maßstäbe variieren — diese Deutung führt zu der LORENTZ-Hypothese oder zu der EINSTEINschen Relativierung. Je nachdem, welche von diesen Deutungen man als die wirkliche annehmen will, ergeben sich folgende Möglichkeiten, die auch O. KRAUS aufzählt: Das MICHELSON-Experiment ist ausgefallen: a) als ob das mechanische Relativitätsprinzip auch für die Optik Geltung hätte, oder b) als ob der Weg zwischen Empfangs- und Aussendestation sich reell verkürzt hätte, oder c) als ob der bewegte Beobachter eine andere Raummessung hätte, oder d) als ob das bewegte System eine andere Zeit, die Ortszeit, hätte.“ Trotz aller solcher und ähnlicher Beispiele urteilt der Verf. indessen im ganzen vom Standorte der Als-Ob-Philosophie ziemlich kühl, ja überwiegend negativ, über die Relativitätslehre, und zwar vor allem deshalb, weil diese sich eben der fiktionalen Methode nicht zwanglos einordnen läßt und insbesondere das sichere Resultat fehlt, welches wesentlich zu ihr gehört. Die Als-Ob-Philosophie, sagt der Verf., kann mit der Relativitätstheorie, weil diese nicht nach ihrer Methode gebaut ist, nicht viel anfangen und könnte sie höchstens nach Klärung des wirklichen Sachverhaltes als mathematischen Behelf, einstweilen aber als vergängliche Notbrücke, um brauchbare Ergebnisse zu erlangen, gelten lassen. Es tritt eben in Erscheinung, worauf Als-Ob-Theoretiker selbst hingewiesen haben, daß eine Fiktion und ihr entgegengesetzter Fehler eigentlich immer nur aufzeigbar sind, wenn man das richtige Resultat schon kennt.“

Sehr viel günstiger beurteilt der Verf. das Verhältnis von Relativitätslehre und Positivismus. Ja, beide erscheinen ihm ganz eng, fast untrennbar, verbunden, und dies schon deshalb, weil die Relativitätslehre „unleugbar von positivistischer Grundlage aus sich erhebt“. Es wäre zu untersuchen, ob sie „bereits als Ganzes dem Positivismus einzugliedern ist, es wäre auch möglich, daß sie sich über ihn erhebe, aus ihm hinauswüchse. Richtig ist aber, daß er ihr die Bahn frei machte, daß sie ohne die Gedankenrichtung, die er heraufführte, in einem philosophisch luftleeren Raum entstanden schiene“. Und wenn auch EINSTEIN selbst über den Positivismus, wie es einmal heißt, von dem er ausgeht, hinausstrebt, so ist er doch unzweifelhaft stark von ihm beeinflusst. Jedenfalls erscheinen so Relativitätslehre und Positivismus durchaus wesensverwandt, und demzufolge auch die Einwände, welche gegen erstere erhoben zu werden pflegen, vom Standpunkte des letzteren aus gegenstandslos. „Ja, die ‚Verstöße‘ gegen alle Denkgewohnheiten machen sie dem temperamentvollen Positiven verständlicher Weise von vornherein geradezu sympathisch. Die grundsätzliche Zurückführung von Messungen auf Koinzidenzen — ein durchaus MACHscher Gedanke —, die direkte Annahme und Hinnahme des Beobachteten und Ablehnung des Nichtbeobachtbaren, all das liegt in der Linie, die vom Empirismus und Positivismus als die in die Zukunft weisende Entwicklung empfunden werden muß. So ist es durchaus verständlich, daß der Positivismus einerseits es sich als Verdienst anrechnet, die Relativitätstheorie, wenn sonst sie sich bewährt, philosophisch decken und legitimieren zu können, daß er andererseits in ihr eine Bestätigung seiner eigenen Erkenntnislehre erblickt und sie als den Beginn einer Ära der Wiedervereinigung von Philosophie und Naturwissenschaft begrüßt.“ In diesem Sinne, das sei hier noch angemerkt,

behandelt der Verf. u. a. auch in eingehender Darstellung die Frage der euklidischen oder nicht-euklidischen Geometrie und konstatiert auch hier die Übereinstimmung der EINSTEINschen Auffassung mit der der positivistischen Philosophen.

Indessen gibt es nun eben doch in der Relativitätslehre Feststellungen wie auch Fragen, welche jenseits der eigentlichen im genaueren Sinne gefaßten positivistischen Philosophie liegen. Das gilt insbesondere von den grundlegenden Fragen über das Wesen von Raum und Zeit, Substanz und Kausalität. Von dieser Seite her vor allem treffen sich denn auch naturgemäß die Lehren EINSTEINS und seiner Anhänger insbesondere mit den Gedankengängen der vom Verf. so genannten aprioristischen Philosophie, als welche er neben der phänomenologischen Richtung hauptsächlich die KANTISCHE Lehre begreift. Nun ist zwar verschiedentlich nicht nur ein Widerspruch und Gegensatz zwischen beiden behauptet, sondern selbst der Versuch gemacht worden, KANT durch EINSTEIN zu „widerlegen“. Der Verf. betont mit Recht und weist es eingehend nach, wie verkehrt diese Auffassung ist. KANT und EINSTEIN widersprechen sich nicht nur nicht, sondern teils stimmen sie ganz überein, teils ergänzen sie sich, vor allem nach der Seite exakter Feststellungen hin, welche die Relativitätslehre trifft und für welche der KANTISCHE Apriorismus durchaus Raum läßt. Der Verf. drückt das in der Kürze einmal mit den Worten aus: „Die Anschauungsformen der Räumlichkeit und Zeitlichkeit wie die Kategorien der Kausalität und Substanzialität sind auch in der Relativitätstheorie Voraussetzung für die Erfahrung, sie sind die Ausgangspunkte, und die Gültigkeit dieser notwendigen Erkenntnisfunktionen findet auch ihren mathematischen Ausdruck. Die Relativitätstheorie geht freilich in bezug auf jede der genannten Formen über KANT hinaus, aber sie widerspricht nicht seiner Idee.“

Auch vom Standpunkte der Metaphysik aus kann und muß nach Ansicht des Verf. die Relativitätslehre diskutiert werden, wobei er freilich von der sog. apriorisch-spekulativen die empirisch-induktive Metaphysik unterscheidet und nur der letzteren dieses Diskussionsrecht, wie aber überhaupt ein Daseinsrecht zugestehen will. Auch warnt er davor, von der nicht-wertenden zur wertenden Metaphysik überzugehen. Dagegen stimmt er durchaus der Tendenz der Vereinheitlichung zu, die ja in jeder metaphysischen Gedankenrichtung liegt. In diesem Sinne sagt der Verf. auch zum Schluß über die Einordnung der EINSTEINschen Theorie in die Geistesrichtung und den Kulturzusammenhang der Gegenwart, sie stellt dar, „einen weiteren Schritt auf dem Wege einer Entstofflichung der materiellen Welt und fügt sich so der antimechanistischen Tendenz der Gegenwart ein. Endlich, und nicht ohne Zusammenhang damit, ist für das moderne Denken — und Leben — charakteristisch das Streben nach Ganzheitsgebilden. Wir begegnen ihnen in den verschiedensten wissenschaftlichen Disziplinen, z. B. in der Psychologie (in der sog. Gestaltenlehre), in der Biologie, aber auch in Physik und selbst Mathematik ebenso wie auf dem Gebiet kultureller und sozialer Betrachtungen und Bestrebungen. Auch die Relativitätstheorie ließe sich unter diesem Gesichtspunkt betrachten.“

M. KRONENBERG, Berlin.

DOSTAL-WINKLER, JOSEF, *Lichtenberg und Kant. Problemgeschichtliche Studie.* (Bausteine zu einer Philosophie des „Als-Ob“, herausgegeben von HANS VAHINGER und RAYMUND SCHMIDT. 10. Bd.) München und Leipzig: Rösle & Cie. 1924. Preis RM 1.10.

Der Titel dieser Schrift wird zunächst wohl bei

manchen einiges Erstaunen und Verwunderung erwecken. Was hat LICHTEBERG, der bekannte witzige Satiriker und Aphoristiker des 18. Jahrhunderts, mit der philosophischen Problematik und der Philosophiegeschichte überhaupt, was hat er insbesondere mit KANT zu tun? Vollends die Beziehungen zu VAHINGERS Philosophie des Als-Ob erscheinen am meisten verwunderlich.

In der Tat liegt ja auch eine gewisse, zum Teil nicht unbeabsichtigte Paradoxie in der Schrift, und sie ist deshalb von mancherlei Einseitigkeiten und Übertreibungen nicht frei. Dennoch darf man sie als eine durchaus wertvolle und aufklärende problemgeschichtliche wie allgemein geistesgeschichtliche Studie anerkennen. Sie deckt gerade infolge ihrer besonderen Einstellung allerlei Zusammenhänge, insbesondere über die Geistesart LICHTEBERGS, auf, welche bisher allzu wenig oder gar nicht beachtet worden waren.

Zunächst ist dabei zu beachten, daß LICHTEBERG ja nicht nur schöngestiger Schriftsteller, sondern in erster Linie Naturforscher, vor allem Physiker war, wie er ja denn auch in diesem Fache eine ordentliche Professur an der Göttinger Universität inne hatte. Und gerade als Naturforscher hat LICHTEBERG sich schon sehr frühzeitig eingehend mit philosophischen Fragen beschäftigt. So trat er denn auch KANT schon frühzeitig geistig nahe, ja man kann sagen, daß LICHTEBERG zu den ersten gehört, welche nach dem Erscheinen der Vernunftkritik die Bedeutung KANTS einigermaßen erkannt haben; und der Verf. weist darauf hin, daß LICHTEBERGS Aphorismen der neunziger Jahre bereits deutlich unter dem Einfluß seiner Kant-Lektüre stehen. Und indem nun in der vorliegenden Schrift KANT ganz im Lichte des VAHINGERSchen Fiktionalismus gesehen wird, soll auch „der geniale Göttinger Physiker GEORG CHRISTOPH LICHTEBERG zum ersten Male als Philosoph im exakten Wortsinne eingeschätzt, und zwar vom Standpunkte der Als-Ob-Lehre gewertet werden“. Und es soll weiterhin „vor allem der Nachweis erbracht werden, daß er (LICHTEBERG) der erste gewesen ist, der den von VAHINGER erkannten oder, besser gesagt, entdeckten ‚radikalen‘ KANT schon im 18. Jahrhundert nicht nur verstanden, sondern sogar teilweise seine Ergebnisse insoweit zeitlich vorweggenommen hat, als ihm — dem methodisch geschulten vorurteilsfreien Mathematiker und Physiker — die Bedeutung der Fiktion, im Unterschiede von der Hypothese, sowohl in ihrem Wesen wie auch in methodologischer Hinsicht größtenteils unabhängig von KANT klar geworden ist“. Der Verf. geht dann sogar noch einen Schritt weiter und erklärt geradezu: „Der tiefbohrende methodologische Scharfsinn, der unserem metaphysikfreien, das Experiment über das Dogma setzenden Positivismen das gegenseitige Verhältnis von Erkenntnis und Irrtum in einer für seine Zeit einzig dastehenden Weise und im Sinne einer neuen Denkmethode auswerten hilft, dürfte berechtigen, ihn geradezu den ‚Mach des 18. Jahrhunderts‘ zu nennen.“

Die Einseitigkeit, mit der hier die geistesgeschichtliche Stellung LICHTEBERGS gezeichnet wird, liegt auf der Hand. Diese geschichtliche Stellung LICHTEBERGS, soweit dabei überhaupt die philosophische Problematik in Frage kommt, hängt vor allem aufs engste zusammen mit dem Auflösungs- und Zersetzungsprozeß der Aufklärungsphilosophie, der unmittelbar vor der KANTschen Gedankenrevolution eine ähnliche Rolle spielt wie etwa der Auflösungsprozeß des Ancien régime vor der großen politischen Revolution. Diesen Zersetzungsprozeß vor allem spiegelt die Gedankenwelt LICHTEBERGS wider; auch die aphoristische

Form hängt damit wesentlich zusammen, ähnlich wie bei NIETZSCHE, mit dem sich ja auch sonst mancherlei Berührungspunkte ergeben. Und so kann man gewiß manches bei LICHTEBERG im Sinne des Fiktionalismus deuten, aber keineswegs so allgemein und in so ausgedehntem Maße, wie der Verf. meint; am allerwenigsten aber kann man ihn als Positivismen im Gegenwartssinne bezeichnen; und dementsprechend wäre dann auch die Auffassung seines inneren Verhältnisses zur KANTschen Philosophie zu berichtigen.

Nichtsdestoweniger folgt man den Darlegungen des Verf. fast überall mit starkem Interesse, auch da, wo man ihnen nicht oder nicht ganz beistimmen kann. Sie zeigen mancherlei im neuen Lichte, und aufklärend wirken besonders die zahlreichen Zitate aus LICHTEBERG selbst, auch in der Art, wie der Verf. sie erläutert und interpretiert. So kann man z. B. den Fiktionalismus oder vielmehr, gesteigert, den Relativismus und selbst Agnostizismus unserer Tage wohl nicht leicht schärfer zum Ausdruck bringen als in dem Aphorismus LICHTEBERGS, den der Verf. an den Schluß seiner Schrift gestellt hat: „Schwätzt doch nicht! Was wollt ihr denn? — Wenn die Fixsterne nicht einmal fix sind, wie könnt ihr dann sagen, daß alles Wahre wahr ist?“ Ein ähnlicher Aphorismus lautet: „Wir wissen mit weit mehr Deutlichkeit, daß unser Wille frei ist, als daß alles, was geschieht, eine Ursache haben müsse. Könnte man also nicht einmal das Argument umkehren und sagen: Unsere Begriffe von Ursache und Wirkung müssen sehr unrichtig sein, weil unser Wille nicht frei sein könnte, wenn die Vorstellung (des Kausalgesetzes) richtig wäre.“ Ein Beispiel besonders enger Berührung mit KANT wäre etwa das folgende. VAHINGER hat darauf hingewiesen, daß KANT sich auf LICHTEBERG berufe, wenn es in seinem Opus posthumum von den „selbstgeschaffenen Ideen“, von „Gott, Freiheit und Allheit“ heißt: „Alle sind selbst nur *Gedankenwesen*, subjektive Produkte der eigenen Menschenvernunft, die das Subjekt auf sich selbst bezieht; es sind „Produkte unserer selbstgemachten Vorstellungen (Ideen), unter denen die von Gott die oberste“. Die entsprechende Stelle bei LICHTEBERG lautet: „Man kann nicht genug beherzigen, daß die Existenz eines Gottes, die Unsterblichkeit der Seele u. dgl. bloß gedenkbare, aber nicht erkennbare Dinge sind. Es sind Gedankenverbindungen, Gedankenspiele, denen nicht etwas Objektives zu korrespondieren braucht. Es war ein großer Fehler der WOLFFischen Philosophie, daß sie den Satz des Widerspruches auf das Erkennbare ausdehnte, da er doch eigentlich bloß das Denkbare angeht.“ Noch viel schärfer und extremer aber drückt sich LICHTEBERG in dieser Richtung einmal so aus: „Die Erfindung der Sprache ist vor der Philosophie hergegangen, und das ist es, was die Philosophie erschwert, zumal wenn man sie anderen verständlich machen will, die nicht viel selbst denken. Die Philosophie ist, wenn sie spricht, immer genötigt, die Sprache der Unphilosophie zu reden.“ Denn „Philosophie ist immer eine Scheidekunst, man mag die Sache wenden wie man will. Der Bauer gebraucht alle Sätze der abstrakten Philosophie, nur eingewickelt, versteckt, gebunden, wie der Chemiker sagt; der Philosoph gibt uns die reinen Sätze“.

Den treffenden Kommentar zu solchen und ähnlichen Ausführungen gibt uns Goethe: „LICHTEBERGS Schriften können wir uns als der wunderbarsten Wünschelrute bedienen; wo er einen Spaß macht, da liegt ein Problem verborgen.“ „Er war keine konstruktive Natur wie Äsop (Dichter) und Sokrates (Philosoph); nur auf Entdeckung des Mangelhaften gestellt.“

M. KRONENBERG, Berlin.

Zuschriften.

Der Herausgeber hält sich für die Zuschriften nicht für verantwortlich.

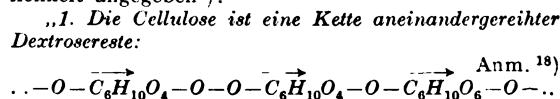
**Zu den Bemerkungen des Herrn K. Hess,
Naturwissenschaften 14, 822. 1926.**

Der von Herrn HESS diskutierte Rechenfehler ist von mir bereits vor einigen Wochen bemerkt worden, die Richtigstellung befindet sich bei den Helv. chim. acta im Druck.

Die Richtigstellung mit den von NIKL verwendeten Werten für die Dichten führt zu den Zahlen 1,6 und 3,2 für M („Moleküle“, s. u.) im Elementarkörper. Schon im Hinblick auf die recht ungenau bekannten Dichten (vgl. Helv. chim. acta) ist auch für diese Zahlen keine große Genauigkeit zu erwarten. Da der Elementarkörper eine ganze Zahl von M enthalten muß, wird man die gewonnenen Werte auf 2 und 4 (aus Symmetriegründen nicht auf 3, wie dies HESS tut) abrunden. Das wesentliche Ergebnis sind also wieder überraschend kleine Elementarzahlen bei beiden Zellulosederivaten.

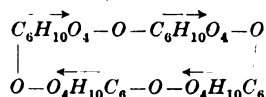
Von dieser Korrektur abgesehen, sind die Ausführungen des Herrn HESS mißverständlich. Im folgenden sei die Entwicklung der röntgenographischen Celluloseuntersuchungen und unsere Stellungnahme dazu kurz zusammengefaßt:

1. M. POLANYI hat das von uns gefundene Punktdiagramm rechnerisch behandelt und folgende Möglichkeit angegeben¹⁾:

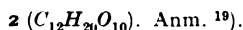


Solche Ketten sind aber immer zu vier zusammengefaßt. Die Abschnitte von je zwei Hexoseresen sind auf keine Weise ausgezeichnet, und die Cellobiose wäre also nicht präformiert.

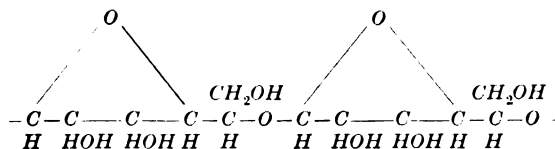
2. Die Cellulose besteht aus Ringen von der Form:



3. Die Cellulose besteht aus inneren Anhydriden der Cellobiose

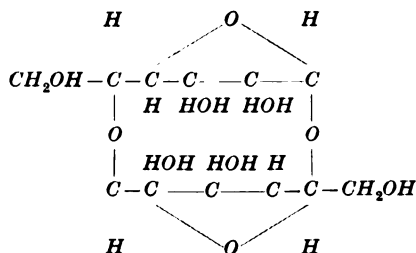


Anm. ¹⁸⁾ Die Pfeile deuten die polare Anordnung der Dextrosereste an. Im Falle rhombischer Symmetrie folgt folgende Kettenform:



Anm. ¹⁹⁾ Sollte sich die seinerzeit angenommene und recht wahrscheinliche rhombische Symmetrie bestätigen (vgl. auch Naturwissenschaften 9, 288. 1921), so entfielen die unter 2. angegebene Möglichkeit, und es ergäbe sich für die inneren Anhydride folgende Struktur:

¹⁾ Zeitschr. f. angew. Chem. 34, 385. 1921.



Es geht aus dieser Wiedergabe hervor, daß nicht Herr Katz zuerst darauf hingewiesen, wie HESS meint, sondern schon POLANYI von Anfang an gesehen hat, daß die Identitätsperiode kleiner sein könnte als die Dimensionen des „Moleküls“. Denn es ändert grundsätzlich nichts, ob die Verbindung der C_6 -Reste nach POLANYI entsprechend der damaligen Auffassung der Cellulose als glucosidischer Kette durch Hauptvalenzen, oder nach KATZ gemäß den späteren Anschauungen mittels Nebenvalenzen — oder wie man diese Art der Verknüpfung sonst nennen mag — stattfindet.

Nebenbei gesagt, war gerade der Gedanke, daß eben solche Gebilde Röntgeninterferenzen liefern müßten, überhaupt der Grund gewesen, warum ich die Röntgenuntersuchung der Cellulose in Angriff genommen hatte.

2. Nachdem später nach Veröffentlichungen des Herrn HESS auch die Möglichkeit in Erwägung gezogen werden konnte, daß Cellobiose in der Cellulose nicht vorgebildet sei, habe ich darauf hingewiesen, daß dies dem Röntgendiagramm nicht widerspräche²⁾. Von den langen Ketten wurde nicht mehr gesprochen, da eine andere geometrische Darstellung ins Auge gefaßt wurde (s. nächsten Punkt).

3. Betreffs der Unsauberkeit des Begriffs „Molekül“ vom geometrischen Standpunkt bei Verbindungen wie Cellulose habe ich gemeinsam mit Herrn WEISSENBERG³⁾ meine Anschauung ausgesprochen³⁾. So erübrigt sich auch angenehmerweise die Diskussion z. B. eines Satzes wie des folgenden: „Wir müssen folgern, daß der durch das Röntgendiagramm ausgemessene Elementarkörper nichts mit dem Molekulargewicht der beiden Substanzen zu tun hat!“ Diese Ansicht des Herrn HESS steht in vollem Widerspruch zu den theoretischen Anschauungen von v. GROTH, NIGGLI, REISS, WEISSENBERG sowie den experimentellen Ergebnissen der Herren BRAGG, WYCKHOFF, MARK und vielen anderen. Vom historischen Standpunkt der Cellulosechemie spricht die jetzige Stellungnahme des Herrn HESS von großer Undankbarkeit. Denn das Röntgenbild der Cellulose und seine Diskussion hat nicht nur der „Kammstruktur“ und ähnlichem Spuk ein erfreulich rasches Ende bereitet, sondern, wie sich leicht zeigen ließe, auch weitergehende Einwirkungen gezeitigt.

Berlin-Dahlem, den 4. September 1926.

R. O. HERZOG.

¹⁾ Cellulosechemie 6, 39. 1925.

²⁾ Kolloid-Zeitschr. 37, 23. 1925. Dasselbst auch ein Hinweis zur KATZschen Bemerkung.

³⁾ Was die Einbeziehung der röntgenspektrographischen Untersuchung der Seide soll, ist mir nicht verständlich geworden, um so weniger als BRILL, ebenso wie POLANYI, die Möglichkeit unendlich langer Ketten diskutiert!

⁴⁾ Bei HESS kursiv.

Felix Marchand

zum achtzigsten Geburtstag.

Von E. KORSCHULT, Marburg.

Wohl machten Medizin und Naturwissenschaften in den vergangenen 50 Jahren die großartigste Entwicklung durch; eine glänzende Entdeckung reihte sich an die andere und man sollte meinen, daß ob des stolzen Baues, den die Wissenschaft errichtete, allgemeine Befriedigung herrschte. Jedoch trifft dies nur im beschränkten Umfang zu, indem sowohl bei den Vertretern der Natur- wie auch der Geisteswissenschaften in andauernd sich verstärkendem Maße die Klage über viel zu weitgehendes Spezialistentum wiederkehrt, welches den Blick auf das große Ganze vermissen läßt, die Bedeutung der allgemeinen Fragen verdunkelt und die Einheit der Wissenschaft zerstört.

Bei der enormen Ausbreitung, welche die einzelnen Zweige der Medizin und Naturwissenschaften erlangten, ist es gewiß nicht leicht, den Überblick über das Ganze zu gewinnen und zu bewahren. Zu den bedeutenden Männern, deren gesamte Wirksamkeit durch dieses Bestreben ausgezeichnet ist und insofern geradezu vorbildlich erscheint, gehört auch FELIX MARCHAND (geb. 22. Oktober 1846).

Im Hauptberuf pathologischer Anatom behielt MARCHAND bei seinen zahlreichen, diesem Fach angehörenden Untersuchungen stets die allgemeinen Fragen im Auge und ließ sich von ihnen bei der Bearbeitung der Spezialprobleme leiten, diese dadurch für jene nutzbar machend. Doch war MARCHANDS Forschertätigkeit bei weitem nicht nur seinem Hauptfach zugewandt, vielmehr begab er sich schon frühzeitig auf andere Gebiete, zumal auf das der Biologie und blieb diesem Bestreben auch fernerhin durch sein langes arbeitsreiches Leben treu. Gerade diese Seite seiner Wirksamkeit in den Vordergrund zu stellen, liegt für mich sehr nahe, wenn ich dem mir gewordenen Auftrag nachkomme, ihrer zur Feier seines 80. Geburtstages an dieser Stelle zu gedenken.

MARCHANDS Neigung zu naturwissenschaftlichen, besonders biologischen Studien geht auf seine frühe Jugend zurück und wir hören von ihm selbst, wie durch sie schon in den mittleren Klassen des Gymnasiums die dort für ungleich wichtiger gehaltenen humanistischen Bestrebungen mehr in den Hintergrund gedrängt wurden. Dabei tritt bereits eine Seite seines Wesens deutlich hervor, die für die weitere Entwicklung ungemein kennzeichnend ist, nämlich die, sein eigener Lehrer zu sein. Rührend mutet es an, wie er als junger Gymnasialschüler nur von SWAMMERDAMS alter Bibel der Natur geleitet, die Entwicklung des

Froscheies verfolgt und vergleichend anatomische Studien treibt. Mit den höheren Zielen wachsend wandte er sich dann in derselben autodidaktischen Weise, unterdessen zum Medizinstudierenden vorgeschritten, der Lösung einer schwierigen physiologischen Preisaufgabe zu, ganz auf eigene Hand ohne alle Hilfsmittel eines Instituts, wobei ihm der Erfolg freilich versagt blieb, aber für die eigene Belehrung in zoologisch-anatomisch-physiologischer Hinsicht viel gewonnen wurde.

Ähnliches kam noch später vor und im ganzen wurde auch dann nach demselben Rezept verfahren, als der strebsame junge Mediziner (infolge seines Studiums auf der Berliner Militärakademie) Ende der 60er Jahre zum Unterarzt befördert wurde. Die Promotion zum Doktor der Medizin erfolgte Mitte Juli 1870, kurz vor dem Krieg, aus dem er mit dem Eisernen Kreuz ausgezeichnet zurückkehrte. In den darauffolgenden Jahren der militärärztlichen Tätigkeit (bis 1876) suchte er diese durch wiederum auf eigene Hand unternommene botanische, zoologische, anatomische und pathologisch-anatomische Studien zu beleben. Schimmelpilze wurden auf festen Nährboden kultiviert und die Sporen in ihrer Entwicklung verfolgt. Für den Beobachter waren die an den schmarotzenden pflanzlichen und tierischen Objekten gemachten Entdeckungen jedenfalls neu, konnten es aber auch sonst sein, ohne daß sich der durch das Studium selbst befriedigte junge Forscher wegen des vollständigen Literaturmangels darüber im klaren war. So vermochte er, mit den bei der Sektion einer Leiche gefundenen späteren Stadien einer abgelaufenen Trichinose, die (zu diesem Zweck im Schlafzimmer gehaltenen) Kaninchen zu infizieren. Zoologische Studien an anderen tierischen Parasiten gingen nebenher, wie MARCHAND schon damals (1875) bei einem Fall von Abdominaltyphus ein Flagellat (wahrscheinlich *Trichomona intestinalis*) auffand und beschrieb, dessen morphologische und biologische Kenntnis er in einer viel späteren Untersuchung (1895) weiter vertiefen konnte.

Stets waren es mehr die Beziehungen zum Leben, die MARCHANDS Interesse in Anspruch nahmen und zum weiteren Verfolgen der aufgegriffenen Objekte veranlaßten; so ist es begreiflich, daß ihn die von Anton Schneider, dem bekannten (damals in Berlin, später in Gießen und Breslau wirkenden) Zoologen und Nematodenkenner, vorgeschlagene Untersuchung der „Muskulatur einiger Nematoden als Grundlage ihrer systematischen Stellung“ nicht besonders reizen

konnte. War es doch der junge Autodidakt bereits gewöhnt, sich seine Arbeitsthemen selbst zu stellen und nach neuen zu greifen, wenn die vorherigen nicht zum Ziele führten. An Schnitten von getrocknetem und wieder aufgeweichtem Wurmmaterial die Bauverhältnisse innerer Organe zu studieren, wie es die Methode vorschrieb, erschien dem angehenden Biologen ebensowenig verlockend wie aussichtsreich und er wandte sich lieber Aufgaben zu, die ihm mehr zu versprechen schienen.

Solche bot in Ermangelung anderer Gelegenheit und Anregung zu wissenschaftlichen Arbeiten die Privatpraxis dar, die sich nebenbei aus der militärärztlichen Stellung ergab. Außer den schon erwähnten botanisch-zoologischen Untersuchungen wurden solche an den inneren Organen von Leichen Neugeborener ausgeführt, was zu wertvollen Funden führte, deren sichere Erkenntnis und Veröffentlichung allerdings erst später möglich war. Immer wieder, wie auch bei einigen rein medizinischen, auf verschiedene seltenere Krankheiten bezüglichen Beobachtungen, war es die Isoliertheit des ebenso intelligenten wie strebsamen jungen Forschers sowie der mangelnde Einblick in die Literatur, welche die richtige Wertung und Ausnützung seiner Funde benachteiligte.

Dieser Zustand besserte sich, als MARCHAND (1876) unter Aufgabe des Militärdienstes als Assistent an das Pathologische Institut nach Halle ging. Ein Institut im heutigen Sinn darf man sich freilich unter dieser Anstalt nicht vorstellen, sondern es bestand nur aus wenigen, recht dürftigen Räumen. Auch lagen die Verhältnisse so, daß MARCHAND sich seine Arbeitsthemen wie früher selbst zu suchen hatte, aber innerhalb und außerhalb des Instituts ergab sich im Bereich der medizinischen Fakultät der vorher fehlende Verkehr mit älteren und jüngeren Fachgenossen, sowie die daraus entspringende Anregung nach verschiedenen Seiten, die ihm bisher so gut wie ganz gefehlt hatte. Hier in Halle wie in Breslau, wohin er (1879 als Assistent von PONFICK übersiedelte, kam es zu den wertvollen Arbeiten, die MARCHANDS Ruf als pathologischer Anatom begründeten und ihm schon nach wenigen Jahren (1881) die Berufung an die Universität Gießen verschafften. Nur 2 Jahre war er Privatdozent, denn kurz vor der Übersiedlung nach Breslau hatte er sich in Halle habilitiert; die Selbständigkeit des Denkens und Forschens hatte sich bewährt und ihm eine Stellung in der Wissenschaft gesichert.

In Gießen blieb MARCHAND ebenfalls nicht lange; schon bald folgte er einem Ruf nach Marburg. Hier brachte er die besten und fruchtbarsten Jahre seines Lebens zu (1883–1900). Zwar fand er ebensowenig wie in Gießen brauchbare Arbeitsräume vor, aber es bestand doch Aussicht auf solche und im Jahre 1889 konnte der stattliche Neubau des nach seinen Entwürfen eingerichteten Instituts bezogen werden, in dem sich

alsbald eine rege Forscher- und Lehrtätigkeit entwickelte. Die wissenschaftliche Anregung, deren Fehlen der vereinsamte junge Arzt oft genug schmerzlich empfunden hatte, konnte er jetzt um so reicher und uneigennütziger an eine dauernd anwachsende, stattliche Zahl tüchtiger und interessierter Schüler abgeben. Zwar waren es an der mit Studierenden nicht besonders reich gesegneten kleinen Universität anfangs nur recht wenige Zuhörer und Kursteilnehmer, aber es dauerte nicht lange, bis die Zahl sich erheblich vergrößerte und vor allen Dingen an Gewicht dadurch gewann, daß einheimische und auswärtige ältere Mediziner an den Vorlesungen, Übungen und Sektionskursen des erfahrenen Lehrers sich beteiligten, wie auch die näheren Kollegen sich mit Vorliebe seines bewährten Rates bedienten. Unter der Mitarbeit jüngerer und älterer Fachgenossen entstand in der Marburger Zeit eine große Zahl von Arbeiten, durch welche das von MARCHAND in der Hauptsache vertretene Wissensgebiet nicht wenig gefördert wurde.

Zu MARCHANDS Arbeiten von bleibender Bedeutung gehören die bereits in Halle und Breslau begonnenen Untersuchungen über die Vergiftungen durch chloresäures Kali und die damit im Zusammenhang stehenden Studien über das Methämoglobin; sie wurden in Marburg aus einem äußeren Anlaß von neuem aufgenommen und durch zahlreiche Tierversuche weiter vertieft. Viele Jahre später konnte MARCHAND durch die Sektionsbefunde der an akuter Chloratvergiftung zugrunde gegangener Personen die früheren Befunde bestätigen.

Ganz anderer Natur waren die auf rein pathologisch-anatomischen Gebiet liegenden Untersuchungen über die Feststellung der Krankheitserscheinungen und Erkrankungsursachen einer Reihe innerer Organe, so der Leber, Bauchspeicheldrüse, der Nieren und Nebennieren sowie der Lungen und Luftwege. Schon früher hatte sich MARCHAND wiederholt erfolgreich mit der Pathologie der Lungen, Pneumonie und Tuberkulose, beschäftigt. Ein Gebiet, das ihm besonders am Herzen lag, war die pathologische Anatomie des Zentralnervensystems. Die von ihm und seinen Schülern geleisteten Arbeiten erstreckten sich sowohl auf das Gehirn wie auf das Rückenmark, wobei die Art des Zellenverlustes und Zellenersatzes, Degeneration und Regeneration der Nervenfasern eine wichtige Rolle spielten.

Schon von den Anfängen seiner wissenschaftlichen Betätigung waren MARCHANDS Studien mit Vorliebe dem Gehirn zugewandt und zwar nicht nur vom Standpunkt des pathologischen Anatomien, sondern besonders auch in rein entwicklungsgeschichtlicher, wie in vergleichend entwicklungsgeschichtlich-anatomischer Beziehung. Sehr bekannt geworden sind vor allem die schönen Untersuchungen über die Entwicklung des Balkens und über den Balkenmangel. Die Ergebnisse werden vergleichend-anatomisch ausgewertet und die verschiedenen Entwicklungsstadien mit den ana-

tomischen Bauverhältnissen niederer Säugetiere verglichen. Dies geschieht mit dem auf das Allgemeine gerichteten Blick des Naturforschers und das gleiche gilt für die ebenfalls sehr bekannten Studien über das Mikrocephalengehirn. Waren doch die Mikrocephalen auf Grund ihrer Schädelbildung als Beweis für die Affenabstammung des Menschen verwendet worden. Dafür gibt die Untersuchung des Gehirns jedoch gar keinen Anhalt, sondern es handelt sich einfach um Gehirne von rein menschlichem Charakter, die nur in der Entwicklung zurückgeblieben sind. Natürlich lag es nahe, diese Menschengehirne mit denen von Menschenaffen in Vergleich zu setzen und auch das wurde, wenn auch nur für einen Teil des Gehirns (Stirnappen und Insel), durchgeführt. Wohl bietet das Mikrocephalengehirn infolge der Vereinfachung der Windungen eine gewisse „Tierähnlichkeit“ dar, die aber nicht als Rückschlag aufzufassen ist, sondern als eine bloße Entwicklungshemmung angesehen werden muß. Phylogenetisch niederstehende Stufen werden auch in der Entwicklung des normalen menschlichen Gehirns durchlaufen und eine solche hat in Verbindung mit anderen Entwicklungshemmungen in diesem Fall eine Fixierung erfahren.

In die Marburger Zeit fallen auch MARCHANDS Untersuchungen über das Gehirngewicht, die mit annähernd 1200 Gehirnen der hessischen Bevölkerung durchgeführt wurden und als Durchschnittsgewicht des männlichen Gehirns etwa 1400 g und als das des weiblichen Gehirns 1275 g ergaben. Diese Zahlen stimmen gut mit den (von HANDMANN in Leipzig) gewonnenen Gehirngewichten der sächsischen Bevölkerung überein, die im Durchschnitt 1370 g für Männer und 1250 g für Frauen ergaben.

Wenn die biologische Seite von MARCHANDS Forschertätigkeit betont werden soll, so ist seines schon frühzeitig erwachten Interesses für die tierischen Parasiten des Menschen zu gedenken, wie es sich in den bereits erwähnten Flagellatinfunden bei Darmerkrankungen zu erkennen gab. MARCHAND war der erste, der die dieser Protozoengruppe nahestehenden Erreger der tropischen Splenomegalie (Kala-Azar), die sog. LEISHMAN-DONOVANSchen Körperchen der Milz in Deutschland bzw. in Europa nachwies. Reges Interesse brachte er ebenfalls in älteren, wie in neueren Arbeiten (1879, 1881, 1904) den größeren, höher stehenden tierischen Parasiten, besonders den Bandwurmfinten des Gehirns entgegen, die als *Cysticercus racemosus* der Hirnventrikel zu bedeutender Größe heranwachsen und zu plötzlichen Todesfällen Veranlassung geben können.

Vom biologischen Standpunkt ungemein beachtenswert sind MARCHANDS teils angeregte, teils selbst ausgeführte Transplantationsversuche, bei denen der Nachweis zu führen war, ob sich der übertragene Knochen als lebender Teil dem Organismus einfügt oder aber nur als unbelebtes Gebilde einheilt, um später resorbiert zu werden.

Diese für den Chirurgen sehr wichtige Frage konnte nur im letzteren Sinn entschieden werden, wie dies der beim Einleiten der Versuche gemachten Annahme durchaus entsprach. Was für den Knochen gilt, trifft im ganzen auch für die überpflanzten Weichteile zu, d. h. für Teile der Ober- und Lederhaut, Hornhaut, Knorpel, Muskulatur, Nerven usw., die auf ihr Verhalten an ausgedehnten Tierversuchen eingehend geprüft wurden.

Die hohe Bedeutung, welche diesen Fragen zumal in jener Zeit zukam, ergibt sich aus der eingehenden Behandlung, die sie in MARCHANDS berühmten Werk über die Wundheilung erfuhren (1901). In ihm faßte er alle die bis dahin gewonnenen Erfahrungen zusammen und behandelte sie von einem allgemeinen Standpunkt aus. Alle für die Wundheilung im weitesten Umfang in Frage kommenden Vorgänge finden ihre Behandlung und zwar zumeist auf Grund eigener Erfahrung und Anschauung, was den Wert des großen Werkes ungemein erhöht. Es liegt in der Natur der Sache, daß auch der Entzündungsprozeß zur Darstellung gelangt und zwar in einer originellen, ebenfalls auf eigener Kenntnis der Vorgänge beruhenden Behandlung.

Seitdem sind beinahe 25 Jahre vergangen und wieder (1925) liegt ein neues großes Werk von MARCHAND über die örtlichen reaktiven Vorgänge vor, d. h. eine neue Entzündungslehre im Umfang von 600 Seiten. In erschöpfender, alle in Betracht kommenden Fragen behandelnder Darstellung, in der bekannten klaren und anschaulichen Sprache werden die schwierigen Probleme dargelegt. Wir bewundern die Willenskraft und die Klarheit des Geistes, die ihn das unschätzbare Werk noch schaffen ließen. Besonders dankbar müssen wir sein, diese zusammenfassende Darstellung der Entzündungslehre, des „Kardinalproblems der Pathologie“ gerade aus seiner Hand zu erhalten.

Wenn bei diesen Ausführungen in erster Linie der Biologe MARCHAND gewürdigt werden sollte, so konnten die auf seinem Hauptgebiet liegenden großen Leistungen schon deshalb nicht unberücksichtigt bleiben, weil auch sie vom Geist des Biologen durchdrungen sind und die biologische Betrachtungsweise allenthalben erkennen lassen. Auch wäre das Bild viel zu einseitig ausgefallen. Im ganzen konnten MARCHANDS Hauptleistungen hier nur kurz berührt werden, zumal sie ihre Würdigung voraussichtlich von anderer dazu berufener Seite finden werden. Von vielen Arbeiten MARCHANDS war überhaupt nicht die Rede, obwohl auch sie von Einfluß auf den weiteren Gang der Forschung waren, so von seinen Untersuchungen über die Arteriosklerose, Geschwülste und Geschwulstbildung, über Mißbildungen, sowie über die Entwicklung menschlicher Eier und die Beziehungen der embryonalen zum mütterlichen Gewebe. Gerade auch bei diesen Problemen spielten Fragestellungen eine Rolle, die außerhalb des Gebietes der pathologischen Anatomie liegen, so bei der Geschwulstbildung, deren Beziehungen zur Keim-

blätterfrage MARCHAND zu entsprechenden Feststellungen am Objekt, wie auch zu Ausführungen allgemeiner Natur veranlaßten (1899). Bei den Mißbildungen liegt das Interesse vor allen Dingen in der Art ihres Zustandekommens und auch hier griffen MARCHANDS Erklärungsversuche weiter aus, indem sie die Ergebnisse der an niederen Wirbeltieren und Wirbellosen arbeitenden experimentellen Entwicklungsgeschichte zum Vergleich herangezogen.

Bei diesem Versuch einer kurzen Kennzeichnung der von MARCHAND behandelten wissenschaftlichen Probleme blieb sein weiterer Lebensgang zunächst unberücksichtigt. Im Jahr 1900 folgte er einer Berufung nach Leipzig. Dort fand er endlich, was er als pathologischer Anatom in den früheren Stellungen schwer vermißt hatte, nämlich ein reiches Untersuchungsmaterial, wie es das Krankenhaus der großen Stadt von selbst darbot. Außerdem erlaubten die bedeutenden Zuhörerzahlen den weiteren Ausbau der stets mit Freude und bestem Erfolg ausgeübten Lehrtätigkeit, so daß die Leipziger Wirksamkeit eine in jeder Beziehung größere und umfassendere war. Überdies trat abermals die Notwendigkeit an ihn heran, den Neubau eines Instituts zu unternehmen, das diesmal entsprechend den größeren Verhältnissen sowohl räumlich wie hinsichtlich der inneren Ausstattung besonders glänzend ausfiel. Bezogen wurde es im Jahr 1906, aber schon vorher (1902) erging an ihn der ehrenvolle Ruf, als Nachfolger RUDOLF VIRCHOWS den Lehrstuhl der pathologischen Anatomie an der Universität Berlin zu übernehmen. Man fand allgemein, daß MARCHAND als der erste und berufenste Vertreter seines Faches an diesen Platz gehöre und war mit seinem ablehnenden Bescheid recht wenig einverstanden. Er selbst war freilich der Meinung, daß sein Verbleiben in der bisherigen Stellung für die weitere Ausübung der wissenschaftlichen Tätigkeit förderlicher sei und damit hat er wohl recht gehabt,

wie der Verlauf der nächsten beiden Jahrzehnte erwies.

Die wissenschaftliche Betätigung stand für MARCHAND allezeit im Vordergrund seines Denkens und Wirkens. Fest und unverrückbar war sein Augenmerk darauf gerichtet. Dem hat er nebst seiner hervorragenden geistigen Veranlagung und dem vorzüglichen Blick die großen Erfolge zu verdanken. Mit bewundernswerter Selbständigkeit in sein wissenschaftliches Fachgebiet eingetreten, hat er diese in dauernder Unabhängigkeit von störenden Einflüssen bewahrt, aber das hat ihn keineswegs zur Unnahbarkeit verführt. Mochte er dem Uneingeweihten unter Umständen zunächst ein wenig ablehnend erscheinen, so war dies nur die etwas rauhe Schale, die den goldenen Kern großer Menschenfreundlichkeit und herzlichen Wohlwollens verbarg. Alle seine jungen und älteren Freunde wissen davon zu erzählen. Stets und in jeder Beziehung war er bereit, ihnen zu helfen. Wie kostbar ihm auch die meist recht knapp bemessene Zeit für die Ausführung eigener Untersuchungen war, so opferte er sie dennoch ohne Bedenken der Unterweisung seiner Praktikanten bei deren mehr oder weniger geschickten wissenschaftlichen Bestrebungen. Fast zu opfernd erschien es bei dem oft schmerzlich beklagten Zeitmangel, wenn er die eigene große Zeichenfertigkeit in den Dienst der Schülerarbeiten, allerdings wohl noch mehr in den Dienst der Sache stellte, um die bildliche Erläuterung der betreffenden Untersuchungen so überzeugend wie möglich zu gestalten. Für das fernere Ergehen seiner zahlreichen Schüler bewies MARCHAND stets das lebhafteste Interesse. Als Lehrer, als Forscher, als Mensch gehört MARCHAND zu den besten und edelsten. Heute seien ihm für seinen Lebensabend die herzlichsten Wünsche dargebracht; möge ihm seine Schaffensfreudigkeit auch weiterhin erhalten bleiben, denn arbeiten und der Wissenschaft dienen galt ihm stets als das höchste und so wird es bleiben bis ans Ende.

Über die Verwandlung von Wasserstoff in Helium¹⁾.

Von FRITZ PANETH und KURT PETERS, Berlin.

(Aus dem Chemischen Institut der Universität.)

1. Der Grundgedanke der Arbeit.

In den modernen Fassungen der PROUTSchen Hypothese, in den astro-physikalischen Berechnungen der Lebensdauer der Fixsterne und in den radioaktiven Überlegungen über den Ursprung der HESSschen Strahlung wird stets auf die theoretisch zu fordernde Verwandlungsmöglichkeit von Wasserstoff in Helium hingewiesen. Diese Elementverwandlung zu realisieren, ist aber bisher nicht gelungen, obwohl bereits mit den verschiedensten

Arten elektrischer Entladungen unter Zufuhr großer Energiemengen daran gearbeitet worden ist.

Nun ist die Reaktion selber vermutlich in höchstem Maße energieliefernd; aus der Massenabnahme der 4 Grammatomic Wasserstoff beim Übergang in Helium berechnet sich eine Wärmetönung von $6,4 \times 10^{11}$ cal. Es ist daher gar nicht sicher, daß überhaupt Energie zugeführt werden muß, um die Reaktion zum Ablauf zu bringen. Eine andere Möglichkeit, die Reaktion nachweisbar zu machen, könnte darin bestehen, daß man die an und für sich unmeßbar langsam verlaufende Elementverwandlung katalytisch beschleunigt. Der Grundgedanke unserer Arbeit war daher, zu prüfen, ob sich *Wasserstoff ohne Energiezufuhr*

¹⁾ Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft Jg. 59, Nr. 8, S. 2039. Die Erlaubnis zum Abdruck der Arbeit haben Die Naturwissenschaften dem Vorstände der Deutschen Chemischen Gesellschaft und der Schriftleitung der Berichte zu danken.

teilweise in *Helium* verwandelt, wenn man ihn mit einem geeigneten *Katalysator* zusammenbringt; und zwar dachten wir dabei von vornherein an *Palladium* als katalysierende Substanz.

Über die Menge des Heliums, die sich dabei während einer praktisch möglichen Versuchsdauer im günstigsten Fall aus Wasserstoff bilden könnte, fehlte natürlich jeder Anhaltspunkt. Doch mußten die Aussichten, den gesuchten Effekt zu finden, um so besser werden, je empfindlicher wir unsere *Nachweismethode für Helium* gestalten konnten. Der Versuch, die sich bildende Menge zu erhöhen, mußte also ergänzt werden durch die Bemühung, die Grenze der Nachweisbarkeit möglichst herabzudrücken, um so von unten und von oben in dieselbe Größenordnung zu gelangen. Ob dieses Ziel erreichbar sein würde, ließ sich zu Beginn der Arbeit natürlich gar nicht übersehen. Wir glauben aber heute, nach mehrjähriger Beschäftigung mit diesem Problem, daß uns seine Lösung gelungen ist, und wollen im Folgenden kurz darüber berichten. Eine ausführliche Publikation, mit Zeichnungen der Apparatur und mit Literaturhinweisen, wird an anderer Stelle erfolgen.

2. Der Nachweis des Heliums.

Durch eine Ausgestaltung der bisher üblichen Verfahren der spektroskopischen Heliumuntersuchung haben wir die Grenze der Nachweisbarkeit auf 10^{-8} bis 10^{-9} ccm (entsprechend 10^{-12} bis 10^{-13} g) hinuntergebracht. Wir gehen so vor, daß wir zunächst in der gebräuchlichen Weise die relativ leicht kondensierbaren Gase durch mit flüssiger Luft gekühlte Kohle entfernen und dann den Wasserstoff mit überschüssigem Sauerstoff zu Wasser vereinigen; diese Vereinigung bewirken wir nicht, wie es meist geschieht, durch elektrische Entladungen, sondern durch Verbrennen an einem Platin- oder Palladiumkontakt. Der Überschuß an Sauerstoff wird dann ebenfalls durch gekühlte Kohle entfernt und der minimale Gasrest in eine Glascapillare von 0,1 mm lichter Weite gebracht, die außen mit Drahtelektroden umwickelt ist und bei ihrer Feinheit direkt an Stelle des Spaltes eines Spektroskops treten kann. Außer den bei der geschilderten Behandlung quantitativ unkondensiert bleibenden Gasen Helium und Neon sind zu Beginn der durch die Capillare geschickten Entladungen in der Regel noch minimale Spuren von Wasserstoff, eventuell auch noch von anderen Gasen, vorhanden. Ein besonders günstiger Umstand für den Nachweis der kleinen Heliummengen liegt nun darin, daß bei längerer elektrischer Erregung in dem elektrodenlosen Glasrohr alle Gase früher verschwinden als die leichten Edelgase Helium und Neon.

Eine Entfernung des *Neons* wird durch unser Verfahren nicht bewirkt und wäre auch nur schwer auszuführen. Und selbst wenn sie nach einer anderen Methode durchführbar wäre¹⁾, müßte man

¹⁾ Etwa durch die Fraktionierung durch heißes Glas (siehe weiter unten).

sie bei unserer Problemstellung vermeiden. Denn das Auftreten von Neon ist ein ungemein wertvoller Fingerzeig, daß atmosphärische Luft eingedrungen ist; die Gefahr, daß dies durch irgendeinen nicht ganz tadellosen Hahn oder eine schlechte Stelle im Glas geschieht, ist so groß, daß man sich beim Erscheinen minimaler Spuren Helium nur dann trauen kann, seine Herkunft aus der Luft mit Bestimmtheit zu verneinen, wenn die Absorptionsmittel so eingestellt sind, daß in diesem Fall gleichzeitig mit dem Helium auch Neon in der Spektralröhre vorhanden sein müßte.

Helium nicht-atmosphärischer Herkunft nehmen wir also nur dann an, wenn es entweder völlig frei von Neon ist oder im gemeinsamen Spektrum die Neonlinien viel schwächer auftreten, als ihrem Verhältnis in einem Neon-Heliumgemisch aus Luft entspricht. Ein absolutes Fehlen der Neonlinien ließ sich nicht in allen unseren Versuchen erreichen, da die spektroskopische Empfindlichkeit des Heliums gegen eine Verunreinigung mit Neon außerordentlich groß ist; wenige Prozent Neon, die dem Helium beigemischt sind, haben bereits das Erscheinen der meisten Neonlinien zur Folge. Doch läßt sich, wenn die Menge des Neons prozentual sehr gering ist, aus dem Charakter des Spektrums noch mit Sicherheit erkennen, daß die Hauptmenge des Gases Helium ist.

Um die Leistungsfähigkeit unserer Methode der Heliumbestimmung zu prüfen, haben wir die *Heliumbildung aus dem aktiven Niederschlag des Thoriums* — die wegen seiner α -Strahlung selbstverständlich ist, aber mit den bisherigen Methoden experimentell nicht erfaßt werden konnte — nachzuweisen versucht. Dies ist uns ohne jede Schwierigkeit gelungen. Aus einem Präparat Thorium B + Thorium C von 3 mg Radiumäquivalent¹⁾ erhielten wir ein glänzendes Heliumspektrum. Wie sich leicht berechnen ließ, betrug die hier nachgewiesene Heliummenge 10^{-7} ccm. Da mindestens der 10. Teil aber in unserer Capillare qualitativ noch mit Sicherheit als Helium erkennbar ist, kommen wir zu einer Empfindlichkeitsgrenze unseres Verfahrens von mindestens 10^{-8} ccm. Wir glauben, daß das schwächste deutliche Auftreten der grünen Heliumlinie $\lambda = 5016 \text{ \AA.-E.}$, an deren Erscheinen wir die kleinsten Mengen Helium erkennen konnten, einer noch geringeren Größenordnung entspricht, doch haben wir diese Empfindlichkeitsschwelle unseres Verfahrens noch nicht genauer festgestellt, da wir bei den entscheidenden Versuchen den Heliumnachweis nicht bis zu dieser äußersten Grenze anspannen mußten.

Es sei bei dieser Gelegenheit erwähnt, daß die Ausarbeitung einer möglichst leistungsfähigen und dabei doch einfachen Methode zur Heliumbestimmung auch zur Untersuchung verschiedener anderer, mit dem Helium zusammenhängender Fragen von

¹⁾ Für die freundliche Überlassung des Präparates sprechen wir Herrn O. HAHN und Fr. LISE MEITNER vom Kaiser Wilhelm-Institut für Chemie in Dahlem unseren herzlichen Dank aus.

Nutzen ist. So hat das Verfahren Herrn GÜNTHER ermöglicht, den *Heliumgehalt von Eisenmeteoriten* zu bestimmen, deren Radiumgehalt nur 5×10^{-14} g pro Gramm Substanz betrug. Wir waren dadurch in der Lage, die unseres Wissens erste Altersbestimmung eines Meteoriten auszuführen; wir erhielten für den Meteoriten *Mount Joy* ein Minimalalter von 600 Millionen Jahren¹⁾.

Ein anderes Gebiet, auf dem sich unsere Methode mit geringen Modifikationen ebenfalls bewährt hat, ist die *Untersuchung von Erdgasen* auf ihren Heliumgehalt. Während bisher dazu mehrere Liter oder wenigstens mehrere Hundert Kubikzentimeter der Gase verwendet wurden, hat Herr GEHLEN Analysen mit einigen Kubikzentimetern ausgeführt. Dies bedeutet eine wesentliche Erleichterung namentlich für die Beschaffung der Proben. Als interessantestes Ergebnis einer Untersuchungsreihe über den Heliumgehalt verschiedener Gasquellen sei erwähnt, daß wir in einem deutschen Gasvorkommen einen Heliumgehalt gefunden haben, welcher 10 mal so groß ist wie der der heliumreichsten Erdgasquelle, die bisher in Deutschland bekannt war. Die Quelle kommt mit ihrem Gehalt von 0,19% Helium jenen Quellen in Kanada, aus denen Helium technisch gewonnen wird und die einen Gehalt von 0,33% besitzen, sehr nahe. Eine Untersuchung ob auch bei dieser deutschen Quelle die technische Gewinnung von Helium lohnt, ist im Gang.

3. Nachprüfung älterer Angaben über künstliche Heliumbildung.

Obwohl die Mehrzahl der in der Literatur vorliegenden Behauptungen über eine Heliumbildung bei elektrischen Entladungen bereits durch Untersuchungen widerlegt ist, die experimentell sorgfältiger sind als jene Arbeiten, welche zu den positiven Resultaten geführt hatten, schien es uns doch der Mühe wert, mit unserer besonders empfindlichen Methode einzelne dieser Angaben nachzuprüfen.

So war von STRUTT die Frage offen gelassen worden, ob beim Bombardieren gewisser *Salze* mit *Kathodenstrahlen* vielleicht doch genügende Mengen Helium entstehen, um — wie dies J. J. THOMSON behauptet hatte — durch die Methode der positiven Strahlen, wenn auch nicht spektroskopisch, nachgewiesen zu werden. Aus den Angaben THOMSONS läßt sich aber berechnen, daß die in seinem Kanalstrahlapparat zur Erkennung ausreichende Menge Helium auch zu einem spektroskopischen Nachweis in unserer Apparatur genügen müßte. Herr GEHLEN, der die Nachprüfung der Versuche unternahm, konnte aber nach langem Bombardieren der Salze spektroskopisch nicht die geringste Menge Helium feststellen.

Wir haben ferner *Wasserstoff* im *Ozonisator* durch viele Stunden *dunklen elektrischen Entladungen* ausgesetzt. Wir wählten diese Form der elektrischen

¹⁾ Für die Überlassung einiger Gramme dieses Meteoriten sind wir Herrn Direktor H. MICHEL vom Naturhistorischen Staatsmuseum in Wien zu bestem Dank verpflichtet.

Energiezufuhr, weil man hier elektrodenlos und unter sorgfältigem Ausschluß aller Luftspuren arbeiten und den Druck des Gases, sowie die Spannung und Stromstärke in relativ weiten Grenzen variieren kann. Auch im Ozonisator haben wir niemals die geringste Heliumbildung feststellen können.

Endlich haben wir auch, in enger Anlehnung an die von einzelnen Forschern als heliumbildend beschriebenen Verfahren, durch *Wasserstoff* in einem *Geißlerrohr* mit Aluminiumelektroden stundenlang starke elektrische Entladungen geleitet; auch hier war das Ergebnis der Prüfung auf Helium stets vollkommen negativ. Wir schließen uns daher in der Frage der elektrischen Bildung von Helium aus Wasserstoff der Ansicht derer an, welche die Heliumentstehung in nachweisbarer Menge leugnen.

4. Entstehung von Helium bei der Einwirkung von Palladium auf Wasserstoff.

Den eingangs erwähnten Gedanken, Wasserstoff durch Einwirkung von Palladium in Helium zu verwandeln, haben wir zunächst in der Form apparativ zu verwirklichen gesucht, daß wir Wasserstoff in möglichst großen Mengen — bis über 1 Liter — durch heißes Palladium hindurchströmen ließen, in der Erwartung, daß vielleicht im Moment des Austritts ein Bruchteil der in unregelmäßiger Anordnung und relativ hoher Konzentration vorhandenen Protonen und Elektronen sich nicht zu Wasserstoffatomen, sondern zu Heliumkernen zusammenfügen würde. Die Hauptmenge des durch eine rotglühende *Palladiumcapillare* in unsere Apparatur gelangenden Wasserstoffs wurde durch erhitztes Calcium gebunden oder durch eine zweite *Palladiumcapillare* gegen Vakuum ausströmen gelassen, der Rest in der oben beschriebenen Weise durch Verbrennen mit Sauerstoff entfernt, und die übrig bleibenden Gase spektroskopisch untersucht. Die Apparatur war immerhin so kompliziert, daß es sehr schwer war, Luft so vollständig auszuschließen, daß sie sich nicht bei der Empfindlichkeit unseres Nachweisverfahrens durch spurenweise Anwesenheit von Neon im Spektalrohr zu erkennen gegeben hätte; der Neongehalt von 1 cmm Luft, also eine Menge von $1,8 \times 10^{-8}$ ccm Neon, stört bereits die Reinheit der Versuche. Bei einzelnen Experimenten gelang es aber, das Eindringen von Luft völlig zu verhindern. In diesen Fällen waren gelegentlich einige Heliumlinien schwach zu sehen, sie genügten aber nicht, uns von der Wirksamkeit unserer *Palladiumcapillare* in bezug auf Heliumbildung zu überzeugen, vor allem deswegen, weil keine Proportionalität zwischen der Stärke des Auftretens der Heliumlinien und der hindurchgeschickten Wasserstoffmenge, m. a. W. der Versuchsdauer, zu erkennen war. Wir kamen daher zu dem Schluß, daß beim Hindurchströmen von Wasserstoff durch glühendes Palladium sich keine mit unsern Mitteln sicher feststellbare Heliummenge bildet.

Immerhin waren die geschilderten Experimente die einzigen, die Andeutungen einer Heliumbil-

dung zu geben schienen. Und da wir den Eindruck hatten, daß die nach einem Versuch in der Apparatur zurückbleibende Wasserstoffmenge an der kalten Capillare den Effekt in derselben eben wahrnehmbaren Stärke zeigte, wie viel größere durch die heiße Capillare geschickte Gasmengen, kamen wir auf die Vermutung, daß die Heliumbildung sich vielleicht an der Oberfläche von Palladium bei Zimmertemperatur vollzieht. Wenn diese Vermutung richtig war, mußte sich der Effekt durch eine Vergrößerung der Oberfläche des Palladiums steigern lassen.

Unsere nächsten Versuche stellten wir darum mit verschiedenen Präparaten von *Palladiummohr*, *Palladiumschwamm* und *Palladiumasbest* an; statt Wasserstoff durch Palladium hindurchzutreiben, ließen wir ihn nun einfach vom Palladium absorbieren und verbrannten ihn nach verschiedenen Zeiten mit Sauerstoff an demselben Palladiumpräparat. Dadurch wurde eine wesentliche Vereinfachung der apparativen Anordnung erzielt, und der Luftausschluß wurde viel leichter als bei den Versuchen mit der glühenden Palladiumcapillare. Gleichzeitig mit der Reinheit unserer Heliumspektren steigerte sich auch die Stärke der Effekte. Es gelang uns, Präparate herzustellen, die bereits nach Ablauf von 12 Stunden beim Erhitzen gleichzeitig mit dem Wasserstoff genügend Helium abgaben, um 4—5 Linien des Heliumspektrums ohne eine Neonlinie erkennen zu lassen. Bei andern, weniger wirksamen Präparaten konnten wir ebenso deutliche Heliumspektren nach Ablauf einiger Tage oder Wochen feststellen, wie wir überhaupt bei diesen Versuchen von Anfang an den Eindruck hatten, daß nunmehr die früher vermißte *Proportionalität zwischen Effekt und Versuchsdauer* mindestens in groben Zügen vorhanden war. Eine exakte Feststellung dieser Proportionalität ist uns noch nicht möglich gewesen, da wir bis jetzt Heliummengen von 10^{-7} ccm abwärts nur der Größenordnung nach schätzen können, und wir außerdem die Beobachtung machten, daß nicht nur die Wirksamkeit zweier anscheinend ganz gleich behandelte Palladiumpräparate oft verschieden ist, sondern auch jedes einzelne Präparat seine Wirksamkeit im Laufe der Zeit mehr und mehr zu verlieren geneigt ist.

Nun ist es bekannt, daß auch die Aufnahmefähigkeit des Palladiums für Wasserstoff kaum erklärlichen Schwankungen unterliegt und „aktives“ Palladium von selbst allmählich „inaktiv“ wird. Wir haben die Methoden, die zur *Wiederaktivierung von Palladium* empfohlen werden, nämlich Erhitzen in Wasserstoff oder Sauerstoff oder einem Gemisch beider oder im Vakuum, auch versucht und tatsächlich in vielen Fällen damit einen Erfolg erzielt; Palladium, welches nicht mehr in merklicher Menge Helium bildete, war nach einer solchen Behandlung auch in diesem Sinn wieder „aktiv“ geworden. Die Parallelität des aktiven Zustands für die Wasserstoffbindung mit dem für die Heliumbildung besteht aber nach unseren bisherigen

Erfahrungen nur insofern, als kein Präparat, welches gegen Wasserstoff inaktiv war, Helium bildete; andererseits haben aber auch Präparate, die gut Wasserstoff absorbierten, gelegentlich wenig oder kein Helium geliefert, namentlich dann, wenn wir den Wasserstoff in der Hitze hatten aufnehmen lassen.

Da sich aus den oberflächenreichen Palladiumpräparaten das Helium erst bei höherer Temperatur völlig entfernen läßt, vermuteten wir, daß in allen solchen Präparaten, die längere Zeit unbenutzt bei Zimmertemperatur gelegen sind — da sie ja stets etwas Wasserstoff gebunden enthalten — sich Helium nachweisen lassen müsse. Verschiedene von uns daraufhin untersuchte alte Palladiumpräparate haben ausnahmslos diese Ansicht bestätigt; da sich ohne Erhitzen auch die adsorbierte und okkludierte Luft nicht restlos beseitigen läßt, erhielten wir natürlich kein reines Helium, sondern ein Helium-Neongemisch, in dem die Anreicherung an Helium aber meist sehr deutlich war. Die Heliummengen sind, entsprechend der langen Zeitdauer, relativ bedeutend; so gab 1 g eines 50 proz. Palladiumasbests, den wir vor 2 Jahren von der Firma KAHLBAUM bezogen hatten, dessen Herstellungsdatum aber möglicherweise noch weiter zurückliegt, 10^{-6} ccm praktisch reines Helium.

Da diese Menge, auch verglichen mit der von andern, jahrealten Präparaten gelieferten, abnorm groß war, schien es uns wahrscheinlich, daß dieser Palladiumasbest auch jetzt noch ungewöhnlich heliumaktiv sei, und wir haben bei ihm ebenso wie bei den von uns selbst hergestellten Präparaten die Neubildung von Helium verfolgt. Er zeigte sich dabei tatsächlich allen unsern eigenen Präparaten überlegen, wie übrigens auch andern Lieferungen von Palladiumasbest derselben Firma. Mit ihm war es uns möglich, eine Versuchsreihe durchzuführen, auf die wir besonderen Wert legen; wir haben ihn mehrere Tage hindurch in unserer luftdichten Apparatur abwechselnd mit Wasserstoff- und mit Sauerstoffbeladung stehen gelassen und vor jedem Wechsel der Beladung die in ihm enthaltene Heliummenge untersucht. Nach 12 stündigem Stehen in Sauerstoff war eine kaum merkbare Menge Helium zu finden, die sich ungezwungen aus dem restlichen Wasserstoff erklären läßt. Nachdem der Palladiumasbest unmittelbar darauf 5 Stunden in Wasserstoff gestanden hatte, ergab eine Analyse die 10—100fache Menge Helium. Wir haben diesen Versuch 3mal hintereinander mit stets demselben Erfolg durchgeführt. Als wir mit der Untersuchung dieses Palladiumasbests begannen, war die Heliumbildung in Wasserstoff von der Größenordnung 10^{-8} — 10^{-7} ccm pro Tag; nach etwa 20maligem Erhitzen war aber auch dieser Palladiumasbest inaktiv geworden. Durch eine abwechselnde Sauerstoff- und Wasserstoffbehandlung bei verschiedenen Temperaturen hat er die Fähigkeit zur Heliumbildung wiedererhalten, aber nicht in demselben Maß wie anfangs; er lieferte pro Tag nur mehr 10^{-9} — 10^{-8} ccm Helium, ein Betrag,

den auch manche der von uns hergestellten Sorten von Palladiumasbest erreicht haben.

Außer an Palladiumpräparaten haben wir die Heliumbildung auch an *Platinasbest*, *Platinmohr*, *Platinschwamm* und an *pyrophorem Nickelpulver* untersucht. Einzelne Platinpräparate haben deutlich positive Resultate ergeben, wenn die Effekte auch stets schwächer waren als an den besten Palladiumpräparaten. Die Wirksamkeit von Nickel scheint noch geringer zu sein, doch neigen wir auf Grund der bisherigen Ergebnisse der Ansicht zu, daß auch sie noch nachweisbar ist.

5. Diskussion der Fehlerquellen.

Wir haben uns selbstverständlich immer von neuem die Frage vorgelegt, ob man das Auftreten von Helium in unserer Apparatur nicht durch schon vorhandenes Helium erklären kann.

Am nächsten liegt der Gedanke, daß das Helium aus der *Luft* stammt. Wie schon oben erwähnt, genügt eine einfache Undichtigkeit der Apparatur nicht zur Erklärung, da dann Helium und Neon im Luftverhältnis anwesend sein müßten; Helium aus Luft kann nur dann zur Deutung herangezogen werden, wenn man einen Mechanismus aufzeigen kann, der eine Fraktionierung zugunsten des Heliums bewirkt.

Ein solcher Mechanismus kann aber unter Umständen vorhanden sein. Während *Glas* bei Zimmertemperatur für die Dauer unserer Versuche genügend heliumdicht ist, läßt es bei erhöhter Temperatur sehr merkbare Mengen dieses Gases durch¹⁾; Neon wird in soviel geringerem Maße hindurchgelassen, daß man aus atmosphärischer Luft durch einmaliges Passierenlassen durch heißes Glas fast neonfreies Helium gewinnen kann²⁾. Wir haben daher dafür Sorge getragen, daß der einzige Teil unserer Apparatur, welcher kurze Zeit erhitzt werden muß — das Röhrchen mit dem Palladiumpräparat zum Zweck des Verbrennens des Wasserstoffs und Austreibens des Heliums — sich von einem Vakuummantel umgeben unter Wasser befindet. Wie zahlreiche Leerversuche gezeigt haben, wird dadurch das Eindringen von Helium aus der Luft völlig vermieden.

Eine zweite Art, in welcher *Glas* Helium und Neon *fraktioniert trennen* kann, die mit der ersten nahe verwandt ist, aber die Versuche wieder in etwas anderer Weise zu stören vermag, beruht auf der Fähigkeit des Glases, Helium aus einem Helium-Neongemisch selektiv zu adsorbieren und im wei-

teren Verlauf zu lösen. Wir haben Versuche mit Glasröhren angestellt, die mehrere Tage mit Neonhelium im Luftverhältnis von $\frac{1}{3}$ Atmosphäre Gesamtdruck gefüllt waren; beim Erhitzen setzen so vorbehandelte Glasröhren fast reines Helium in Freiheit. Die Heliummengen, die Glas aus atmosphärischer Luft aufnehmen kann, sind aber so gering, daß — wie ebenfalls Leerversuche zeigten — die Glasröhrchen, in denen sich die Palladiumpräparate befanden, keinen merklichen Beitrag zu den in den Versuchen gefundenen Heliummengen liefern konnten.

Die Erscheinung, daß die Palladiumpräparate kurz nach der Herstellung am besten wirken, legt den Verdacht nahe, daß diese Präparate sich bei ihrer Darstellung mit Helium aus Luft sättigen und dieses Helium dann erst nach mehrmaligem Erhitzen abgeben und sich so erschöpfen. Nun läßt sich aber zeigen, daß Palladium — ganz im Gegensatz zum Glas — nicht die Fähigkeit hat, Helium selektiv zu adsorbieren, ebensowenig wie es Helium lösen oder diffundieren lassen kann. Wir haben uns durch Versuche überzeugt, daß die Heliummengen, die von Palladium aus einem Neon-Heliumgemisch von $\frac{1}{3}$ Atmosphäre Druck gleichzeitig mit Neon aufgenommen werden, schon bei einmaligem kurzen Erhitzen bis unterhalb der Grenze der Nachweisbarkeit abgegeben werden; dabei ist es gleichgültig, ob die Präparate so hergestellt werden, daß man Palladoaminchlorid in dem erwähnten Gasgemisch thermisch zersetzt, das Palladiummetall also gewissermaßen in statu nascendi mit dem Helium in Berührung kommt, oder ob man aus Lösungen gewonnenen Palladiumasbest nachträglich in einer Neon-Heliumatmosphäre aufbewahrt. Nun beträgt der Partialdruck des Heliums in Luft nur den 20000. Teil des bei unseren Versuchen angewandten Partialdrucks; um so weniger können daher Palladiumpräparate, die sich nicht mit Helium von so hoher Konzentration, sondern nur mit Luft in Berührung befanden, Helium in störendem Betrag aufnehmen und so schwer wieder abgeben, wie man es zur Erklärung unserer Versuche annehmen müßte. Auch Asbest hat, wie wir fanden, nicht die Fähigkeit, Helium aus einem Neon-Heliumgemisch anzureichern; der krystallisierte Asbest verhält sich also in dieser Beziehung ganz anders als die amorphen Silicate Glas und Quarzglas.

In die Apparatur eingeführt wurden während der Versuche nur Wasserstoff und Sauerstoff. Beide wurden aus einem besonders konstruierten Elektrolyseur entnommen, welcher völlig luftdicht und vor Gebrauch durch Evakuieren und stundenlanges Inbetriebhalten von den letzten Resten Luft befreit worden war. Beide Gase enthielten nach unseren Leerversuchen weniger als $\frac{1}{1000}\%$ Luft. Aber selbst wenn man, etwa als Folge einer plötzlich entstandenen Undichtigkeit, eine Verunreinigung der Gase durch Luft annehmen wollte, wäre das Auftreten des neonfreien Heliums noch nicht erklärt, da hier wieder der Fraktionierungsmechanis-

¹⁾ In speziellen Untersuchungen haben wir festgestellt, daß auch bei Zimmertemperatur Glas nicht als völlig heliumdicht angesehen werden darf, wenn man mit einer so empfindlichen Nachweismethode arbeitet; doch ist in unserer Apparatur die durch das Glas eindringende Menge erst nach etwa einer Woche eben merklich. Bei Versuchen, die sich über Tage oder Wochen erstreckten, haben wir die Vorsicht gebraucht, die in Betracht kommenden Glasteile der Apparatur unter Wasser zu halten, was zur Folge hat, daß auch die in Monaten eindringende Heliummenge unter der Grenze unseres Nachweisverfahrens bleibt.

²⁾ D.R.P. 431507.

mus fehlt; daß nicht etwa Palladium das Neon selektiv verschlucken und dadurch das Helium im Gasrest anreichern kann, haben wir noch dadurch bewiesen, daß wir Palladiumpräparate, die beim Erhitzen Helium abgaben, in unserer geschlossenen Apparatur vollständig auflösten und die in Freiheit gesetzten Gase analysierten; auch dabei ergab sich ein Überschuß von Helium und nicht von Neon über das Luftverhältnis.

Daß schließlich nicht etwa das *Palladium* — infolge einer Art radioaktiven Zerfalls — Helium entwickelt, haben wir durch das Auflösen möglichst alter Palladiumbleche und Untersuchung der entstehenden Gase gezeigt. Da Palladium für Helium undurchlässig ist, hätte sich das Helium im Innern speichern müssen. Auch in einem 10 Jahre alten Palladium war aber kein Helium nachweisbar, von einer an der Grenze der Beobachtungsmöglichkeit liegenden Spur abgesehen, die sich auf die Wirkung des an der Oberfläche gebundenen Wasserstoffs zurückführen läßt.

Auch von den alten *Platinblechen*, die wir untersuchten, haben die meisten kein Helium gegeben; in einem Blech fanden wir allerdings merkbare Mengen. Worauf dieser Unterschied gegenüber den anderen beruht, können wir vor Anstellung weiterer Versuche nicht angeben; es mag sein, daß dieses stark benutzte Blech Hohlräume enthielt, so daß sich an einer „inneren Oberfläche“ des Platins Helium im Lauf der Jahre zwar bilden, aber nicht entweichen konnte.

6. Diskussion des Ergebnisses.

Da wir demnach alle Fehlerquellen, die uns in Betracht zu kommen scheinen, als zur Erklärung der beobachteten Effekte nicht ausreichend befunden haben, gelangen wir zu dem Ergebnis, daß das in unserer Apparatur auftretende Helium seine Entstehung der Einwirkung des Palladiums auf Wasserstoff verdankt. Namentlich das Ausbleiben der Heliumbildung bei Sauerstoffbeladung des Palladiums und das Wiedereintreten bei Wasserstoffbeladung scheint uns keine andere Deutung zuzulassen. Denn selbst wenn man — entgegen dem im vorhergehenden Abschnitt Gezeigten — annehmen wollte, daß das Palladium Helium enthält, müßte man jetzt noch die weitere Hypothese hinzufügen, daß dieses Helium nur durch Wasserstoff daraus in Freiheit gesetzt werden kann. Daß aber Wasserstoff nicht die Fähigkeit hat, Palladium für Helium durchlässig zu machen, haben wir in einem eigenen Versuch bewiesen: eine Palladiumcapillare, die in einem Gemisch von reinem Helium (aus Monazitsand)* und Wasserstoff geglüht wurde, ließ ebensowenig Helium durch, wie wenn das Glühen in Helium ohne Wasserstoff erfolgte.

Daß das Helium, welches bei der gegenseitigen Einwirkung von Wasserstoff und Palladium entsteht, seine Bildung im Sinn unserer Grundannahme einer katalytischen Begünstigung der dem Wasserstoff innewohnenden Tendenz, sich in Helium zu verwandeln, verdankt, läßt sich aus den Experimenten direkt nicht folgern. Wenn man sich

aber überhaupt zu der Annahme einer Neuentstehung des Heliums entschließt, bleibt dies weit aus die einleuchtendste Erklärung. Dem Palladium wird man um so mehr nur die Rolle eines Katalysators zuschreiben, als Platin zwar schwächer, aber qualitativ ebenso wirkt.

Die Fortsetzung der Arbeit muß hauptsächlich zu ergründen trachten, worauf die verschiedenen gute Wirksamkeit verschiedener Palladiumpräparate — und ein und desselben Präparats zu verschiedenen Zeiten — beruht. Es scheint uns verfrüht, heute schon einen Zusammenhang mit den aus anderen Gründen gemachten Hypothesen allotroper Modifikationen des Palladiums zu suchen; auch die Vermutung, daß nur die Adsorption des Wasserstoffs wirksam, seine Absorption aber unwirksam ist — für die uns manches zu sprechen scheint —, können wir nur mit Vorbehalt äußern. Erst auf Grund einer Vermehrung des experimentellen Materials wird sich auch überblicken lassen, wieweit man die Reaktionsgeschwindigkeit der Heliumbildung zu steigern hoffen darf.

Eine weitere wichtige Frage, die wir noch ungeklärt lassen müssen, ist die nach dem Verbleib der großen Energiemengen, die bei der Heliumbildung höchstwahrscheinlich frei werden. Es ist öfters ausgesprochen worden, daß jede Heliumbildung sich sofort durch eine gewaltige *Wärmeentwicklung* verraten müßte. Nun sind aber die zu erwartenden Energiemengen zwar relativ — d. h. verglichen mit den bei chemischen Reaktionen frei werdenden — ungeheuer groß, ihrem absoluten Betrag nach aber bei den in unseren Versuchen gebildeten Mengen doch voraussichtlich noch zu gering, um überhaupt nachgewiesen zu werden. Bei der Bildung von 10^{-8} ccm Helium ist eine Wärmetönung von 0,28 cal. zu erwarten; wenn man aber Palladium mit Wasserstoff belädt, treten viel bedeutendere Wärmeeffekte auf, die teils als Absorptionswärme, teils als Bildungswärme einer chemischen Verbindung gedeutet werden und zum Teil auch ihren Ursprung der Verbrennung von Sauerstoffresten verdanken können. Neben diesen Effekten wird eine Wärmetönung als Folge der Bildung einer so kleinen Heliummenge sehr schwer feststellbar sein.

Nun besteht aber auch die Möglichkeit, ja, es ist aus theoretischen Gründen sogar wahrscheinlicher, daß die Energie bei der Heliumbildung zunächst nicht als Wärme, sondern als *Strahlung* frei wird. Wir haben öfters versucht, neben mit Wasserstoff beladenen Palladiumpräparaten eine γ -Strahlung festzustellen oder eine Aussendung von Ionen beim Überleiten von Wasserstoff über Palladium, aber weder bei den ersten Versuchen, noch — im Gegensatz zu Angaben der Literatur — bei den letzteren irgendeine Wirkung in den Elektroskopen erhalten. Die Versuche sollen mit verfeinerten Hilfsmitteln fortgesetzt werden, doch ist ein Erfolg dieser Messungen um so unsicherer, als selbst im Fall, daß die Vereinigung der Wasserstoffatome zu Helium unter Strahlungsaussendung vor sich geht,

wir diese Strahlung möglicherweise nicht finden können; es ist denkbar, daß sie so durchdringend ist, daß sie vor wiederholtem Eintritt des Compton-effektes sich in unseren Meßapparaten nicht fassen läßt.

Der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft

danken wir für die gewährten Mittel, dem „Sauerstoffwerk Borsigwerke der Gesellschaft für Lindes Eismaschinen“ für die Überlassung von flüssiger Luft und den Herren cand. chem. HEINZ GEHLEN und PAUL GÜNTHER für freundliche Hilfe bei verschiedenen Versuchen.

Besprechungen.

GUTBIER, ALEXANDER, **Goethe, Großherzog Carl August und die Chemie in Jena.** Mit einem neu aufgefundenen Brief Döbereiners an Goethe. Jenaer akademische Reden Heft 2. Jena: Gustav Fischer 1926. VI, 66 S., 3 Tafeln u. 30 Anlagen. Preis geh. RM 2.80.

Weimars Glanzzeit war auch eine Glanzzeit für die Universität Jena. Neben Schiller strahlten unter ihren Lehrern Sterne von hohem Rang, besonders die Philosophen FICHTE, SCHELLING und HEGEL. Von diesen hat SCHELLING auch auf die Naturwissenschaft einen starken Einfluß — nicht immer im guten Sinne — ausgeübt. Weniger bekannt ist, daß neben der auf den Höhen der Spekulation wandernden Naturphilosophie dort damals auch die auf dem nüchternen Boden der Tatsachen stehende eigentliche Forschung sich vorzüglicher Vertreter erfreute. Zum großen Teile war dies GOETHE, der als „Chef der Oberraufsicht“ etwas Ähnliches wie sonst ein Universitätskurator war, zu verdanken; zu einem wesentlichen Teil war es aber auch das Verdienst KARL AUGUSTS, der gleich seinem ersten Minister für die Naturwissenschaften begeistert und im raschen Handeln ihm oft überlegen war. Beide Männer schätzten besonders hoch die durch LAVOISIER so herrlich geförderte Chemie. Sie waren daher sehr ernstlich bestrebt, ihr an ihrer „Akademie“ eine würdige Stätte — würdiger als sonst an den deutschen Hochschulen — zu bereiten. Die für GOETHE und die Geschichte der Naturwissenschaften interessierten Kreise sind hierüber durch mehrere Veröffentlichungen des unterzeichneten Referenten unterrichtet worden¹⁾. Dieselben Kreise geht die obengenannte akademische Rede an, deren Verfasser, bekanntlich Professor der Chemie an der Universität Jena, zur Zeit daselbst die Würde des Rektors bekleidet. Gehalten wurde sie zur Feier der akademischen Preisverteilung im Juni dieses Jahres. Sie schildert, wie sich zur Goethezeit das chemische Unterrichtswesen in Jena entwickelt hat, und das „zur Erreichung hoher Ziele im akademischen Leben immer wenigstens zwei Männer in gegenseitig aufrichtigem Vertrauen sich finden müssen: der Dozent . . . und der Minister oder Ministerialreferent“, so stehen einerseits DÖBEREINER und sein Vorgänger GÖTTLING und andererseits GOETHE und sein Fürst im Mittelpunkt der Erörterung.

Einen ungefahr ebenso großen Raum wie der Text der Rede mit den zugehörigen Anmerkungen nehmen die Anlagen ein. Diese, dreißig an der Zahl, sind den Akten des Weimarer Staatsarchivs sowie den Protokollen des Senats und der Philosophischen Fakultät von Jena entnommen und bringen wichtiges neues Material, das den Vorgängern des Verfassers gar nicht oder wenigstens nur mittelbar zu Gebote stand. Wegen dieses Materials und seiner vorzüglichen Verwertung ist die Veröffentlichung weit mehr als eine bloße

akademische Rede und vielmehr als eine Quellschrift zu werten.

Aus dem reichen Inhalt soll hier nur das Wichtigste hervorgehoben werden. Der Verfasser bekämpft zunächst — ähnlich wie es der Referent früher an mehreren Stellen getan hat¹⁾ — die zum Dogma gewordene Irrmeinung, daß LIEBIG, so gewaltig auch seine Verdienste um den chemischen Hochschulunterricht waren, der erste Universitätslehrer in Deutschland war, der seine Studierenden auch praktisch, insbesondere im Analysieren, unterrichtete. Demgegenüber begründet der Verfasser, daß lange vorher „in Jena . . . für den chemischen Unterricht ausgezeichnet gesorgt war“, und zwar schon seit 1789. In diesem Jahre wurde nämlich J. F. A. GÖTTLING zum außerordentlichen Professor an der dortigen Universität ernannt, nachdem GOETHE und KARL AUGUST die Ausbildung des begabten jungen Weimarer Apothekenprovisors zu einem auf der Höhe der Wissenschaft stehenden „Scheidekünstler“ veranlaßt und in wahrhaft großzügiger Weise durchgeführt hatten. Sehr bedeutsam war es, daß dieser in die Philosophische Fakultät berufen wurde, denn hierdurch war anerkannt, daß die Chemie, die ja damals an den Universitäten allgemein nur als ein Nebenfach der Medizin angesehen wurde, eine selbständige Wissenschaft sei. GÖTTLING verfügte von Anfang an über ein im Jenaer Schlosse gelegenes Forschungslaboratorium, das dank den Bemühungen GOETHEs und des Fürsten gut ausgestattet war; ein eigenes Auditorium hatte er jedoch nicht, so daß er, da er nicht nur theoretischen, sondern nach Möglichkeit auch experimentellen Unterricht erteilte, darauf angewiesen war, seine Apparate jedesmal aus dem Laboratorium in einen nahen Hörsaal hinzuschaffen und nachher möglichst rasch zurückzubefördern, auch im Interesse seines Nachfolgers für Lüftung zu sorgen. Nach dem Tode GÖTTLINGs, als dessen größtes Verdienst GOETHE mit Recht seine Bekämpfung der phlogistischen Lehre rühmt, wurde im Jahre 1810 — und zwar lediglich durch KARL AUGUSTs kluges Eingreifen — DÖBEREINER auf seinen Lehrstuhl berufen. Er war ein Apotheker und Gewerbetreibender ohne höhere Schulbildung und ohne akademisches Studium, aber bereits durch mancherlei Veröffentlichungen bekannt. Beglückt durch diese Berufung, die sein höchstes Sehnen erfüllte, entwickelte sich der geniale Mann rasch zu einem der hervorragendsten Forscher Deutschlands; ja, seine Platinuntersuchungen, zu denen ihm die Erbgrößherzogin aus ihrer russischen Heimat Material kommen ließ, verschafften ihm Weltruf. DÖBEREINER war gleichzeitig ein geborener Lehrer. Da er von Anfang an — mit derselben Klarheit wie später LIEBIG — Experimentalvorlesungen von höchster Vollendung und noch mehr praktische Übungen als die Hauptsache im chemischen Hochschulunterricht erkannte, gab er sich

¹⁾ Vgl. JULIUS SCHIFF, GOETHEs chemische Berater und Freunde, Deutsche Rundschau 1912, S. 450 ff. und JULIUS SCHIFF, Briefwechsel zwischen GOETHE und JOHANN WOLFGANG DÖBEREINER, Weimar 1914.

¹⁾ Vgl. z. B. JULIUS SCHIFF, Das erste chemische Institut der Universität Breslau, Archiv für die Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik 1920, S. 29 ff.

mit dem Erbe GÖTTLINGS nicht zufrieden, sondern verlangte überdies einen besonderen, mit Experimentiertisch usw. ausgestatteten Hörsaal und Arbeitsräume für seine Studierenden. Er fand bei GOETHE und KARL AUGUST das größte Verständnis. Beide förderten den von ihnen auch persönlich hochgeschätzten Mann so viel als irgend möglich. Der Mangel an Geldmitteln nötigte allerdings zu manchem Verzicht, und oft konnten selbst die dringendsten Bedürfnisse nicht befriedigt werden. Da half dann beispielsweise — was der heutigen Zeit fast unglaublich klingt — die „Oberaufsicht“ indem sie DÖBEREINER riet, sich 20 Pfund Quecksilber aus den Beständen des damit gut versehenen Jenaer Hofapothekers zu leihen, und indem sie ihm die Mitbenützung der anderen Instituten gehörigen Eudiometer, Barometer und sonstigen Apparate gestattete. Auch bescheidene Arbeitsräume — ebenfalls im Schlosse — wurden ihm zur Verfügung gestellt; ob sie allerdings den Namen eines Unterrichtslaboratoriums, den der Verfasser ihnen gibt, verdienen, erscheint zweifelhaft. Sicherlich aber ist der schöne Experimentiersaal, der 1816 in einer Vorstadt von Jena im Hellfeldischen Hause für den immer vorwärts strebenden „dozierenden Chemiker“ eingerichtet wurde, als ein solches zu bezeichnen, woraus hervorgeht, daß Jena schon mehrere Jahre vor LIEBIGS Auftreten für das Chemiestudium im modernen Sinne gesorgt hatte. Zu den Vorzügen des neuen Laboratoriums gehörte es auch, daß hier nicht, wie in den Räumen

des Schlosses, die Arbeit zu festgesetzter Stunde abgebrochen werden mußte; hier durfte vielmehr „der Herr des Hauses . . . allein oder mit seinen Studierenden ungestört experimentieren, wann es ihm beliebte“.

Folgerecht entwickelte sich nun infolge des vorbildlichen Zusammenwirkens des Professors mit dem von ihm hochverehrten Manne, den er mit Stolz seinen Chef nannte, der chemische Unterricht mit Praktikum und Analysierübungen in Jena weiter. Gekrönt wurde das Werk, als das Laboratorium mit allem Zubehör in einen schönen zweckmäßigen Neubau im Jahre 1833 übergeführt wurde. An den Plänen hatte GOETHE noch mitgewirkt, freilich die Ausführung nicht mehr erlebt.

Beigegeben ist der Schrift eine gute Abbildung des Hellfeldischen, den Experimentiersaal einschließenden Hauses zusammen mit dem benachbarten neuen Laboratorium (nach einem wenig bekannten, im Städtischen Museum zu Jena befindlichen Original) sowie eine Reproduktion einer auch an anderer Stelle veröffentlichten Goetheschen Handzeichnung, die ebenfalls das Hellfeldische Haus darstellt. Die Schrift selbst ist nicht nur — was sie zunächst sein soll — ein bedeutender Beitrag zur Geschichte der Universität Jena, sondern sie ist auch von hohem Wert für die Goetheforschung und für die — als einheitliches Werk bisher nicht geschriebene — Geschichte des chemischen Unterrichts an den deutschen Hochschulen.

JULIUS SCHIFF, Breslau.

Zuschriften.

Der Herausgeber hält sich für die Zuschriften nicht für verantwortlich.

Das antirachitische Vitamin.

In einer Zuschrift, die über die Ultraviolettbestrahlung von Milch und über die hierbei erfolgende Bildung vitaminartiger Stoffe handelt, weisen E. TIEDE und P. REYHER¹⁾ darauf hin, daß bisher „die bei der Ultraviolettbestrahlung der Milch zwangsläufig aus dem Luftsauerstoff sich ergebende Ozonwirkung nicht genügend berücksichtigt“ worden sei; sie zeigen, daß der charakteristische (lebertranähnliche) Geruch und Geschmack ultraviolettbestrahlter Milch auf die Einwirkung von Ozon zurückgeführt werden müsse und teilen mit, daß sie die „Vitaminisierung mit Ozon“ zum Patent angemeldet haben. Sie fügen allerdings hinzu, sie wollten und könnten natürlich nicht behaupten, daß neben der Ozonwirkung nicht auch eine spezifische, durch Geruch und Geschmack nicht zu erkennende Lichtbeeinflussung stattfindet.

Ähnliche Ergebnisse haben, wie die Tagespresse berichtet, einige *Leipziger Forscher* erhalten, die im Ozon oder in Ozoniden das charakteristische *antirachitische Vitamin* gefunden zu haben glauben und zur Identifizierung, soweit ich den Zeitungen entnehmen kann, die ähnliche Wirkung von Lebertran und Ozoniden auf die photographische Platte verwenden.

Wie ich in einem Vortrag vor der Deutschen Chemischen Gesellschaft ausgeführt habe, ist von amerikanischen und englischen Forschern, vor allem von ALFRED HESS (Neuyork) und OTTO ROSENHEIM (London) zuerst gezeigt worden, daß die *Sterine* (*Cholesterin* und *Sitosterin*) bei der Bestrahlung mit ultravioletem Licht antirachitisch wirksam werden. Es ist sehr naheliegend, anzunehmen, daß den hierbei entstehenden Oxyden oder Ozoniden die charakteristische Wirkung zukomme, und auch ich habe dies anfangs vermutet.

Es hat sich aber herausgestellt (HESS, ROSENHEIM), daß die Aktivierung des Cholesterins durch Bestrahlung auch gelingt, wenn man das Cholesterin in einen geschlossenen Quarzkolben bringt, den man möglichst vollständig von Luft befreit und mit Stickstoff gefüllt hat. Auch in einer Lösung in Petroläther oder Paraffin läßt sich Cholesterin durch Bestrahlung aktivieren. Ein so behandeltes Cholesterin wirkt nicht auf die photographische Platte, es ist aber haltbarer und im Tierversuch wirksamer als das an der Luft bestrahlte Material.

Es scheint mir aus diesen Versuchen hervorzugehen, daß der Sauerstoff oder das Ozon bei der Aktivierung des Cholesterins *keine Rolle* spielen.

Göttingen, den 2. September 1926. A. WINDAUS.

Über die Beziehung zwischen Atomgewicht, Lebensdauer und Umwandlungsart von Isotopen.

LISE MEITNER hat kürzlich in einer Zuschrift¹⁾ die obige Frage diskutiert und einer von mir vor längerer Zeit aufgestellten Regel eine neue gegenübergestellt. Da dabei der innige, zwischen den Regeln bestehende Zusammenhang nicht näher beleuchtet wurde, so soll das hier erfolgen.

Die ursprüngliche, rein empirische Formulierung der von mir aufgestellten Regel läßt sich in folgende 3 Teilregeln zerlegen, die sich alle auf isotope Glieder einer Plejade beziehen.

Mit fallendem Atomgewicht (A.G.) nimmt die Lebensdauer

1. von isotopen α -Strahlern²⁾ ab;

¹⁾ Naturwissenschaften 14, 719. 1926.

²⁾ Durch die abgekürzte Bezeichnung α - und β -Strahler wird hier, wie stets früher, nicht die Strahlung, die ein Element aussendet, sondern, vom Standpunkte der Verschiebungssätze, die Art der Umwandlung, der

¹⁾ Heft 31 der Naturwissenschaften, S. 741.

2. von isotopen β -Strahlern zu¹⁾;

3. Enthält eine Plejade beide Arten von Radioelementen, so besitzen die β -Strahler ein größeres A.G. als die α -Strahler und sind kurzlebiger als das nächste Glied der Plejade²⁾.

Das Neue in der aus 3 Teilregeln bestehenden, von Frl. MEITNER formulierten Regel liegt darin, daß sie das *stabilste Glied* der Plejade, auch wenn es inaktiv ist, in den Vordergrund stellt. Sie besagt³⁾:

I. Hat das stabilste Glied das höchste A.G. unter den Isotopen, so sind alle Glieder der Gruppe α -Strahler.

II. Hat es das kleinste A.G., so sind die übrigen Isotopen β -Strahler.

III. Hat es ein mittleres A.G., so sind die schwereren Isotopen β -Strahler, die leichteren und das stabilste Glied selbst α -Strahler.

Nun soll bewiesen werden, daß I—III eine notwendige Folgerung von 1—3 darstellt. Zunächst seien hier 3 Hilfssätze 1a—3a angeführt, die das zusammenfassen, was sich speziell in bezug auf das stabilste der Isotopen aus den Teilregeln 1—3 ohne weiteres ergibt.

1a folgt aus 1. Sind alle Glieder einer Plejade α -Strahler, so hat das stabilste das höchste A.G.

2a folgt aus 2. Sind alle Glieder β -Strahler, so hat das stabilste das niedrigste A.G.

3a folgt aus 3 und 1. Enthält eine Plejade α - neben β -Strahlern, so sind nach 3 die β -Strahler kurzlebiger als das nächste Glied, das natürlich ein α -Strahler ist. Somit ist das stabilste Glied ein α -Strahler. Ist dabei das stabilste Glied der einzige α -Strahler der Plejade, so hat es das kleinste A.G., sonst hat es ein mittleres A.G., und zwar sind seine schwereren Isotopen β -Strahler, die leichteren α -Strahler.

Der Inhalt der Sätze 1a—3a ist enger als der der Teilregeln 1—3, da jene nur über das A.G. des stabilsten Gliedes, während diese auch über den Zusammenhang zwischen A.G. und Lebensdauer der übrigen Isotopen Aufschluß geben.

Die Beziehung zwischen I—III einerseits und 1—3 bzw. 1a—3a andererseits ergibt sich nun aus folgendem.

I. Man ersieht sofort, daß I eine Umkehrung von 1a darstellt. Die Umkehrung eines Urteils ist aber nicht ohne weiteres zulässig, und man muß noch die Teilregeln 2 und 3 heranziehen, um zu beweisen, daß 1a mit seiner Umkehrung I inhaltlich identisch ist. In der Tat: weist das stabilste Glied das *höchste* A.G. auf, und ist es selbst ein α -Strahler⁴⁾, so verbietet die Teil-

regel 3, daß seine Isotopen (mit kleinerem A.G.) β -Strahler sind. Andererseits kann aber das stabilste Glied mit höchstem A.G. nicht selbst ein β -Strahler sein, denn dann würde die Existenz von weiteren β -Strahlern der Teilregel 2, die Existenz von isotopen α -Strahlern der Teilregel 3a widersprechen. Somit bleibt nur die in I ausgesprochene Beziehung als notwendige Folge von 2 und 3 übrig.

II. Die Umkehrung von 2a ergibt, daß, falls das stabilste Glied das niedrigste A.G. hat, alle Glieder β -Strahler sein *können*. Doch ist das hier nicht die einzige Möglichkeit, denn 3a läßt zu, daß das stabilste Glied auch dann das niedrigste A.G. aufweist, wenn es den einzigen α -Strahler neben isotopen β -Strahlern darstellt. Doch kann das stabilste Glied von niedrigstem A.G. keine α -Strahler als Isotopen besitzen. Das ersieht man aus 1, wenn dieses stabilste Glied selbst ein α -Strahler ist, aus 3, wenn es ein β -Strahler ist. Somit ist auch II eine notwendige Folge von 1—3.

III. Hat das stabilste Glied ein mittleres A.G., so verbietet 1a bzw. 2a, daß alle Glieder lauter α -Strahler bzw. lauter β -Strahler sind. Somit muß die betreffende Plejade α - neben β -Strahlern aufweisen, wodurch III implizite in 3a enthalten ist.

Die obige Beweisführung bezieht sich natürlich nur auf diejenigen Fälle, in welchen 1—3 gilt. Nun ist die Frage von Interesse, inwieweit die neue Regel in denjenigen Fällen anwendbar ist, die Ausnahmen von der alten Regel aufweisen. Diese Ausnahmen bestehen darin, daß in 2 Plejaden von 5 bzw. 4 aktiven Gliedern für je eines (AcB bzw. AcX), in der Poloniumplejade von 7 Gliedern für zwei (RaF und AcC') die durch die Teilregeln 2 bzw. 1 vorgesehene Beziehung zwischen Lebensdauer und A.G. versagt. Es ist leicht vorauszu- zusehen und trifft auch zu, daß in dem Falle, wo die Abweichung das *langlebigste* Isotope (RaF) betrifft, auch die neue Regel in der betreffenden Plejade (Po) versagen *müßte*, sonst kann sie unter Umständen gelten.

Auf Grund des obigen ist es nicht zu erwarten, daß man aus der neuen Regel weitere Folgerungen ableiten könnte, als aus der alten. In der Tat ist der von Frl. MEITNER aus dem Verhalten der Plejade des Protaktiniums auf Grund der neuen Regel gezogene Schluß, daß das A.G. des Pa kleiner sein muß als 234, somit das des Actiniums kleiner als 230 implizite in meinen diesbezüglichen Folgerungen enthalten. Es ergab sich bekanntlich, daß die meisten Glieder der Aktinierreihe (das Pa eingeschlossen) sich am besten der Beziehung unterordnen, wenn man dem Ac das A.G. 227 zuschreibt¹⁾. Der Wert 226 entspricht schlechter der Regel, ist aber gerade noch zulässig.

zu werden. Vom formalen Standpunkt aus ist man nämlich ohne weiteres berechtigt, die in Frage kommenden inaktiven Isotopen der Radioelemente als instabile Elemente von sehr großer Lebensdauer zu betrachten. Faßt man nun Pb₂₀₆—208 und Th₂₀₄ als „ α -Strahler“ auf und vergleicht sie mit ihren radioaktiven Isotopen, die sämtlich β -Strahler darstellen und ein höheres A.G. aufweisen, so ist auf die inaktiven Atomarten die Teilregel 3 anwendbar, betrachtet man jedoch die inaktiven Atomarten als „ β -Strahler“, so trifft auch für sie die Teilregel 2 zu. Wegen dem Bi₂₀₉ vgl. weiter unten. — Bezüglich der Anwendung obiger Beziehungen auf die Isotopen nichtradioaktiver Elemente vgl. besonders S. A. SCHTSCHUKAREW, J. Russ. Phys. Chem. Ges. **55**, 447. 1924; Chem. Zentr. 1924 (II), S. 1877.

¹⁾ Vgl. z. B. Radioaktivität usw. 1. bis 4. Aufl. (1919—1922), und besonders die halbquantitativen Beziehungen in Sitzungsber. d. Heidelberg. Akad. d. Wiss.

¹⁾ Le Radium **10**, 171. 1913.

²⁾ Der zweite Teil von 3 ist bis jetzt nur in einer zusammenfassenden Darstellung in den Naturwissenschaften **2**, 463. 1914, mitgeteilt worden und findet sich, im Gegensatz zu den wichtigeren in 1, 2 und dem ersten Teil von 3 ausgedrückten Regelmäßigkeiten, in meinem Buch Radioaktivität usw., 4. Aufl., S. 100—101. 1922, nicht erwähnt. Man könnte diesen zweiten Teil von 3 auch so formulieren: „die β -Strahler sind kurzlebiger als der isotope α -Strahler mit dem nächstniedrigeren A.G.“ oder auch „der langlebigste β -Strahler ist kurzlebiger als der isotope langlebigste α -Strahler.“

³⁾ Die hier angeführten Teilregeln I. bis III. weichen von dem ursprünglichen Wortlaut der Zuschrift von Frl. MEITNER etwas ab. Frl. MEITNER hatte die große Freundlichkeit mir mitzuteilen, daß sie mit der obigen Formulierung ihrer Regel einverstanden ist.

⁴⁾ Der Fall, daß das langlebigste Glied eine stabile inaktive Atomart ist, braucht nicht besonders diskutiert

Die obenerwähnten Ausnahmen von der ursprünglichen Regel veranlaßten R. SWINNE¹⁾, die Teilregel 1 etwas abzuändern. Es soll für α -Strahler bei fallendem A.G. die Lebensdauer entsprechend 1 zuerst fallen, dann aber nach Durchschreiten eines Minimums wieder steigen. Diese abgeänderte Teilregel 1 trägt in der Tat den Anomalien von AcC', RaF und AcX Rechnung, und es bleibt dann in den Plejaden, die nur reine α - und β -Strahler aufweisen, als einzige Ausnahme (von der Teilregel 2) das Verhalten des AcB übrig. Es sei nun gezeigt, daß diese Abänderung von 1 einen gewissen Vorteil auch für das Verständnis des Verhaltens des β -Strahlers RaE bietet, dem innerhalb der Wismut-plejade eine Ausnahmestellung zukommt.

Diese Plejade enthält neben dem RaE die Verzweigungsglieder C der 3 Reihen. Was zunächst diese Radioelemente anbelangt, so stellen sie zugleich α - und β -Strahler dar, und es ist auf sie daher die Beziehung in keiner der oben benutzten Formulierungen anwendbar. Wohl deshalb ist in der Zuschrift gesagt, daß die C-Glieder für die alte Regel eine gewisse Schwierigkeit bilden. Doch konnte diese Schwierigkeit bereits kurz²⁾ nach Aufstellung der Regel folgendermaßen beseitigt werden.

Offenbar bilden die Teilregeln 1 und 2 den Ausdruck dafür, daß bei Isotopen mit fallendem Atomgewicht die Tendenz zur α -Umwandlung zunimmt, die zur β -Umwandlung abnimmt. Diese vertiefte Formulierung hat nicht nur den Vorteil, daß aus ihr, wie leicht einzusehen ist, sich der erste (nicht aber der zweite) Teil von 3 zwangsläufig ergibt, sondern daß sie auch auf die C-Glieder anwendbar ist. Nur muß man bei diesen Radioelementen die Tendenzen zur α - und β -Umwandlung, wie sie sich ja aus den Umwandlungskonstanten der C-Glieder und den Verzweungsverhältnissen ohne weiteres ergeben, getrennt vergleichen. Es sei hier die betreffende Tabelle der zitierten Arbeit, durch neuere Zahlenwerte³⁾ etwas verändert und ergänzt angeführt.

	Halbwertszeit ⁴⁾	At. G.	Halbwertszeit ⁴⁾	
(Bi _α)	sehr groß ↑	209	↑ sehr groß	(Bi _β)
(RaE _α)	groß	210	5 Tage	RaE _β
AcC _α	2,15 Min.	211 oder 210	11 St.	AcC _β
TbC _α	2,87 St.	212	1,55 St.	TbC _β
RaC _α	39 Tage ↓	214	19,5 Min.	RaC _β

Wie ersichtlich, nimmt bei den C-Gliedern mit fallendem A.G., ganz entsprechend dem Sinn von 1 und 2, die Tendenz zur α -Umwandlung zu, die zur β -Umwandlung ab. Was nun die übrigen 2 Isotopen, den β -Strahler RaE und das stabile gewöhnliche Wismut anbelangt, so folgen sie in bezug auf die β -Tendenz

Mathem.-naturw. Kl. A 11. 1914. Ähnliche und auch andere Beziehungen sind neuerdings von A. S. RUSSELL, Philosoph. Mag. 46, 642. 1923, diskutiert worden, der erneut für den Wert 227 plädiert.

¹⁾ Zeitschr. f. angew. Chem. 27 (III), 596. 1914.
²⁾ K. FAJANS, Phys. Zeitschr. 14, 951. 1913; Vgl. auch Phys. Zeitschr. 16, 471. 1915.

³⁾ Vgl. die Tabellen von St. MEYER in GEIGER-SCHEEL, Handbuch der Physik Bd. XXII, S. 274ff. (1926). Für das Verzweungsverhältnis der Radiumreihe wurde der Wert 35/100 000 angenommen.

⁴⁾ Unter Halbwertszeit ist hier diejenige verstanden, die den betreffenden Elementen eigen wäre, wenn sie nur der einen oder nur der anderen Art der Umwandlung unterliegen würden.

auch der Teilregel 2. In bezug auf die α -Umwandlung tritt aber beim AcC ein Minimum der Stabilität auf, ähnlich wie in der Ra-Plejade bei ThX, in der Po-Plejade bei AcC'. Die von Frl. MEITNER vorgeschlagene Regel gilt aber für die C-Glieder nicht, denn da das stabilste Glied (Bi) das kleinste A.G. hat, müßten nach II alle übrigen Isotopen β -Strahler sein, während in Wirklichkeit die C-Glieder auch α -Umwandlungen unterliegen. Der Grund liegt natürlich darin, daß 1—3 auf die C-Glieder nicht direkt, sondern nur in der eben erläuterten Weise anwendbar ist¹⁾.

Unsere Kenntnisse der Beziehung zwischen A.G., Umwandlungsart und Umwandlungstendenz bzw. Lebensdauer der Isotopen lassen sich also folgendermaßen zusammenfassen. Mit fallendem A.G. der Isotopen nimmt die Tendenz zur β -Umwandlung ab, die zur α -Umwandlung nimmt im allgemeinen zu (FAJANS), erreicht aber (SWINNE) in 3 Plejaden (Ra, Po, Bi) ein Maximum, um bei weiterem Fallen des A.G. wieder zu fallen. Von 38 Radioelementen weicht nur das AcB von dieser Gesetzmäßigkeit sicher ab²⁾. Abgesehen von den C-Gliedern gilt diese Gesetzmäßigkeit, allerdings mit 4 Ausnahmen (AcX, AcC', AcB, RaF), auch in der eingangs als Teilregeln 1—3 angeführten Form (FAJANS). Ein Teil der Zusammenhänge, die von 1—3 erfaßt werden, läßt sich auch zu einer von L. MEITNER formulierten Regel (I—III) zusammenfassen, die einen Zusammenhang zwischen dem A.G. des langlebigsten Gliedes einer Plejade und der Umwandlungsart der Isotopen herstellt. Für 9 Radioelemente (6 Isotope des RaF und 3 C-Glieder) der Po- und Bi-Plejade, deren Glieder sich zwar der allgemeineren Fassung der Beziehung, nicht aber den Teilregeln 1—3 ausnahmslos fügen, ist die neue Regel nicht gültig.

München, den 21. September 1926. K. FAJANS.

¹⁾ Frl. MEITNER sieht den Grund für das Versagen ihrer Regel bei den C-Gliedern in dem Auftreten der Verzweigung, namentlich in der Zerfallsfolge $\beta\beta\alpha$.

²⁾ Stellt das UY, wie meistens angenommen wird, aber noch nicht als direkt bewiesen gelten kann, das Bindeglied zwischen U_{II} und Pa vom A.G. 231 oder 230 dar, so weicht es sowohl von der Teilregel 3 (vgl. Radioaktivität usw. 4. Aufl. 1922, S. 101) als auch von III ab. Aus diesen und auch aus anderen Gründen schreibt RUSSELL (l. c.) dem UY das A.G. 235 zu, indem er das UY und durch mehrere hypothetische Zwischenprodukte auch das Pa und Ac von einem Uranisotopen mit dem A.G. 239 ableitet. Direkte experimentelle Stützen fehlen. O. HAHN (Zeitschr. f. anorg. Chem. 147, 16. 1925) hat gegen das RUSSELLsche Schema einige Gegenargumente vorgebracht, hält es aber nicht für endgültig widerlegt. (Vgl. auch S. IIMORI und J. YOSHIMURA, Scient. pap. inst. phys. chem. res. Tokyo 5, 11. 1926.) — Unter der Voraussetzung, daß das UY das Bindeglied zwischen einem der Glieder der U-Ra-Reihe und dem Pa ist, hat B. WALTER kürzlich (Naturwissenschaften S. 794) geschlossen, daß als Abzweigungsstelle der Ac-Reihe das Uran I und Uran II mit gleicher Wahrscheinlichkeit angenommen werden können. Herr WALTER stützt sich dabei nur auf die neue Regel von Frl. MEITNER, nach der das Verhalten des Pa für U_{II} als Abzweigungsstelle, das des UY für U_I spricht. Auf Grund der allgemeineren Gesetzmäßigkeit muß aber, wie schon oft hervorgehoben wurde, dem U_{II} entschieden der Vorzug gegeben werden, denn sonst würden 8 Glieder der Pa-Ac-Reihe von der Gesetzmäßigkeit abweichen. Einer freundlichen Mitteilung zufolge, ist Frl. MEITNER mit dieser Stellungnahme zu der Zuschrift von Herrn WALTER ganz einverstanden.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Über die spektroskopische Bestimmung der Dissoziationsarbeit des Wasserstoffmoleküls. So wie wir aus den Linienspektren der einatomigen Gase und Dämpfe in ihrer Deutung auf Grund der BOHRschen Theorie außer anderen wichtigen Größen die Ionisationsarbeit eines Atomes bestimmen können, so sollte man erwarten, daß sich aus den Bandenspektren der Moleküle auch eine so bedeutsame Konstante wie die Dissoziationsarbeit des Moleküls entnehmen lassen müßte. Tatsächlich ist es nun allerdings erst in neuester Zeit gelungen, den Weg zu finden, der zu diesem Ziele führt. Der Gedanke, der dieser Bestimmung zugrunde liegt und der wohl zuerst in einer Arbeit von DYMOND (Zeitschr. f. Phys. 34, 553. 1925, vgl. hierzu auch J. FRANCK, Trans. Far. Soc. 21. 1925) ausgesprochen wurde, ist im klassischen Bilde dargestellt folgender: Wenn wir in einem Molekül die Atome gegeneinander in Schwingung versetzen, so wird mit wachsender Amplitude der Schwingung die Bindung der Atome in den Zuständen größter Elongation lockerer und lockerer und bei einer bestimmten Amplitude (einer bestimmten Schwingungsenergie entsprechend), wird die Bindung gleich Null, d. h. die Atome werden auseinandergehen, das Molekül ist dissoziiert. Die maximale Schwingungsenergie, die man in ein im Normalzustand befindliches Molekül hineinstecken kann, ist also gleich der Dissoziationsarbeit. Nach der Quantentheorie ist nun die Schwingungsenergie, die wir dem Molekül zuführen können, nicht kontinuierlich, sondern quantenhaft verteilt, aber da wir gerade aus den Bandenspektren die Energie der Schwingungsquanten entnehmen können, die ein Molekül besitzt, so liegt hier der Weg zur spektroskopischen Bestimmung der Dissoziationsarbeit. Für das H_2 -Molekül ist diese nun in einer interessanten Arbeit von E. WITMER (Proc. of the nat. acad. of sciences (U. S. A.) 12, 238. 1926) durchgeführt worden. TH. LYMAN hatte gefunden, daß Entladungen durch ein Gemisch von Argon mit Spuren von Wasserstoff im Schumannultraviolett zwischen $\lambda = 1050$ und $1650 \text{ \AA}$ ein Spektrum ergeben, in dem sich dem H_2 -Molekül zuzuschreibende Liniengruppen mit gesetzmäßiger Lagerung der Einzellinien in regelmäßigen Abständen wiederholen, wobei die Intensität nach den langen Wellen zu mehr und mehr abnimmt. Die Struktur dieser Liniengruppen erinnert sofort an die aus anderen Spektren bekannten Banden und führt WITMER zu folgender Deutung dieses Spektrums, die wir an Hand der Figur 1 erläutern. Das unterste Niveau der Figur entspreche dem schwingungslosen Normalzustand des Moleküls, in dem beide Elektronen in einquantigen Bahnen sind. Durch die Anregung in der Entladung wird eines der Elektronen in eine zwei-quantige Bahn gehoben, wodurch das Molekül in einen angeregten Zustand kommt, der 11,6 Volt über dem Normalzustand liegt. Daß dieser Zustand bevorzugt angeregt wird, liegt daran, daß seine Anregungsenergie zufällig mit der kleinsten Anregungsenergie des Argonatoms zusammenfällt. Kehrt das Molekül aus diesem Anregungszustand in den Normalzustand zurück, so wird die kurzwelligste Linie der LYMANschen Bande emittiert. Bei Berücksichtigung der Rotation des Moleküls in Anfangs- und Endzustand erklären sich die Einzellinien der kurzwelligsten Liniengruppe. In Anfangs- und Endzustand besitzt das Molekül in diesem Falle keine Schwingungsenergie. Es ist aber der Fall möglich, daß bei dem Rücksprung des Elektrons im Endzustand Schwingungsenergie des Moleküls erhalten bleibt, und je nachdem ob 1, 2, 3, 4 usw. Schwingungsquanten im Endzustand vorhanden sind, ergeben sich

Übergänge, die durch die in Fig. 1 eingezeichneten senkrechten Linien mit Pfeil am unteren Ende charakterisiert sind. Diesen Übergängen entsprechen Spektrallinien, die mit wachsender Zahl der Schwingungsquanten im Endzustand der Emission nach längeren Wellen rücken, und so sind gerade nach WITMER die von LYMAN gefundenen Linien zu deuten. Aus der genauen Vermessung der Wellenlängen der Linien kann man nun die genaue Lage der über dem Normalzustand liegenden Niveaus ermitteln und dabei ergibt sich, daß die Abstände übereinanderliegender Niveaus mit wachsender Schwingungsquantenzahl n gesetzmäßig abnehmen. Der Abstand zweier übereinanderliegender Niveaus ist aber nun gleich $h\omega$, wo ω die Schwingungsfrequenz des Moleküls in dem betreffenden Zustande ist. ω nimmt also mit wachsendem n ab; je langsamer die Schwingungsfrequenz ist, um so geringer ist aber auch die Bindung des Moleküls und wenn die erstere gleich Null geworden ist, so ist die Bindung unendlich locker geworden, d. h. das Molekül ist in diesem Zustand dissoziiert. Aus der gesetzmäßigen Abnahme der Abstände übereinander liegender Energieniveaus läßt sich nun die Konvergenzstelle bestimmen, die in Fig. 1 durch das gestrichelte Niveau angedeutet ist¹⁾. Der Abstand dieses Niveaus vom Grundniveau ist

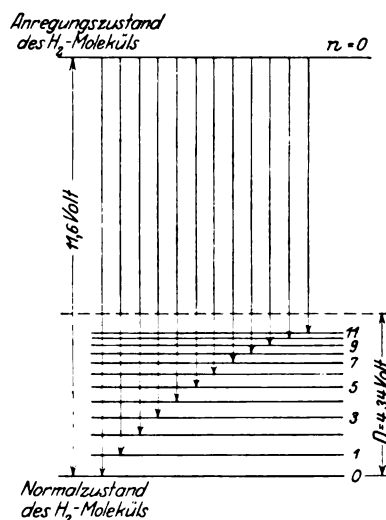


Fig. 1. Energiediagramm zur Deutung der LYMAN-WITMERschen Bandengruppe. n ist die Zahl der Schwingungsquanten. Mit wachsendem n nehmen die Abstände übereinanderliegender Niveaus ab. Das gestrichelte Niveau entspricht der Konvergenzstelle und der Abstand desselben vom Grundniveau der Dissoziationsarbeit.

dann ein Maß für die Dissoziationsarbeit. WITMER hat so aus den LYMANschen Banden die Dissoziationsarbeit D des H_2 -Moleküls berechnet und kommt dabei zu folgendem Wert

$$4,10 \text{ Volt} < D < 4,50 \text{ Volt}$$

oder in Calorien

$$94\,600 \text{ cal.} < D < 103\,800 \text{ cal.}$$

Daß sich D nicht genauer bestimmen läßt, liegt daran, daß das gestrichelte Niveau der Fig. 1 nur durch eine

¹⁾ Auf diese Figur bezieht sich der Hinweis auf S. 888, Spalte 2, Zeile 4 und folg.

Extrapolation der Bandengesetzmäßigkeit über die Beobachtungen hinaus zu gewinnen ist. Als wahrscheinlichsten Wert gibt WITMER $D = 4.34$ Volt, $= 100\ 100$ cal. an. Dieser Wert ist nun in guter Übereinstimmung mit dem auf thermochemischem Wege von JSNARDI gemessenen und von WOHL korrigierten Werte $96\ 765 < D < 102\ 257$ cal.

Auf weitere Schlußfolgerungen, die WITMER in seiner Arbeit zieht, wollen wir hier nicht eingehen, möchten aber nicht unerwähnt lassen, daß das hier geschilderte Verfahren zur spektroskopischen Bestimmung der Dissoziationsarbeit eines Moleküls aus den Bandenspektren in etwas modifizierter Form auch bei anderen Molekülen (Halogene, siehe H. KUHN, diese Zeitschrift 14, 600. 1926; N_2 , O_2 , CO, NO siehe H. SPONER und T. BIRGE, Phys. rev. 27, 640 und 641. 1926) zu überraschenden Erfolgen geführt hat. W. GROTRIAN.

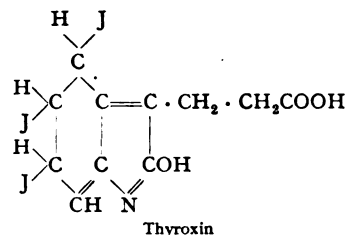
Nachdem E. BAUMANN 1895 das Vorkommen von Jod in der Schilddrüse nachgewiesen hatte, hat es bekanntlich lange gedauert, bis es gelang, über die Art des Vorkommens etwas Genaueres zu erfahren, denn daß es sich bei dem von BAUMANN selbst noch dargestellten Thyreojodin um ein Spaltprodukt handelte, war relativ frühzeitig erkannt. Wenige Jahre freilich nach der Baumannschen Entdeckung hat FR. HOFMEISTER in Straßburg die von ihm studierte Fraktionierung der Eiweißkörper durch Aussalzung mit Ammonsulfat auch auf die Eiweißkörper der Schilddrüse durch seinen Schüler A. OSWALD anwenden lassen, wobei das Thyreoglobulin isoliert wurde, ein Eiweißkörper, der jodhaltig ist und im Versuch alle physiologischen Wirkungen zeigte, die der Schilddrüse zukommen. Aber der eigentliche Elementarkomplex, an dem das Jod in der Schilddrüse haftet, war lange Zeit unbekannt, bis es endlich im Jahre 1919 E. C. KENDALL gelang, einen kristallisierten Stoff darzustellen, von ihm *Thyroxin* genannt, der die Zusammensetzung $C_{11}H_{10}O_3N_2J_4$ hat, also 65% Jod enthält, und dem er die folgende Formel gab.

Leider sprechen gewichtige chemische Gründe gegen die Annahme einer solchen Formel, und so mußte es sehr zweifelhaft erscheinen, ob das Thyroxin wirklich, wie aus dieser Formel hervorzugehen scheint, ein Derivat des Tryptophans ist oder nicht. Es muß bemerkt werden, daß die meisten in der Natur vorkommenden jodhaltigen Körper nicht Tryptophanabkömmlinge, sondern Tyrosinabkömmlinge sind.

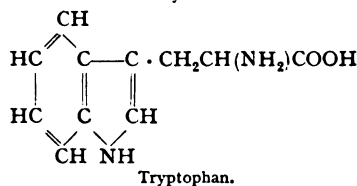
Astronomische Mitteilungen.

Das System der Spiralnebel. Die Stellarstatistik verwendet als empirische Grundlagen die scheinbaren Helligkeiten und die Entfernungen der Sterne. Durch die Verbindung dieser Daten gelangt sie zur Kenntnis der absoluten Helligkeiten (Leuchtkräfte) der Sterne. Sobald das Gesetz festgestellt ist, dem das Vorkommen der verschiedenen Grade der Leuchtkraft unterliegt, ergibt sich aus der Verbindung dieses Gesetzes mit der Zählung der Sterne der einzelnen Stufen der scheinbaren Helligkeit die Verteilung der Sterne im Raume. Auf diese Weise sind die Vorstellungen von dem abgeschlossenen Sternsystem gewonnen worden, das wir das galaktische (Milchstraßen-) System nennen.

Unter den Nebeln des Himmels gibt es eine Reihe ausgedehnter Objekte, die in der Nähe der Milchstraße stehen und zweifellos zu unserem Sternsystem gehören. Anders steht es mit den nichtgalaktischen Nebeln, die zumeist klein sind und nach dem Beispiel der größeren ihrer Art als Spiralnebel angesehen werden. Ihre kosmische Stellung ist nicht so klar zu übersehen, und man kann versuchen, ihr System auf ähnliche Weise zu



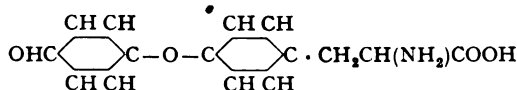
Thyroxin



Tryptophan.

Ganz neuerdings ist es nun CH. R. HARRINGTON (Biochem. Journ. 20, 293. 1926) gelungen, zunächst eine Methode auszuarbeiten, mit der das Thyroxin in erheblich größerer Menge, nämlich zu ungefähr 0,12% der trockenen Drüse, isoliert werden kann. Die empirische Zusammensetzung dieses Tyroxins ist aber eine andere, als KENDALL annahm, bzw. durch dessen Darstellung ist der Körper wohl etwas verändert worden, das reine Thyroxin hat vielmehr die Formel $C_{15}H_{11}O_4N_2J_4$.

Aus diesem Stoff gelang es nun C. R. HARRINGTON, alles Jod abzuspalten bzw. durch vollkommene Reduktion zu einem Desjodothyroxin zu gelangen, $C_{15}H_{15}O_4N$ und dessen Konstitution vollkommen durch die Synthese klarzulegen als 4-(4'-Oxyphenyl-)Tyrosin der folgenden Formel:



Damit ist die Konstitution des Thyroxins bis auf die Stellung der Jodatome vollkommen aufgeklärt und der physiologisch wichtige Nachweis geliefert, daß das Thyroxin ein Derivat des Tyrosins ist. Bei der außerordentlich großen Wirksamkeit, die dem Thyroxin bekanntlich zukommt, ist die neue Isolierungsmethode von HARRINGTON auch für die Pharmakologie von wesentlicher Bedeutung.

S.

erforschen wie das Sternsystem. C. WIRTZ¹⁾ macht einen solchen Versuch. Es bereitet Schwierigkeiten, daß die Totalhelligkeit der Nebel bisher kaum zu messen war (ihre Messung ist jetzt durch die elektrischen Mikrophotometer möglich geworden), und daß über die Entfernungen nichts bekannt war. WIRTZ berechnet die Totalhelligkeiten aus den geschätzten Flächenhelligkeiten und der Ausdehnung der Nebel. Die Entfernungen werden aus den drei von HUBBLE bestimmten Spiralnebelentfernungen abgeleitet mit Hilfe der natürlich rohen Hypothese, daß alle diese Nebel gleichen linearen Durchmesser haben. Als Material dienen 993 Nebel, die FATH auf Reflektoraufnahmen der von KAPTEYN ausgewählten Himmelsareale untersucht hat. Die scheinbaren Totalhelligkeiten liegen zwischen 10,7 und 20,1 (in Größenklassen; die beiden hellsten Spiralen mit den Helligkeiten 4,0 und 8,5 liegen isoliert und sind

¹⁾ Totalhelligkeit und Leuchtkraftkurve der nichtgalaktischen Nebel, ein Versuch. Astronomische Nachrichten 228, 41. 1926.

weggelassen worden), und die Zahl der Nebel der einzelnen Helligkeitsstufen läßt sich in derselben Weise wie bei den Sternen durch eine quadratische Formel (für den Logarithmus) darstellen. Da die Areale gleichmäßig über den ganzen Himmel verteilt sind, kann man abschätzen, eine wie große Zahl von Nebeln am ganzen Himmel mit den vorhandenen Mitteln zu erwarten ist. WIRTZ kommt auf die Zahl 325 000, die mit der von SEARES abgeleiteten (300 000) gut übereinstimmt. Für die absoluten Helligkeiten benutzt WIRTZ die Normalentfernung 10^6 Sternweiten (gegenüber 1 oder 10 Sternweiten, die für Sternabstände üblich sind; 1 Sternweite rund = $3,25 \cdot 10^{13}$ km). Als mittlere Leuchtkraft der Spiralnebel (als mittlere Helligkeit in der Normalentfernung) ergibt sich 6,1. Das Vorkommen der verschiedenen Werte der Leuchtkraft läßt sich nahezu durch eine normale GAUSSsche Fehlerkurve darstellen:

Klassenmitte m_0	Zahl der Beob.	Nebel Rechn.	B - R
3.7	17	3	+ 14
4.2	15	12	+ 3
4.7	38	44	- 6
5.2	96	109	- 13
5.7	105	190	- 85
6.2	320	233	+ 87
6.7	228	204	+ 24
7.2	117	125	- 8
7.7	43	54	- 11
8.2	11	17	- 6
8.7	5	4	+ 1

Eine gesonderte Bestimmung für verschiedene Zonen (verschiedene galaktische Breiten) des Himmels ergibt

B	$\omega = 1$					$\omega = 0.5$				
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4
0.0	- 1.88	- 1.88	- 1.88	- 1.88	- 1.88	- 1.13	- 1.13	- 1.13	- 1.13	- 1.13
0.3	- 1.84	- 1.86	- 1.88	- 1.90	- 1.92	- 1.09	- 1.13	- 1.17	- 1.20	- 1.24
0.5	- 1.73	- 1.81	- 1.88	- 1.95	- 2.01	- 0.98	- 1.13	- 1.26	- 1.38	- 1.49
0.7	- 1.45	- 1.69	- 1.88	- 2.04	- 2.18	- 0.70	- 1.13	- 1.43	- 1.67	- 1.86
0.9	- 0.71	- 1.45	- 1.88	- 2.19	- 2.43	+ 0.04	- 1.13	- 1.68	- 2.04	- 2.31
1.0		- 1.13	- 1.88	- 2.32	- 2.63		- 1.13	- 1.88	- 2.32	- 2.63

Berechnete Werte der scheinbaren Helligkeit für verschiedene Werte der Albedo B , des Absorptionskoeffizienten p und der Streuung ω .

die gleiche Form der Kurve für den ganzen Himmel. Wenn man für unser Milchstraßensystem die errechnete Flächenhelligkeit und Ausdehnung benutzt, erhält man als Helligkeit in 10^6 Sternweiten Entfernung die Werte 6,5 bei Aufsicht und 6,3 bei Kantensicht, also Werte, die nahe bei dem Mittelwert der Leuchtkräfte der Spiralnebel liegen. Es ist dadurch wahrscheinlich gemacht, daß die Spiralnebel von ähnlicher Größe und Konstitution sind wie das Milchstraßensystem. Nach WIRTZ' Ansicht deutet manches darauf hin, daß die Spiralnebel ein abgeschlossenes System höherer Ordnung sind, und daß unsere Aufnahmen schon an die äußere Grenze dieses Systems heranreichen. Daß die Spiralnebel nicht zum galaktischen System gehören, lehrt auch ein Vergleich der Nebelzahlen mit den Sternzahlen, die für die benutzten Areale ebenfalls vorliegen. Es stellt sich heraus, daß kein Zusammenhang zwischen dem Gang dieser Zahlen besteht, daß also die nichtgalaktischen Nebel auch räumlich als außergalaktisch anzusehen sind.

Marsatmosphäre. Durch die Marsaufnahmen, die WRIGHT¹⁾ 1924 erhalten hat, sind 3 Erscheinungen zur Diskussion gestellt worden: Die violetten Bilder sind etwas größer als die roten. Die violetten Bilder sind gleichmäßig hell, während auf den roten die Helligkeit

nach dem Rande hin abnimmt. Die roten Bilder zeigen die Kontraste der Oberfläche, die bei der Beobachtung mit dem Auge gesehen werden, während solche Unterschiede der Helligkeit auf den violetten Bildern fast ganz fehlen. Noch nicht veröffentlichte Aufnahmen von KASANSKY in Moskau führen zu ähnlichen Ergebnissen. WRIGHT machte den Versuch, diese Erscheinungen durch die Annahme einer Atmosphäre zu erklären. In einer theoretischen Arbeit untersucht jetzt FESSENKOFF¹⁾, was durch eine Atmosphäre erklärt werden kann. Es stellt sich zunächst heraus, daß bei zulässigen Annahmen über die Dichte der Atmosphäre und den Absorptionskoeffizienten für violette Strahlung eine optische Vergrößerung der Planetenscheibe zustande kommt. Doch läßt sich bei den günstigsten Annahmen nur $\frac{1}{3}$ des durch die WRIGHTschen Beobachtungen gegebenen Unterschiedes zwischen violetten und roten Bildern errechnen. Aus der gleichmäßigen Helligkeit der Planetenscheibe können nach FESSENKOFFS Untersuchung keine bestimmten Schlüsse auf Eigenschaften der Marsatmosphäre gezogen werden, da sie unter mehreren ganz verschiedenen Bedingungen zustande kommen kann. Die dritte Erscheinung, das Fehlen der Kontraste auf den violetten Bildern, erweist sich dagegen als aufschlußreich. Aus den geometrischen Verhältnissen der Marsbahn und der bekannten Strahlung der Sonne läßt sich die scheinbare Helligkeit des Mars (in einer bestimmten Stellung) berechnen. FESSENKOFF gibt in einer Tabelle die Werte, die sich bei den verschiedenen Annahmen über den Durchlässigkeitskoeffizienten p und die Albedo B (Reflexionsvermögen der Oberfläche) ergeben.

Die beobachtete scheinbare Helligkeit des Mars beträgt - 1.85 (in Größenklassen) für sichtbares Licht und - 1.25 für photographische Strahlung. Aus der Tafel ist zu entnehmen, daß bei der Annahme vollständiger Zerstreuung ($\omega = 1$) nur der Durchlässigkeitskoeffizient $p = 1.0$ in Frage kommt. Das bedeutet vollständige Durchlässigkeit der Atmosphäre für jede Strahlung, und die Vergrößerung der Planetenscheibe kann nicht erklärt werden. Nimmt man jedoch eine teilweise Absorption der Strahlung (durch Staubteilchen) an, so ist es möglich, wie das Beispiel $\omega = 0.5$ zeigt, für p kleine Werte bei violetter und große bei roter Strahlung anzunehmen. Damit läßt sich das Verschwinden der Kontraste im violetten Lichte erklären (Zeile $p = 0.3$) und ihr Vorhandensein im roten Lichte (Zeile $p = 0.9$). Mit so kleinen Werten von p ergibt sich auch die Vergrößerung der Marsscheibe. FESSENKOFF neigt deshalb zu der Ansicht, daß die WRIGHTschen Beobachtungen am besten durch eine den Planeten umgebende Staubaatmosphäre erklärt werden könnten. Wie die Staubteilchen zu genügend großen Höhen (mit sehr geringer Dichte der Atmosphäre) emporgetragen werden, bleibt eine offene Frage. KR.

¹⁾ On the atmosphere of Mars; photometrical analysis of WRIGHT's phenomenon. *Astronomische Nachrichten* 228, 57. 1926.

Turgescenz-Schleudermechanismen zur Verbreitung von Samen und Früchten.

Von FRITZ OVERBECK, Frankfurt a. M.

Wohl jedem ist seit seiner Kindheit die Erscheinung geläufig, daß die Streifen eines aufgespaltenen Löwenzahnstengels (*Taraxacum officinale*) sich mit Lebhaftigkeit zusammenringeln oder gar eng aneinander liegende Spiralwindungen bilden, sobald sie in Wasser geworfen werden. In diesem Verhalten des Löwenzahnstengels tritt uns in typischer Weise das Wirken der nämlichen Kräfte entgegen, die bei den in Rede stehenden Schleudermechanismen die erste Rolle spielen: *Turgordruck*¹⁾ und die durch ihn bedingte *Gewebspansung*. Die gleiche Erscheinung wie beim Löwenzahnstengel findet sich mehr oder weniger ausgeprägt bei fast allen wachsenden Sproßachsen höherer Pflanzen. Es befinden sich in einem gewissen Entwicklungsstadium die Zellen der zentraleren Gewebe einerseits und die der mehr peripher gelegenen andererseits in einem Zustand ungleicher osmotischer Dehnung. Und zwar liegen die Dinge derart, daß sich die zentraleren Teile in Druckspannung befinden, wodurch die peripheren in Zugspannung versetzt werden.

Dieses Verhältnis ist meist zwischen Mark und Rinde gegeben. Wenn man beide Teile durch einen Schnitt voneinander isoliert, so verlängert sich das Mark und verkürzt sich die Rinde. Spaltet man einen jungen Stengel durch mehrere Schnitte der Länge nach auf, so resultiert aus dem Wirken der beiden antagonistischen Kräfte, der Druckkraft und der Zugkraft, eine Krümmung der Teile. Das Mark kommt auf die konvex werdende Flanke, die Rinde auf die konkav werdende zu liegen. Legen wir schließlich die eingerollten Streifen in eine plasmolysierende Lösung, in eine Lösung also, die den Turgordruck der Zellen aufhebt, so strecken sich die Streifen wieder gerade. Das zeigt an, daß es sich tatsächlich bei der Einkrümmung um Turgorkräfte gehandelt hat. Die Bedeutung der durch ungleiche Turgordehnung bedingten Gewebspansung dürfte bei Stengeln, Blattstielen und ähnlichen Organen in einer Festigung der noch jungen wachsenden Organe zu erblicken sein. Die Spannungsverhältnisse zwischen Mark und Rinde sind dann auf allen Flanken *gleichmäßig* ausgebildet.

Durch *ungleichmäßige* Verteilung der Spannungen, sei es daß die Turgordehnung auf *einer* Flanke des betreffenden Organes zunimmt oder abnimmt,

¹⁾ Der Druck des Zellinhalts auf die Zellwand. — Bemerkt sei indessen, daß der Turgordruck der lebenden Zelle nicht die treibende Kraft *aller* pflanzlicher Schleudermechanismen ist. In sehr vielen Fällen, die aber nicht im Rahmen des vorliegenden Aufsatzes liegen, ist die Mechanik überhaupt nicht an die lebende Zelle gebunden und läßt sich auf Quellungs- und Kohäsionskräfte zurückführen.

oder sei es, daß sich auf *zwei* antagonistischen Flanken die Verhältnisse im entgegengesetzten Sinne ändern, kommt es zu Krümmungsbewegungen. Diese mechanische Möglichkeit der Bewegung wird von der Pflanze ungemein häufig ausgenutzt, vielfach in besonderen Bewegungsgeweben, wie in den Gelenken gewisser Blattstiele. Handelt es sich hier um die Ausführung relativ langsam verlaufender Bewegungen, so hat man es in jenen Fällen, wo durch Turgordruck und Gewebspansung Samen und Früchte fortgeschleudert werden, mit Bewegungsgeweben zu tun, die mit blitzartiger Geschwindigkeit arbeiten. Es liegen aus den letzten Jahren eine Reihe von Untersuchungen über derartige Mechanismen vor.

Impatiens parviflora D. C.

Als Ausgangspunkt sei zunächst *Impatiens parviflora* D. C., unser Springkraut, besprochen. Die Frucht ist eine 5 fächerige Kapsel mit außerordentlich zarten Scheidewänden (Fig. 1). An einer zentralen Placenta, die als dünner Strang die ganze Länge der Kapsel durchzieht, sitzen die Samenanlagen, und wenn die Samen reifen, bringen sie den oberen Teil der Frucht zu einer bauchigen Anschwellung. Indessen bilden sich im unteren Teil der Frucht in den Wandungen Spannungen aus, Spannungen zwischen verschiedenartigen Geweben. Auf der Außenseite der Fruchtklappen liegt ein saftiges Gewebe aus dünnwandigen Zellen, das als Schwellgewebe fungiert, und auf der Innenseite bilden starkwandige mechanische Elemente eine Widerlage (Fig. 1a). Insofern liegen hier die Verhältnisse umgekehrt wie beim Löwenzahnstengel, als das in Druckspannung befindliche Gewebe auf der *Außenseite* und nicht innen seinen Sitz hat. Andererseits aber läßt sich eine Parallele zum Löwenzahnstengel ziehen, als hier wie dort der Ausgleich der Spannungen durch den röhrenartigen Verband des Ganzen verhindert wird. Wird schließlich dieser röhrenartige Verband der 5 Fruchtblätter und damit die Hemmung bei *Impatiens* gelöst, was zur Zeit der Reife durch ein besonderes Trennungsgewebe geschieht (Fig. 1b, *Tr.*), dann kommen die Spannungen zum Ausgleich: Die 5 Klappen rollen sich in der bekannten Weise von unten beginnend nach innen ein, schlagen gegen die Samen und schleudern diese fort. Die sehr zarten Scheidewände zwischen den Kapselfächern werden dabei zerrissen und stellen jedenfalls kein wesentliches Hemmnis des Mechanismus dar.

Der Längsschnitt durch den mechanisch wirksamen Teil eines Karpells (Fruchtblatt) zeigt außen eine relativ kleinzellige Epidermis. Dann

folgt das saftige Schwellgewebe. Es besteht aus großen und dünnwandigen Elementen, die stark in radialer Richtung gestreckt sind. Auf der inneren Flanke des Karpells finden sich sehr langgestreckte faserartige Zellen mit starken Tangential- und schwächeren Radialwänden. Schon auf den ersten Blick läßt sich aus dieser Gewebearordnung die Mechanik der Schleudereinrichtung in ihren Grundzügen erkennen: Es wird infolge der osmotischen Kräfte eine Druckspannung in dem saftigen Schwellgewebe herrschen, während die faserartigen Elemente der Innenflanke als Widerlage dienen. Und was wichtig ist: Indem diese faserartigen Zellen starke Tangential-, aber schwache Radialwände besitzen, wird einerseits

dervorgang unterstützt, d. h. vorher durch das Schwellgewebe gedehnt und gespannt worden ist.

Bezüglich der Wirkungsweise des Schwellgewebes hat man sich vor allem *einen* Punkt vor Augen zu halten. Eben wurde gesagt, daß das Schwellgewebe auf der konvex werdenden Flanke sich beim Schleudervorgang, d. h. beim Freiwerden der Spannungen, um gut 30% verlängert. Mehrfach findet sich in der Literatur — mehr oder minder klar ausgesprochen — die Anschauung entwickelt, als handele es sich bei dieser „Ausdehnung“ des Schwellgewebes um eine Volumenzunahme. Das bedeutet aber eine ganz irrige Auffassung der Schleudermechanik. Wir haben es vor der Ausschleuderung im Zustande der Span-

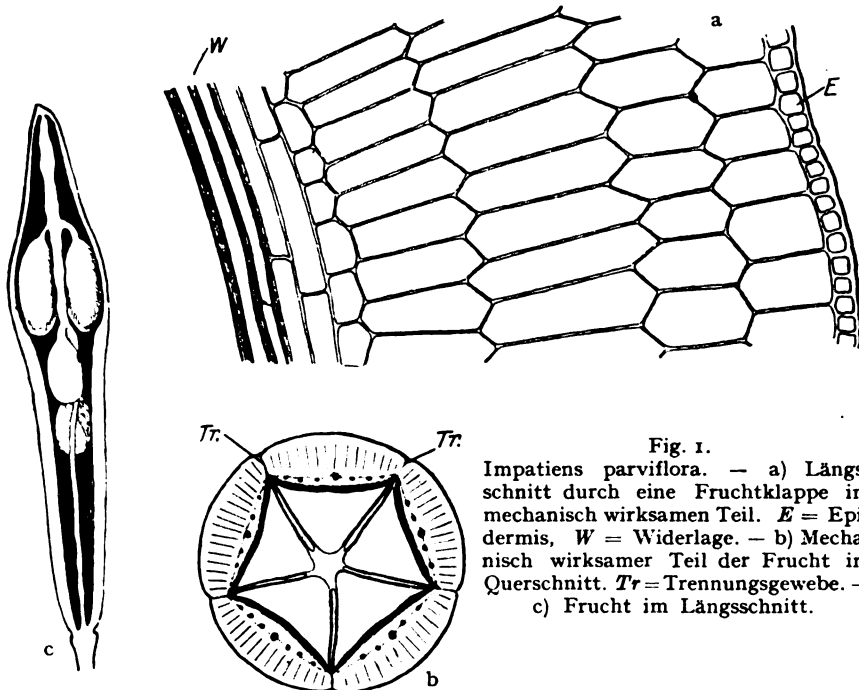


Fig. 1.
Impatiens parviflora. — a) Längsschnitt durch eine Fruchtklappe im mechanisch wirksamen Teil. *E* = Epidermis, *W* = Widerlage. — b) Mechanisch wirksamer Teil der Frucht im Querschnitt. *Tr* = Trennungsgewebe. — c) Frucht im Längsschnitt.

eine genügende Zugfestigkeit, andererseits ein möglichst geringer Biegungswiderstand bei der Einrollung gewährleistet. Wie dann die nähere Untersuchung zeigt, besitzen diese Zellen neben ihrer Gestaltung noch weitere Eigenschaften, die für die Wirksamkeit des Mechanismus von Bedeutung sind. Das sind Dehnbarkeit und Elastizität. Wenn man nämlich die Dimensionsänderungen, die eine Fruchtklappe beim Einrollungsvorgang erfährt, messend verfolgt, so ergibt sich das Folgende:

Der mechanisch wirksame Klappenteil ist nach der Einrollung auf der konvex gewordenen Flanke um gut 30% länger als vorher. Die konkav gewordene Innenflanke dagegen erweist sich um 10% kürzer als vorher. Daraus wird man schließen dürfen, daß das Fasergewebe der Innenseite tatsächlich durch elastische Kontraktion den Schleu-

nung weder mit einer *Volumenkompression* der Schwellzellen zu tun, noch beim Freiwerden der Spannungen mit einer plötzlichen Volumenzunahme. Für die einzelne Zelle wie für das ganze fast lückenlose Schwellgewebe sind solch plötzliche Volumenänderungen kaum denkbar, denn den Zellsaft und die mit Wasser imbibierten Membranen müssen wir für die hier in Betracht kommenden Kräfte als praktisch nicht kompressionsfähig ansehen. Eine Volumenvergrößerung könnte nur dann eintreten, wenn die Zellen im Augenblick des Schleudervorganges, der sich mit blitzartiger Geschwindigkeit zu vollziehen pflegt, noch Wasser aufnehmen könnten. Das ist in diesem Fall aber wohl kaum vorstellbar.

Die plötzlichen Bewegungserscheinungen der Fruchtklappen kommen also nicht durch Volumenveränderung, sondern lediglich durch *Gestalt-*

veränderung der mechanisch wirksamen Zellen zustande. Um bei *Volumenkonstanz* durch *Gestaltsveränderungen* Arbeit zu leisten, finden wir die Schwellgewebszellen von *Impatiens* in wirksamster Weise angelegt. Sie sind lotrecht auf die Faserschicht gestreckt und an beiden Enden pyramidenförmig abgedacht, so daß sie auf dem Schnittbild zickzackartig ineinander greifend erscheinen. Jede Zelle hat nun das Bestreben, sich unter dem Einfluß ihres Turgordruckes abzurunden, d. h. sich der Kugelgestalt zu nähern. Da die Widerlage und der röhrenartige Verband der 5 Fruchtklappen die Abrundung der Schwellzellen aber verhindern, werden zunächst nur Spannungen erzeugt. Die Schwellzellen befinden sich dabei in einer Zwangslage, in der sie eine andere Gestalt anzunehmen genötigt sind, als ihnen ohne Einwirkung des äußeren Gegendruckes zukommen würde. Wenn aber zur Zeit der Reife der Verband der 5 Fruchtklappen hinreichend gelockert wird, fällt die Hemmung fort und die Zellen des Schwellgewebes können ihrem Abrundungsbestreben folgen. Sie verkürzen ihren größten und *vergrößern ihren kleinsten* Durchmesser. Dieser aber fällt in die Richtung, in der für den Mechanismus das Wirken von Druckkräften erforderlich ist, also in die Längsrichtung der Klappe.

Ganz das gleiche Bauprinzip hinsichtlich Gestalt und Anordnung der Schwellzellen, die gleichen Grundzüge der Mechanik wie bei *Impatiens*, finden sich bei einer Reihe weiterer Turgescenz-Schleudermechanismen wieder, und es ist um so reizvoller, diese durchzugehen, als es sich morphologisch um die denkbar verschiedensten Typen handelt und das mechanische Prinzip seine Anwendung in mannigfachen „Konstruktions“-Varianten zeigt.

Dorstenia Contrayerva L.

Die *Dorstenien* sind krautige, meist in Mittel- und Südamerika sowie in Afrika vorkommende Pflanzen aus der Familie der *Moraceen*. Ihre Blütenstände ähneln denen der zur gleichen Familie gehörigen Feigen. Die „Feige“ des Handels wird gebildet von einer krugförmigen, hohlen Blütenstandsachse, die auf ihrer Innenfläche die zahlreichen Blüten trägt. Bei *Dorstenia* ist die Blütenstandsachse nicht krugförmig und hohl, sondern flach und scheibenartig ausgebreitet; die Blüten stehen hier auf der Oberseite. Und zwar sind die weiblichen Blüten je in eine kleine Höhlung versenkt, aus der nur die Narbenlappen herausragen, und in dieser Höhlung reift auch die Frucht heran. Sie hat im reifen Zustand ein seltsames Aussehen und erscheint als eine Art Zange aus saftigem weißen Schwellgewebe, zwischen deren Backen ein Steinkern eingeklemmt liegt (Fig. 2). Diese Backen schnappen schließlich mit großer Gewalt zusammen und quetschen den Steinkern zwischen sich heraus, ähnlich wie wenn man einen feuchten Kirschkern zwischen 2 Fingern

fortschnippt. Über die Anatomie des „Geschosses“ sei kurz das Folgende gesagt. Die Samenschale ist nur ein dünnes schwaches Häutchen. Die daran stoßenden beiden innersten Zellagen der Fruchtwandung sind aber steinhart geworden. Als weitere Bestandteile des Geschosses folgen nach außen noch einige Schichten weichen kleinzelligen Gewebes, bis dann die seltsame „Zange“ beginnt. Die Abtrennung zwischen Geschosß und Zange wird kurz vor der Ausschleuderung bereits durch das Entstehen eines Hohlraumes im Winkel zwischen den Zangenarmen eingeleitet. Was hier fortgeschleudert wird, ist also nicht ein Same (wie bei *Impatiens*), sondern ein Steinkern samt einem Teil des an ihm haftenden Fruchtfleisches.

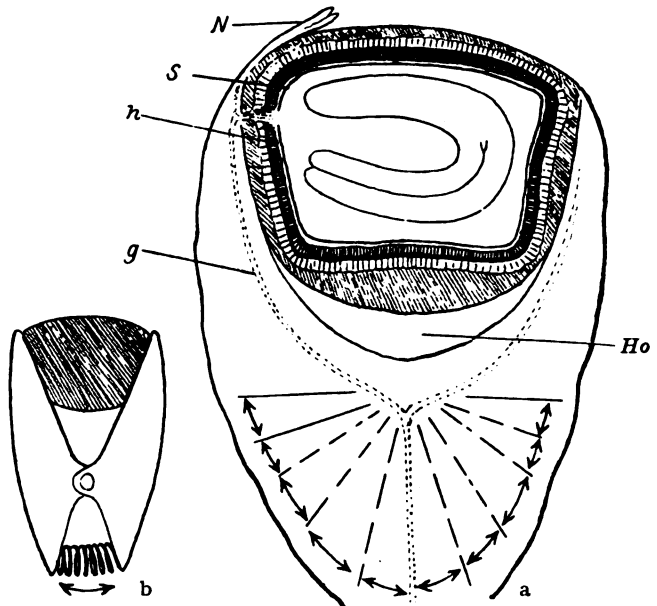


Fig. 2. *Dorstenia Contrayerva*. — a) Schematischer Längsschnitt durch die Frucht. N = Narbe, S = Samenschale, H = Hartschicht der Frucht, G = Gefäßbündel, Ho = Hohlraum. — b) Modell zur Veranschaulichung des Zangenmechanismus.

Nun die „Zange“ selber. Wir haben sie als ein System von 2 Hebeln aufzufassen, die um einen gemeinsamen Drehpunkt gegeneinander beweglich sind, wie das die Modellzeichnung (Fig. 2b) veranschaulicht: Durch Auseinanderdrücken der unteren Hebelarme werden die oberen geschlossen. Der Drehpunkt ist durch kleine rundliche Zellen gekennzeichnet, die stärkere Membranen heben als die übrigen Elemente des Schwellgewebes (Fig. 3). Von diesem Drehpunkt aus aber strahlen sehr viel größere gestreckte Zellen, fast wie die Speichen eines Rades, der äußeren Epidermis zu. Sie sind in derselben Weise wirksam, wie das oben für *Impatiens* ausgeführt wurde. Infolge ihres Bestrebens, sich unter dem Einfluß des Turgordruckes abzurunden, trachten die Zellen ihren größten Durchmesser zu verkürzen und ihren kleinsten zu

vergrößern. Dadurch werden Druckkräfte in tangentielle Richtung gelenkt, nämlich in die Richtung der eingezeichneten Pfeile (Fig. 2a). Die unteren Arme der gedachten Zangenhebel werden auseinander gedrückt, die oberen dadurch zum Zusammenklappen und Hinausquetschen des Geschosses gebracht. Daß die erreichten Wurfweiten 3—4 m betragen, kommt häufig vor.

Bemerkenswert ist, daß das kleinzellige Gewebe zwischen den Zangenbacken und dem Geschosß beim Schleudervorgang regelrecht zerrissen wird. Bei anderen Schleudermechanismen — so auch bei *Impatiens* — weichen die fraglichen Zellen der Trennungsgewebe meist ohne Beschädigung der Membranen auseinander. Bei

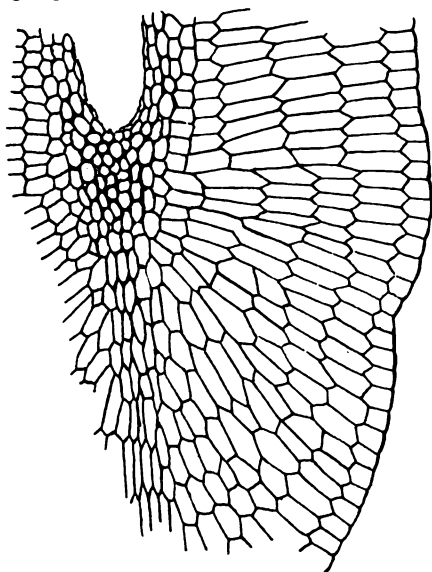


Fig. 3. *Dorstenia Contrayerva*. Unterer Teil der „Zange“ im Längsschnitt.

Dorstenia gewinnt indessen die Zerreißung eine besondere Bedeutung, da der Inhalt der zerrissenen Zellen zur Schmierung der Gleitflächen zwischen Geschosß und Zange dient.

Oxalis und Biophytum.

Wieder das gleiche Bauprinzip, — Längsachse der Schwellzellen senkrecht zur Richtung der auszuführenden Bewegung, — finden wir beim Schleudermechanismus von *Oxalis acetosella*, unserem Sauerklee. Es handelt sich hier um den seltsamen Fall, daß der Mechanismus nicht an irgendwelche Teile der Fruchtwanderung geknüpft ist, sondern am Samen selber seinen Sitz hat: Ein Teil des Samens schleudert den anderen fort.

Die Frucht von *Oxalis* ist eine fünffächerige Kapsel; in jedem Fach liegen 1—3 Samen. Der innere Teil des Samens, der durch eine braune harte Schicht seinen Abschluß findet, wird von einer aus dem äußeren Integument hervorgehenden fleischigen Hülle umgeben (Fig. 4). Diese Hülle (man kann sie als Exotesta bezeichnen), spannt

als stark turgescientes Schwellgewebe eine über der Epidermis liegende starke und ungemein elastische Außenhaut. Schließlich wird diese Membran so weit gedehnt, bis sie an einer Stelle geringsten Widerstandes gesprengt wird. In diesem Augenblick kommen die Spannungen zum Ausgleich, und unter starker Kontraktion der Außenhaut und Verlängerung der Innenseite der Exotesta stülpt sich die ganze fleischige Hülle mit Heftigkeit um, wobei also die Epidermis mit der Außenhaut nach innen zu liegen kommt. Die zurückschlagende Exotesta findet ein Widerlager an den Wandungen des Kapselfaches, und der harte Teil des Samens wird fortgeschleudert. Obgleich das Kapselfach meist erst in diesem Augenblick an einer vorgebildeten Trennungsstelle einen Riß bekommt, also regelrecht durchschossen oder durchschlagen

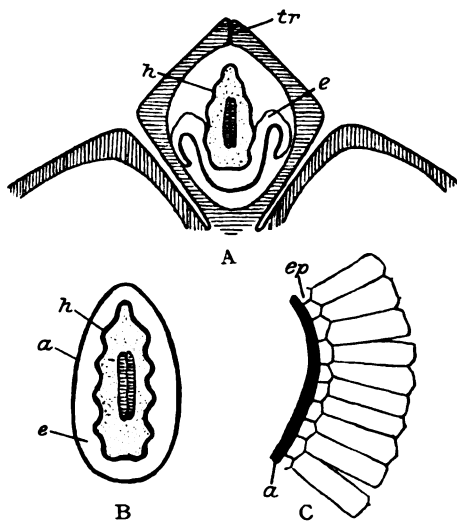


Fig. 4. A und B *Oxalis acetosella*. — A Teil eines Querschnitts durch die Kapsel; in einem Kapselfach ein Same mit zurückschlagender Exotesta. — B Same im Querschnitt. — C *Biophytum somnulentum*. Querschnitt durch die abgesprungene Exotesta. *h* = Hartschicht, *e* = Exotesta, *a* = Außenhaut, *ep* = Epidermis der Exotesta, *tr* = Trennungsgewebe.

wird, fliegt der Same immer noch 1—2 m weit fort. Die Schwellzellen der Exotesta haben wiederum ihren kleinsten Durchmesser in der Richtung der auszuführenden Bewegung, während der größte Durchmesser eine Senkrechte auf die als Widerlage dienende starke Außenhaut bildet.

Eng an *Oxalis* schließt sich die *Oxalidaceae Biophytum*. *Biophytum somnulentum* zeigt sich als wahres Musterbeispiel für das Bauprinzip derartiger Mechanismen. Die Grundzüge sind die gleichen wie bei *Oxalis*, nur ist alles mit „einfacheren Mitteln“ erreicht. Während bei *Oxalis* das Schwellgewebe aus mehreren Zellagen besteht, beschränkt es sich bei *Biophytum* auf eine einzige, über der die Epidermis mit der als Widerlage dienenden Außenmembran liegt (Fig. 4c). So lassen sich denn die behandelten Mechanismen in

eine Reihe einordnen, die hinsichtlich des Baues der beiden mechanisch wirksamen Gewebselemente — Schwellgewebe und Widerlage — mit komplizierteren Verhältnissen beginnt und mit denkbar einfachsten endet.

Dorstenia. Schwellgewebe vielzellig und mehrschichtig. Die Widerlage, das Geschoß selber, ist starr und wird nicht gespannt; insofern fällt dieser erste Typ aus dem Rahmen der übrigen heraus.

Impatiens. Ein mehrschichtiges Schwellgewebe spannt elastisch eine vielzellige, mehrschichtige Widerlage.

Lathraea clandestina. Bei diesem von HEINRICHER untersuchten Mechanismus, dessen nähere Besprechung hier unterbleiben mag, lehnen sich die Verhältnisse in mechanischer Hinsicht eng an *Impatiens* an.

Oxalis. Schwellgewebe mehrschichtig, die elastisch gespannte Widerlage dagegen weitgehend vereinfacht, da sie nur aus einer einzigen Membran besteht.

Biophytum. Schwellgewebe aus nur einer Zellschicht, Widerlage aus nur einer Membran bestehend. Dieser Typus repräsentiert die einfachste Konstruktion, bei der um so klarer und instruktiver das allen bisher angeführten Fällen gemeinsame mechanische Bauprinzip zutage tritt.

Cardamine.

Als interessante Modifizierung des im Vorhergehenden dargelegten Prinzips, nach dem bei *Volumenkonstanz* der in Frage kommenden Zellen lediglich durch *Gestaltsveränderungen* Schnellbewegungen bewirkt werden, steht den oben besprochenen Fällen der bisher wenig beachtete Schleudermechanismus von *Cardamine* (Schaumkraut) gegenüber. Bisher waren *Druckkräfte* maßgebend, die bei der Abrundungstendenz der Schwellzellen durch das Verlängerungsbestreben des kleinsten Durchmessers erzielt werden. Bei *Cardamine* und der verwandtschaftlich sehr nahe stehenden *Dentaria* (Zahnwurz) dagegen werden die *Zugkräfte* dem Mechanismus nutzbar gemacht, die durch die Verkürzung des größten Durchmessers der Schwellzellen entstehen.

Als Beispiel sei *Cardamine impatiens* betrachtet. Beim Schleudervorgang lösen sich an der Schote die beiden Klappen von der stehenbleibenden Scheidewand ab und rollen sich, ähnlich wie bei *Impatiens*, mit großer Heftigkeit uhrfederartig ein (Fig. 5). Während aber bei *Impatiens* die Einrollung nach innen erfolgt, geht sie bei *Cardamine* nach außen, so daß die inneren Flanken der Klappen auf die Konvexeite zu liegen kommen. Die Samen werden bei der heftigen Einrollungsbewegung mitgerissen und fortgeschleudert. Die Leistungsfähigkeit der Schleudereinrichtung ist erstaunlich und übertrifft bezüglich der Schußweite erheblich die von *Impatiens parviflora*.

Das zeigte am anschaulichsten eine eingetopfte Pflanze von *Cardamine impatiens*, die in einem großen Zimmer auf dem Fußboden aufgestellt war. Nach Ablauf von 36 Stunden war eine kreisförmige Fläche von 5 m Durchmesser mit etwa 200 ausgeschleuderten Samen in ziemlich gleichmäßiger Verteilung bedeckt.

Die Anatomie der Fruchtklappen erinnert im ersten Augenblick an die von *Impatiens* (vgl. Fig. 1 a und 5 b): Auf der Außenseite ein Schwellgewebe, auf der inneren Flanke eine als Widerlage dienende Faserschicht, der sich dann freilich noch eine Zelllage von sehr kleinen dünnwandigen Elementen anfügt. Aber die *Anordnung* der Schwellzellen ist eine andere; sie sind hier nicht senkrecht

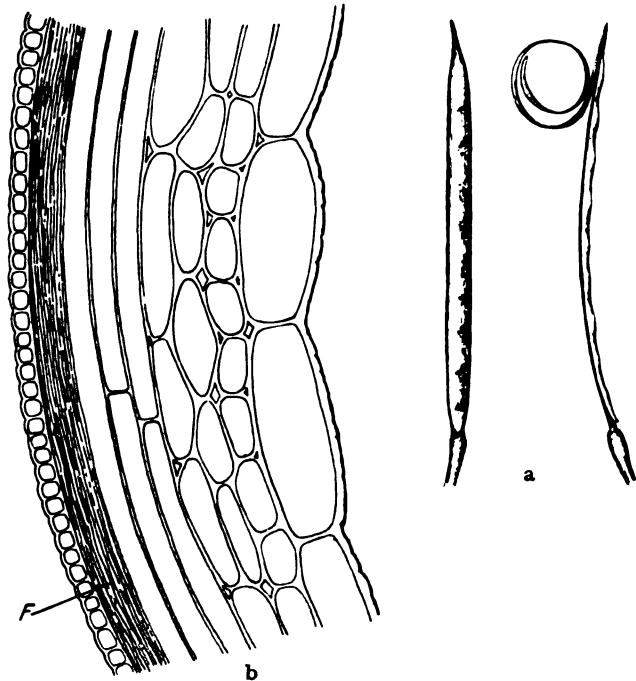


Fig. 5. *Cardamine impatiens*. — a) Schote. — b) Fruchtklappe im Längsschnitt. F = Faserschicht.

auf die Widerlage gestreckt, sondern verlaufen ihr parallel. Infolgedessen ist auch die Wirkungsweise des Schwellgewebes eine ganz andere als bei *Impatiens*. Wenn die Zellen beim Schleudervorgang unter dem Einfluß des Turgordruckes ihrem Abrundungsbestreben Folge leisten und ihren größten Durchmesser verkürzen, wird dadurch eine *Zugkraft* in Längsrichtung der Klappe entwickelt. Die Schleuderbewegung kommt hier also durch ein *Verkürzungsbestreben der Konkavseite* zustande, ganz im Gegensatz zu den bisher besprochenen Mechanismen, bei denen es sich stets um ein Verlängerungsbestreben der Konvexeite handelt. Diese seltsame Sonderstellung von *Cardamine* ist von einem früheren Untersucher (HILDEBRAND) übersehen worden; er wollte die Mechanik auch hier auf eine Druckkraft auf der

Konvexseite zurückführen und glaubte, daß für die Einrollung ein Verlängerungsbestreben der zarten innersten Zellschicht verantwortlich zu machen sei. Es zeigt sich aber, daß man diese kleinzellige schmale Schicht durch Schaben mit dem Messer oder mit Schmirgelpapier zerstören kann, ohne daß dadurch die Einrollungstendenz der Klappe im mindesten verringert wird.

Bemerkenswert ist hier auch die Beschaffenheit der Widerlage, worauf GUTTENBERG hinweist. Bei *Impatiens* und anderen Fällen erfordert die Mechanik ein Gewebe, das in Zugspannung versetzt wird und später durch seine elastische Kontraktion den Schleudervorgang unterstützt. So findet sich dort ein unverholztes Kollenchym. Bei *Cardamine* dagegen kommt eine Beanspruchung durch Druckkräfte in Frage. Die Zellen entsprechen druckfesten Leisten und sind verholzt.

Die Membranen der Schwellzellen und osmotische Verhältnisse im Schwellgewebe.

Die eigentümlichen mechanischen Leistungen von Zellen und Geweben der genannten Mechanismen, ihre Beweglichkeit und ihre plötzlichen Gestaltsveränderungen, setzen ganz bestimmte Eigenschaften der Zellwände voraus. Das sind weitgehende Dehnbarkeit und Elastizität. Und tatsächlich wurden hier Dehnungen durch den Turgordruck festgestellt, die zu den größten gehören, die überhaupt an pflanzlichen Membranen gemessen wurden. Die elastisch gedehnte und als Widerlage dienende Außenhaut am Samen von *Oxalis acetosella* kontrahiert sich beim Schleudervorgang um 35%. Bei *Impatiens parviflora* wurden die Umfänge von Schwellgewebszellen gemessen, und zwar einmal im Zustand maximaler Turgordehnung (Zellen in Wasser liegend), und einmal im entspannten Zustand (in einer plasmolysierenden Zuckerlösung). Es ergaben sich dabei Verkürzungen der Membranen um etwa 24% und bei neuerlichen Versuchen in verschiedenen Fällen sogar um rund 50%.

Auch für *Dorstenia Contrayerva* liegen entsprechende Messungen vor, die in ihren Werten zwar nicht an diese erstaunlich hohen Zahlen heranreichen, aber doch die große Dehnbarkeit der fraglichen Membranen dartun.

Neuerdings hat ZIEGENSPECK den Membranen der Turgescenz-Schleudermechanismen eine Untersuchung zuteil werden lassen, nach der er die große Dehnbarkeit in vielen Fällen einer amyloiden Natur der Zellwände zuschreibt. Das Amyloid, kenntlich durch eine Bläue bei Jodbehandlung, stellt nach ihm ein Zwischenprodukt des Membranaufbaues auf dem Wege zur Cellulose dar, das, in physikalischer Hinsicht durch besondere Dehnbarkeit ausgezeichnet, gewöhnlich nur für einen frühen Jugendzustand der Zellhaut charakteristisch ist und später verschwindet. In besonderen Fällen, wie im vorliegenden, wird es indessen beibehalten, da die Funktion der Membranen auch weiterhin eine große Dehnbarkeit erfordert.

Schließlich sei noch auf einige Umstände hinsichtlich der osmotischen Zustände im Schwellgewebe hingewiesen, die von besonderem Interesse sind, da ja der von ihnen abhängige Turgordruck das eigentlich treibende, das „Pulver“ der geschilderten Mechanismen ist. Die Schwellzellen von *Oxalis* führen im Inhalt eine erhebliche Menge von Stärke. Der osmotische Wert der Zellen im Zustand der Grenzplasmolyse entspricht 10% Rohrzucker. So liegen die Verhältnisse einige Stunden vor Inkrafttreten des Schleudermechanismus; bei Samen aber, die unmittelbar vor der Ausschleuderung stehen, findet sich keinerlei Stärke mehr vor, dafür aber ein höherer osmotischer Wert von 16% Rohrzucker. Und während ferner der Zuckernachweis mit FEHLINGScher Lösung in den Zellen vorher negativ verläuft, fällt er in den völlig reifen Samen positiv aus und ergibt eine Anreicherung von Zucker. Es findet also in den letzten Stunden vor der Ausschleuderung durch Verzuckerung der vorhandenen Stärke eine beträchtliche Steigerung des osmotischen Wertes statt. Obgleich die vorgenommenen Messungen nicht gleichbedeutend mit einer Bestimmung des Turgordruckes selber sind, wird man in diesem Fall kaum fehlgehen, wenn man mit dem Anwachsen des osmotischen Wertes auch eine Steigerung des für den Mechanismus bedeutsamen Turgordruckes annimmt, und es liegt nahe, in diesem Zusammenhang, in der plötzlichen Verzuckerung der Stärke den Auslösfaktor zu erblicken, der die Exotesta mit der Außenhaut am *locus resistens minoris* zum Platzen bringt und den Mechanismus in Tätigkeit setzt.

Ganz entsprechende Ergebnisse liegen für *Impatiens parviflora* vor; auch hier wird die vor der Ausschleuderung vorhandene Stärke hydrolysiert und der osmotische Wert im Schwellgewebe von 20% auf 26% Rohrzucker gesteigert. Da HEINRICHER für *Lathraea Cladestina* ebenfalls ein reichliches Vorhandensein von Stärke vor der Reife und ein späteres Verschwinden derselben erwähnt, scheinen auch in diesem Falle ähnliche Verhältnisse vorzuliegen.

In der vorliegenden Darstellung wurde vor allem die *Einheitlichkeit* gewisser mechanischer Grundprinzipien innerhalb einer Reihe von morphologisch und habituell weitgehend verschiedenen Mechanismen betont. Darüber hinaus kann noch hinzugefügt werden, daß das Bauprinzip: „*Längsachse der Schwellzellen senkrecht zur Richtung der auszuführenden Bewegung*“ nicht nur bei Schleudermechanismen, sondern auch bei einer großen Zahl von andersartigen lebenden Bewegungsgeweben zur Anwendung kommt, und zwar bei langsam arbeitenden Geweben, wie etwa in Blattgelenken. Darauf weist neuerdings GUTTENBERG hin. Andererseits aber gibt es unter den Turgescenz-Schleudern auch einige Fälle, die sich nicht in das oben entwickelte Schema einfügen. Sehr eigenartig liegen in dieser Hinsicht die Verhältnisse bei

der von GUTTENBERG untersuchten *Cyclanthera explodens*, einer Pflanze aus der Familie der Kürbisgewächse. Die asymmetrisch gebaute Frucht zeigt eine konvex gekrümmte, mit weichen Stacheln besetzte „Rückenseite“ und eine im wesentlichen konkave „Bauchseite“ (Fig. 6). Zur Zeit der Reife springt die Frucht derart auf, daß ein etwa 1 cm breiter Streifen der Rückenwand mit blitzartiger Geschwindigkeit von der Spitze beginnend nach außen umschlägt. Seine bis dahin konkave Innenflanke wird also konvex. Dieser zurückschlagende Streifen der Rückenwand reißt dabei aus dem Inneren der Frucht die Placenta samt den daran haftenden Samen heraus, und da die Placenta als ein Verlängerungsstück fest mit dem mechanisch wirksamen Streifen verbunden bleibt, wird sie im großen Bogen durch die Luft geführt, wobei die Samen fortgeworfen werden.

Die zum Schleudervorgang notwendigen Spannungen werden, wie in allen bisher besprochenen Fällen auch, durch das antagonistische Wirken eines Schwellgewebes und einer Widerlage erzeugt. Die Widerlage findet sich als ein Gewebe von langgestreckten kollenchymatischen Zellen auf der Außenflanke der mechanisch wirksamen Rückenwand; auf der Innenflanke wirkt das in Druckspannung befindliche Schwellgewebe. Die eigentümliche Sonderstellung des Mechanismus von *Cyclanthera* beruht nun darauf, daß die Schwellzellen nicht ihre kleinste, sondern ihre größte Achse in Richtung der auszuführenden Bewegung haben. Sie liegen gestreckt in der Längsrichtung der zurückschlagenden Fruchtwand und besitzen zahlreiche Einschnürungen, die als ringförmige Wülste nach innen einspringen, so daß zwischen benachbarten Zellen allseitig eine Menge von Interzellularräumen zustande kommen (Fig. 6 A). Das einfache Abrundungsprinzip kann hier also nicht zutreffen, jedenfalls müssen die Zellen bei der Schleuderbewegung ihren größten Durchmesser noch verlängern. Um das zu erreichen, wirken offenbar verschiedene Momente zusammen. Zunächst werden beim Freiwerden der Spannungen die einspringenden Falten der Membran nach außen gedrückt und die ganze Zelle, ähnlich einem Harmonikabalg, ausgezogen. Doch läuft dieser Prozeß, wie GUTTENBERG neuerdings noch einmal betont, nicht nur auf eine Gestaltsveränderung, sondern auch auf eine *Volumenzunahme* hinaus. Die Volumenvergrößerung der Schwellzellen beim Schleudervorgang mußten wir bei den Mechanismen von *Impatiens*, *Dorstenia*, *Oxalis*, *Biophytum* und *Cardamine* entschieden ablehnen. Wo sollte dort auch so plötzlich das Wasser herkommen, das zur Volumenvergrößerung notwendig wäre? Bei *Cyc-*

lanthera liegen nun tatsächlich die Verhältnisse anders. Es handelt sich hier im Gegensatz zu den genannten Mechanismen um ein an Interzellularräumen reiches Schwellgewebe, und diese Zellzwischenräume sind nach GUTTENBERG mit einer Flüssigkeit erfüllt. Auf diese Weise steht den Zellen in unmittelbarer Nähe Wasser zur Verfügung, das aufgenommen werden kann und eine rascheste Volumenzunahme ermöglicht. Wichtig ist dann ferner, daß die Membranen in der Längsrichtung offenbar eine erheblich größere Dehnbarkeit besitzen als in der Querrichtung.

Im Hinblick auf den interessanten Mechanismus von *Ecballium*, einer anderen Pflanze aus der Familie der Kürbisgewächse, seien zum Vergleich gestreift die Verhältnisse bei Sporen oder Sporangien abschleudernden Pilzen. Bei den fraglichen Pilzen werden die notwendigen Spannungen nur in

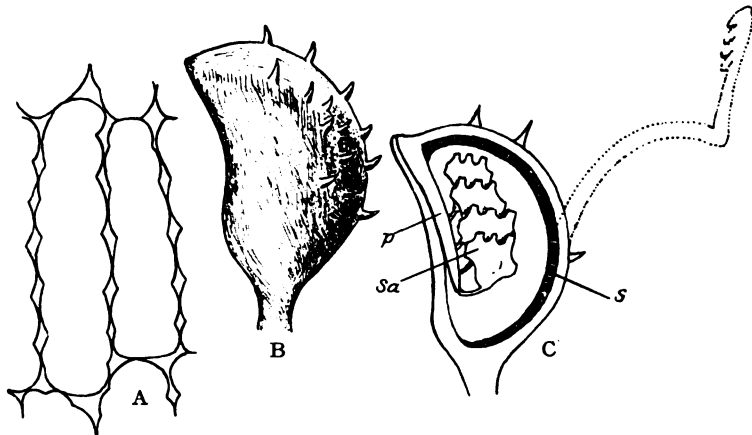


Fig. 6. *Cyclanthera explodens*. — A 2 Zellen des Schwellgewebes aus einem Längsschnitt durch die noch nicht gesprungene Frucht (nach GUTTENBERG). — B Frucht. — C Dieselbe im Längsschnitt. *s* = Schwellgewebe, *p* = Placenta, *sa* = Samen. Die Öffnungsweise ist durch die punktierte Linie angedeutet.

einer einzigen Zelle erzeugt. So ragt bei dem auf Pferdemit wachsenden *Pilobolus cristallinus* eine Trägerzelle mit einer Hervorwölbung in das ihr aufsitzende Sporangium hinein (Fig. 7 A). Die Membran der Trägerzelle wird unter bauchiger Anschwellung durch den Turgordruck in eine erhebliche Spannung versetzt; schließlich platzt die Wandung an einer ringförmigen Rißstelle dicht unterhalb des Sporangiums auf, die stark gedehnte Membran kontrahiert sich elastisch und der ganze Inhalt der Trägerzelle wird mit Vehemenz unter das Sporangium gespritzt, das bis zu 1 m hoch in die Luft gefeuert wird. In anderen Fällen befindet sich das Geschoß nicht über der Schwellzelle liegend, sondern in derselben. Es sei *Ascobolus* betrachtet (Fig. 7 B). In den Sporenschläuchen (Asci) liegen 8 Sporen, und wenn ein Sporenschlauch reift, erfährt er, wie die Trägerzelle von *Pilobolus*, eine ganz bedeutende Turgordehnung. Dieser Dehnung hält eine bestimmte Wandstelle an der Spitze des Schlauches schließlich nicht mehr Stand, der

Schlauch platzt, kontrahiert sich und spritzt seinen ganzen unter Druck stehenden Inhalt samt den Sporen in die Luft.

Im Prinzip den gleichen Mechanismus, den der Sporen schleudernde Ascus mit einer einzigen Zelle darstellt, wiederholt mit vielzelligen Geweben unter den höheren Pflanzen *Ecballium Elaterium*, die eingehend von GUTTENBERG untersuchte Spritzgurke (Fig. 7 C). Im Inneren der Frucht liegt

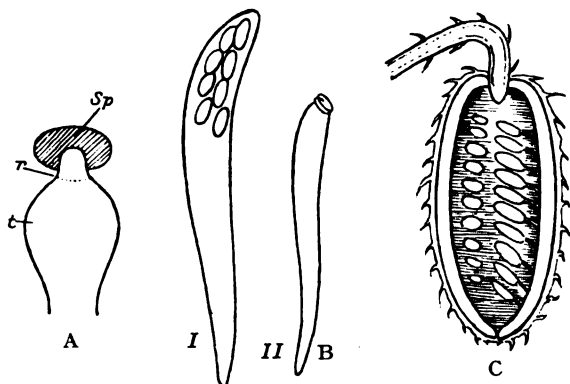


Fig. 7. A Pilobolus. *sp* = Sporangium, *t* = oberes Ende der Trägerzelle, *r* = Rißstelle. — B Ascobolus. Reifer Ascus, I vor, II nach der Ausschleuderung der Sporen. (Nach DE BARY.) — C Ecballium Elaterium. Frucht im Längsschnitt. (Nach JOST, Pflanzenphysiologie.)

außer den Samen ein zartwandiges und saftreiches Parenchymgewebe, und dieses spannt durch einen hohen Turgordruck die sehr derbe Wandung der Frucht. Der Rißstelle an der Spitze eines Ascus entspricht die Ansatzstelle des Fruchtsieles; der Stiel ist hier pfropfenartig eingefügt und schließt zunächst die Frucht mit ihrem unter hohem Druck

stehenden Inhalt ab wie der Kork die Sektflasche. Zur Zeit der Reife lockert sich dann das Trennungsgewebe zwischen Stiel und Fruchtwandung, der Stiel gibt dem Druck nach und fliegt heraus. Die herrschenden Spannungen kommen zum Ausgleich, die Fruchtwandung kontrahiert sich, das saftreiche, zartwandige Parenchymgewebe des Inneren zerreißt und wird zum Teil als schleimige Masse zusammen mit einer Schrotladung von zahlreichen Samen prasselnd herausgeschossen. Daß die Schußweiten 10 m betragen, ist eine häufige Erscheinung.

Literatur.

- (Nur die wichtigsten Arbeiten sind angeführt.)
- H. v. GUTTENBERG, Über den Schleudermechanismus der Früchte von *Cyclanthera exfolens*. Sitzungsber. d. Akad. Wien, Mathem.-naturw. Kl. 119. 1910.
- H. v. GUTTENBERG, Zur Kenntnis des Spritzmechanismus von *Ecballium Elaterium*. Ber. d. Dtsch. bot. Ges. 33. 1915.
- H. v. GUTTENBERG, Zur Kenntnis lebender Bewegungsmechanismen. Planta, Arch. f. wiss. Bot. 1. 1926.
- E. HEINRICHER, Studien an der Gattung *Lathraea*. Sitzungsber. d. Akad. Wien, Mathem.-naturw. Kl. I, 101. 1892.
- HILDEBRAND, Die Schleuderfrüchte und ihr im anatomischen Bau begründeter Mechanismus. Jahrb. f. wiss. Botanik 9. 1873/74.
- F. OVERBECK, Zur Kenntnis des Mechanismus der Samenausschleuderung von *Oxalis*. Jahrb. f. wiss. Botanik 62. 1923.
- F. OVERBECK, Studien an den Turgescenz-Schleudermechanismen von *Dorstenia Contrayerva* und *Impatiens parviflora*. Jahrb. f. wiss. Botanik 63. 1924.
- F. OVERBECK, Über den Mechanismus der Samenausschleuderung von *Cardamine impatiens* L. Ber. d. Dtsch. botan. Ges. 43. 1925.
- H. ZIEGENSPECK, Über Zwischenprodukte des Aufbaus von Kohlenhydratzellwänden und deren mechanische Eigenschaften. Botan. Arch. 9, H. 5/6. 1925.

Über den giftigen Honig des pontischen Kleinasien.

Von K. KRAUSE, Berlin-Dahlem.

Giftiger Honig war im nördlichen Kleinasien bereits im Altertum bekannt, und schon XENOPHON erwähnt in seiner „Anabasis“ die schädlichen Wirkungen, die der Genuß des pontischen Honigs auf seine Krieger ausübte. Auch bei anderen klassischen Schriftstellern, wie ARISTOTELES und DIOSCORIDES, finden wir ähnliche Angaben; ebenso sagt PLINIUS (XXI, 23, 45) von dem im nördlichen Kleinasien lebenden Volke der Sanner: „Aliud genus in eodem Ponti situ, gente Sannorum, mellis quod ab insania quam gignit maenomenon vocant“, und STRABO, der im pontischen Kleinasien, in Amasia, geboren war und lange Zeit in Samsun lebte, schreibt in einer Schilderung seiner Heimat (Kap. III, § 18): „Die Heptakometen erschlugen einst drei das Gebirge durchziehende Heerscharen des POMPEJUS, indem sie an den Wegen Schalen mit betäubendem Honig aufstellten, welchen die Zweigspitzen der Bäume lieferten“. Auch heute noch ist giftiger Honig im nördlichen Kleinasien

allgemein bekannt; und da ich von Mai bis Juli 1926, gemeinsam mit dem Berliner Entomologen Dr. H. BISCHOFF, Teile dieses Gebietes, besonders in dem Hinterland von Trapezunt, Kerasund und Samsun, bereisen konnte, möchte ich im folgenden über einige Beobachtungen, die ich bei dieser Gelegenheit über den giftigen Honig anstellen konnte, berichten.

Die Wirkung, die der giftige Honig auf den Menschen ausübt, ist noch heute so, wie sie schon im Altertum beschrieben wurde, und wenn XENOPHON von ihm sagt, daß er bei seinen Leuten Betäubung, Unwohlsein, Übelkeit und Erbrechen hervorrief, so trifft dies auch jetzt noch zu. Unter Umständen kann dieses Unwohlsein sogar zu völliger Bewußtlosigkeit führen, wie mir selbst von einem türkischen Arzt, der die Giftwirkung am eigenen Leibe und auch sonst mehrfach beobachtet hatte, bestätigt wurde. Allerdings dauert diese Ohnmacht meist nicht lange, aber auch

nach ihrem Verschwinden bleibt noch für einige Zeit eine gewisse Übelkeit zurück, man fühlt sich benommen, fast als wenn man einen schweren Rausch gehabt hätte. Auch die türkische Bezeichnung für den giftigen Honig „Deli bal“, gleich Tollhonig, nimmt auf diesen Rauschzustand Bezug. Jedenfalls ist es durchaus berechtigt, von einer Giftwirkung des pontischen Honigs zu sprechen, wenn auch diese Wirkung meines Wissens nach noch niemals in solcher Stärke beobachtet wurde, daß sie zum Tode führte. Äußerlich ist dem Tollhonig in Geruch und Farbe meist nichts anzumerken, sein Geschmack wird dagegen allgemein als mehr oder weniger bitter angegeben.

Zweifellos ist der schädliche Einfluß des giftigen Honigs bis zu einem gewissen Grade nicht nur abhängig von der Körperbeschaffenheit und Veranlagung des Betreffenden, der ihn genießt, sondern sicherlich ist auch sein Gehalt an giftig wirkenden Stoffen nicht immer der gleiche. Er ändert sich nicht nur nach der Gegend, sondern anscheinend auch nach der Jahreszeit, wenigstens hört man bisweilen von den Landesbewohnern, daß der Honig zu bestimmten Zeiten gegessen wird, zu anderen aber ungenießbar ist. Gelegentlich ist die Giftwirkung auch so gering, daß man den Honig trotzdem verwendet; man ißt ihn, ohne sich durch die leichte Benommenheit, die hinterher auftritt, stören zu lassen, und besonders die ärmere Bevölkerung mancher entlegenen Gebirgsgegenden erweist sich auch hier als erstaunlich anspruchslos. Anscheinend kann das Gift durch Hitze vertrieben oder doch gemildert werden; wenigstens wurde uns als Mittel, den Tollhonig genießbar zu machen, starkes Erwärmen oder sogar Aufkochen angegeben. Immerhin ist es auffällig, daß dieses Verfahren nicht überall angewendet wird; vielleicht hat es nur bei sehr schwachem Giftgehalt Erfolg; denn daß es, wenn es wirklich stets Nutzen brächte, noch nicht überall bekannt und gebraucht würde, kann man kaum annehmen.

Das Gebiet, in dem giftiger Honig vorkommt, ist ziemlich groß. Im nördlichen Kleinasien kennt man ihn besonders in den küstennahen Gegenden fast überall, und zwar nicht nur aus dem eigentlichen Pontus, aus dem er schon im Altertum erwähnt wird, sondern auch aus dem Nordwesten Kleinasien, aus dem alten Paphlagonien und dem angrenzenden Bithynien. Selbst noch auf der europäischen Seite des Bosporus ist giftiger Honig festgestellt worden. In dem Strandjagebirge, das sich vom Bosporus in nordwestlicher Richtung bis zur türkisch-bulgarischen Grenze erstreckt, ist er ebenso bekannt wie in Anatolien, und die Giftwirkung ist hier genau die gleiche wie im Osten.

Über die Ursachen, die die Giftigkeit des pontischen Honigs bedingen, war und ist man selbst heute noch verschiedener Ansicht. Da der Honig von Bienen bereitet wird, die den erforderlichen Nektar aus Blüten saugen, lag es nahe, den

Grund bei den Blumen, die von den Bienen befliegen werden, zu suchen. Die Bienen selbst scheiden als Erreger aus, da es im wesentlichen die gleichen Arten sind, die auch anderswo Honig bereiten, ohne daß jemals irgend welche schädlichen Nebenwirkungen bekannt geworden sind. Es bleiben also nur die Pflanzen übrig; betreffs derer aber ist man zu recht merkwürdigen Meinungen gekommen. Selbst im pontischen Kleinasien ist sich die Bevölkerung durchaus nicht immer über den Ursprung des Tollhonigs klar. So wurde uns z. B. als Ursache der Blütenbesuch des in einzelnen Gegenden, besonders im Hinterlande von Samsun, viel kultivierten Tabaks angegeben, in anderen Fällen sollte das Gift aus den Blüten der in den pontischen Wäldern überaus häufigen und verbreiteten echten Kastanie, *Castanea sativa* Mill., stammen. Beides kann nicht zutreffen; der Tabak kommt schon deshalb nicht in Betracht, weil er im Altertum, als der Gifthonig bereits längst bekannt war, noch gar nicht in der Alten Welt, die ihn erst nach der Entdeckung Amerikas kennen lernte, gebaut wurde. Überdies ist eines der wichtigsten Kulturgebiete des Tabaks, die Insel Cuba, auch zugleich eines der bedeutendsten Honigländer, ohne daß bisher dort auch nur ein einziger Fall von giftigem Honig beobachtet worden wäre. Auch die Edelkastanie scheidet aus; denn wenn ihr Blütenbesuch den Honig ungenießbar machte, müßte dies nicht nur im nördlichen Kleinasien, sondern auch sonst in ihrem weiten Verbreitungsgebiet festgestellt worden sein, was aber nicht der Fall ist. Ebenso wenig ist die Giftigkeit des Honigs auf den Oleander zurückzuführen, wie es NEUMANN-PARTSCH (Physikalische Geographie, S. 396) und merkwürdigerweise auch VICTOR HEHN in seinem bekannten Werke „Kulturpflanzen und Haustiere“ (7. Aufl., S. 412) annehmen. Der Oleander, der allerdings ziemlich stark giftig ist und deshalb auch schon im Altertum bekannt war, ist gerade in dem Verbreitungsgebiet des giftigen Honigs überaus selten, fehlt vielfach überhaupt vollständig, während es in den Gegenden, wo er häufig wächst, wie z. B. in dem westlichen und südlichen Kleinasien oder in Griechenland, wieder keinen Tollhonig gibt. Auch das Aufbewahren des Honigs in Gefäßen, die aus Buchsbaumholz angefertigt sind, kann nicht, wie bisweilen behauptet wurde, die Ursache seiner Giftigkeit sein. Buchsbaum ist zwar im pontischen Gebiet recht häufig, und nachweislich wurden Schalen und Kannen von ihm schon im Altertum gern als Honigbehälter verwendet, wozu sie das harte, widerstandsfähige Holz gut geeignet machte. Sicher nimmt der Honig dabei einen etwas scharfen, bitteren Geschmack an, aber giftig wird er so nicht, und man kann leicht nachweisen, daß die Giftwirkung völlig unabhängig von dem Aufbewahren in Buchsbaumholz ist.

Die schädlichen Eigenschaften des pontischen Honigs sind vielmehr zweifellos einzig und allein den beiden im ganzen nördlichen Kleinasien vorkommen-

den Alpenrosen, dem gelbblühenden *Rhododendron flavum* Don und dem violettblühenden *Rhododendron ponticum* L., zuzuschreiben. Beide Arten finden sich im Unterholz der Wälder oder in Gebüsch von der Küste an bis hoch hinauf ins Gebirge. Noch nahe der Waldgrenze bilden sie, wie ich z. B. bei Kulakaja oberhalb Kerasund in einer Höhe von 16—1800 m ü. M. feststellen konnte, große, ausgedehnte Bestände und bedecken weite Flächen. Ihre Blüten strömen einen ziemlich starken Geruch aus, und wenn man zur Blütezeit durch die über und über mit Blumen bedeckten, ganze Hänge überziehenden Gebüsch hindurchgeht, wird man, wie ich mich selbst überzeugen konnte, fast betäubt von dem starken Duft. Auch die krautigen Teile beider Pflanzen enthalten Giftstoffe und werden deshalb ängstlich von dem weidenden Vieh gemieden. Meist weiß auch die heimische Bevölkerung, daß die beiden Arten als Ursache des giftigen Honigs anzusehen sind, und zwar wird das gelbblühende, am stärksten duftende *Rhododendron flavum* Don für besonders schädlich gehalten, und der von ihm stammende Honig soll unangenehmere Wirkung haben als der von *Rh. ponticum* L. Übrigens stimmt auch das Verbreitungsgebiet der beiden pontischen Alpenrosen fast völlig mit

dem des Tollhonigs überein; vor allem kommt *Rhododendron flavum* auch auf der europäischen Seite des Bosphorus, im Belgrader Wald nördlich von Konstantinopel und im angrenzenden Strandjagebirge häufig vor und, wie schon erwähnt, ist auch giftiger Honig in dieser Gegend wohlbekannt.

Interessant ist es, daß auch schon von alten Schriftstellern die pontischen Alpenrosen als Erreger des Tollhonigs angegeben werden. Bereits PLINIUS nennt den *Rhododendron* als solchen, und wenn späteren Autoren Irrtümer unterlaufen sind, so hängt dies z. T. damit zusammen, daß im Altertum unter „*Rhododendron*“ fast immer der Oleander, *Nerium oleander*, verstanden wurde. Auch die oben erwähnte Angabe VICTOR HEHNS ist so zu erklären. Immerhin ist es beachtenswert, daß man schon im Altertum die richtige Auffassung von der Entstehung des giftigen Honigs hatte und daß die spätere, bis in die jüngste Literatur zu verfolgende Verwirrung erst durch neuere Autoren geschaffen wurde. Leider weiß man noch nichts Genaueres über die chemische Natur des Giftstoffes; hoffentlich gelingt es, auch diese bald aufzuklären, nachdem über die pflanzlichen Erreger keine Zweifel mehr bestehen können.

Zuschriften.

Der Herausgeber hält sich für die Zuschriften nicht für verantwortlich.

Absorption und Resonanzstrahlung in der 6. Gruppe.

(Vorläufige Mitteilung.)

Auf Anregung von Herrn Prof. P. PRINGSHEIM habe ich die von STEUBING und DIESTELMEYER entdeckte Fluoreszenz von Te, Se, S näher untersucht.

Bei monochromatischer Erregung lassen sich in den 3 Dämpfen Resonanzserien derselben Art erregen, wie sie WOOD in Jod und Natrium gefunden hat. Diese Serien sind mit guter Genauigkeit durch die Formeln wiedergegeben:

$$\text{Te: } \nu = 22937 - 246,2 \mu + 0,53 \mu^2$$

(Erregende Linie $\lambda = 4359$)

$$\text{Se: } \nu = 24704 - 379 \mu + 1,32 \mu^2$$

(Erregende Linie $\lambda = 4046$)

$$\text{S: } \nu = 31937 - 714 \mu + 2,94 \mu^2$$

(Erregende Linie $\lambda = 3131$)

Beide Konstanten der Seriendarstellung zeigen einen deutlichen Gang mit dem Atomgewicht, und zwar ist die erste, welche die Kernschwingungsfrequenz darstellt, diesem (besser der Ordnungszahl) in erster Annäherung umgekehrt proportional (Tabelle 1). Man muß berücksichtigen, daß der Anfang der Kernschwingungszählung nicht bekannt ist, und daher große Genauigkeit nicht zu verlangen ist.

Tabelle 1.

El.	a Ordn.-Zahl	b At.-Gew.	c Kernschw.- Frequenz	a × c	b × c
O . . .	8	16	1555	12440	24880
S . . .	16	32,1	714	11420	22920
Se . . .	34	79,2	379	12890	30020
Te . . .	52	127,5	246,2	12800	31390

(Der Wert für O₂ nach MECKE, Phys. Zeitschr. 26, 217. 1925.)

Das Absorptionsspektrum und das Emissionsspektrum bei Erregung mit weißem Licht sind neu ausgemessen und die Bandenkanten in Serien angeordnet.

Die Auflösung der benutzten Spektrographen reichte in keinem Falle zur Analyse einzelner Banden; das folgende bezieht sich somit nur auf die Kantensysteme.

Die Spektren der 3 Dämpfe sind sehr ähnlich untereinander. Die Absorptionsspektren haben eine ausgesprochene kurzwellige Grenze, an welche sich kontinuierliche Absorption anschließt. Die letzte meßbare kurzwellige Bande ist in

$$\text{Te: } 26970 \text{ cm}^{-1} \quad \lambda = 3708$$

$$\text{Se: } 30830 \text{ cm}^{-1} \quad \lambda = 3244$$

$$\text{S: } 39180 \text{ cm}^{-1} \quad \lambda = 2552.$$

Es hat sich, entgegen früheren Behauptungen, gezeigt, daß das Aussehen der Spektren weitgehend unabhängig von Druck und Temperatur ist.

DIESTELMEYER hat gefunden, daß einzelne Absorptionsbanden auch in Emission auftreten; nach meinen Messungen stimmen beide Spektren im Gebiete, wo sie sich überschneiden, ziemlich genau überein. Das Absorptionsspektrum reicht weiter nach kürzeren Wellen, das Emissionsspektrum weiter nach rot zu.

Die Fluoreszenz der 3 Dämpfe fängt an merklich zu werden bei Drucken von der Größenordnung 10^{-3} mm, ihre Intensität steigt dann schnell bis zu Drucken von der Größenordnung 1 mm. Bei noch höheren Drucken geht das Leuchten in Oberflächenfluoreszenz über.

Bei niedrigen Drucken und Beleuchtung mit einem Hg-Bogen erregt in Tellur nur die Linie 4359 eine Resonanzserie, welche aus 34 positiven und 4 antistockischen Gliedern besteht.

Bei höheren Drucken, wenn die Absorption auch im grün genügend stark ist, fängt auch die Linie 5461 an, eine Resonanzserie zu erregen, welche aber aus 5 positiven und 10 intensiveren antistockschen Gliedern besteht. Die Tatsache, daß je langwelliger die erregende Linie, desto größer die Zahl der antistockschen Glieder ist, scheint mir auch durch Messungen von WOOD¹⁾ in Jod und DYMOND²⁾ im Natrium bestätigt zu sein — eine Regelmäßigkeit, auf die merkwürdigerweise nicht hingewiesen wurde, obwohl sie theoretisch zu erwarten ist.

Auch die relative Intensität der antistockschen Linien hängt von der Lage der erregenden Linie ab; so sind im Selen bei Erregung mit $\lambda = 3655$ die antistockschen Linien schwächer, mit $\lambda = 4046$ gleichstark, mit $\lambda = 4359$ stärker als die positiven.

Das Auftreten neuer R-Serien bei Drucken, bei welchen andere R-Serien bereits weitgehend abgeschwächt sind, zeigt, daß die Druckzerstörung der Fluoreszenz hauptsächlich durch Absorption des erregenden Lichtes in der Nähe der Eintrittsstelle bedingt ist.

Beimischung von He oder N₂ setzt die Fluoreszenzhelligkeit auch nur sehr wenig herab, erst bei etwa $\frac{1}{2}$ Atm. wird die Schwächung beträchtlich. Eine Überführung des R-Spektrum in das vollständige Bandenspektrum tritt in Te selbst bei Zusatz von 600 mm He noch nicht ein.

Ich hoffe in der nächsten Zeit, diese Untersuchungen auf Elemente der 5. Gruppe auszudehnen. Bis jetzt habe ich nur in Arsen eine R-Serie aufgefunden, erregt von der Linie 2537. Die Kernschwingungsfrequenz ist ungefähr 400 cm⁻¹. Wenn man berücksichtigt, daß dem Stickstoff die Kernschwingungsfrequenz 1718 zugeschrieben wird, und daß NARAYAN (Proc. of the roy. soc. of London, Ser. A. 107, 760. 1925) in Wismut Kantenserien mit dem Abstand ca. 170 cm⁻¹ aufgefunden hat, so scheint auch in dieser Gruppe (ebenso wie auch im Jod) die umgekehrte Proportionalität zwischen Kernschwingungsfrequenz und Ordnungszahl zu bestehen (Tabelle 2).

Tabelle 2.

El.	a Ord.-Zahl	b At.-Gew.	c Kernschw.- Gew.	a × c	b × c
N . . .	7	14	1718	12030	24050
As . . .	33	75	400	13200	30000
Bi . . .	83	209	170	14110	35530
J . . .	53	127	218	11550	27690

Berlin, Physikalisches Institut der Universität,
den 21. September 1926. B. ROSEN.

Ein Vorschlag zur Einführung eines kosmischen Zeitmaßes.

Zur Messung von Zeitdifferenzen resp. zur eindeutigen Bezeichnung irgendeines Zeitpunktes bedienen wir uns solcher Vorgänge, die mit konstanter Geschwindigkeit und gut beobachtbarer Periode ablaufen. Durch Zählen der zwischen zwei Zeitpunkten verfloßenen Perioden und ihrer Bruchteile messen wir die Zeitdifferenzen, und nehmen wir den einen der Zeitpunkte zum Nullpunkte der Zählung, so ist damit in der an sich willkürlich angenommenen Zeitskala jeder Zeitpunkt eindeutig definiert. Das wichtigste und natürlichste Zeitmaß für uns ist die Umdrehung der Erde mit ihrem regelmäßigen Wechsel von Tag und Nacht.

In bekannter Weise unterteilen wir diese Umdrehung in 24 Stunden und diese wieder in Minuten und Sekunden, welche Unterteile wir wieder mit einem anderen periodischen Vorgange, der Schwingung eines Pendels, messen. Ein anderer periodischer Vorgang, der zur Messung größerer Zeitabschnitte geeignet ist, ist der Umlauf des Mondes um die Erde, eine Zeitrechnung, von der in unserem Kulturkreise nur noch die vom wahren Mondumlaufe längst losgelöste Einteilung in Wochen und Monate geblieben ist, und ferner der Umlauf der Erde um die Sonne, der als Jahr in der bürgerlichen Zeitrechnung unentbehrlich ist. In der Astronomie zählt man in vielen Fällen, da das Jahr nicht durch eine volle Zahl von Tagen auszudrücken ist, nur nach Tagen und deren Bruchteilen. Es ist dies die Rechnung nach der Julianischen Periode, eine Zeitrechnung, die mit dem Jahre 4712 vor Christi Geburt beginnt und die seitdem verfloßenen Tage zählt. Mit Hilfe von Tafeln läßt sich leicht jeder beliebige Zeitpunkt in Julianischen Tagen ausdrücken. Zum Beispiel wird der Augenblick: 1882, Juli 20, 6^h 13^m 26^{sec} Mittlere Zeit Greenwich in der Julianischen Periode eindeutig ausgedrückt durch die Zahl: 2408659.2550145. Bei Verwendung der Tageslänge als Zeitmaß ist selbstverständliche Voraussetzung, daß diese Tageslänge unveränderlich ist. Nun wissen wir schon seit längerer Zeit, daß diese Voraussetzung nicht streng erfüllt ist. Der Mond greift durch die von ihm erzeugte Flutwelle bremsend an die Erde an, so daß deren Umdrehungsgeschwindigkeit verringert wird, während gleichzeitig dem Monde die der Mondbewegung wegen der Erdumkehrung und der Trägheit des bewegten Wassers vorlaufenden Flutberge Bewegungsenergie zuführen, wodurch dessen Abstand von der Erde und damit seine Umlaufzeit vergrößert wird.

Die Änderung der Umdrehungszeit der Erde durch diese Flutreibung ist jedoch so gering, daß sie in historischer Zeit nicht wahrnehmbar ist. Und doch scheint gerade die Flutreibung die Länge des Tages ungeeignet zu machen, als Standardmaß der Zeit zu dienen. Die Flutreibung greift die Erde im wesentlichen in ihrer Oberfläche an. Da die Erde wahrscheinlich aus einem festen Kerne und einem von diesem durch eine dickflüssige Schicht getrennten Steinmantel besteht, wird in erster Linie dieser Steinmantel, von dem aus wir beobachten, gebremst. Er wird hinter der Drehung der Hauptmasse der Erde, des Erdkernes, von Westen nach Osten stets ein wenig zurückbleiben. Relativ zum Erdkerne besitzt der Mantel also eine Drift nach Westen. Eine solche Drift würde die Tageslänge in keiner Weise ungeeignet dazu machen, als zuverlässiges Zeitmaß zu dienen, wenn diese Drift konstant wäre. Dies scheint jedoch nicht der Fall zu sein. Astronomische Beobachtungen (vgl. Naturwissenschaften 1926, H. 12) machen es äußerst wahrscheinlich, daß die Länge des Tages unregelmäßig schwankt um eine mittlere Größe. Diese Unregelmäßigkeit der Tageslänge war es, die mir den Gedanken der Westdrift des Erdmantels und der Veränderlichkeit der Reibung zwischen Mantel und Kern nahelegte, da mir dies die einzig mögliche Erklärung der Erscheinung zu sein scheint.

Ist aber die Länge des Tages nicht unbedingt konstant, und daran kann man wohl nicht mehr zweifeln, so müssen wir für viele Zwecke die bisherige Zählweise aufgeben. Wir müssen eine „kosmische“ oder „mittlere Julianische Zeit“ einführen, die dann vielleicht auch den Tag als Zeitmaß besitzt, aber nicht den an der beobachteten Umdrehung der Erde gemessenen Tag, sondern einen an kosmischen Vorgängen gemessenen, dessen Länge dem Mittel aus allen beobachteten Erd-

¹⁾ Astrophys. Journ. 30, 339. 1909.

²⁾ Zeitschr. f. Physik 34, 553. 1925.

umdrehungen mehrerer Jahrhunderte gleich ist. Um diese kosmische Tageslänge schwankt die beobachtete Tageslänge unregelmäßig hin und her. Wie groß die Abweichungen zwischen gewöhnlicher und kosmischer Zeitrechnung werden können, zeigen folgende Zahlen: Im Jahre 1900 war die gewöhnliche Zeit der kosmischen um 12 sec. voraus, 1925 hinter ihr um 25 sec. zurück.

Sind diese Werte auch noch nicht mit äußerster Genauigkeit bestimmt, so sind sie doch nach Vorzeichen und Größenordnung als gesichert zu betrachten. Beobachtet man in einem Jahre, in welchem die gewöhnliche Zeit um 2 sec. pro Jahr hinter der kosmischen zurückbleibt, einen Vorgang, in welchem $\frac{1}{10}$ Zeitssekunde eine merkbare Rolle spielt, und läuft in den nächsten Jahren die gewöhnliche Zeit der kosmischen um 2 sec. pro Jahr voraus, so weichen die aus den vergangenen Beobachtungen vorausgerechneten Erscheinungen jenes Vorganges nach einem Jahre eventuell bereits um 4 sec., nach 2 Jahren um 8 sec. von den nach der gewöhnlichen Zeit beobachteten Erscheinungen ab. Man sieht hieraus, daß sich mathematisch der Ablauf des Vorganges gar nicht eindeutig beschreiben läßt, wenn man nicht alle Beobachtungen auf die kosmische oder mittlere Julianische Zeit bezieht.

Die Beobachtung dieser kosmischen Zeit stößt auf die größten Schwierigkeiten. Wir kennen bisher keinen regelmäßigen periodischen Vorgang, der sich annähernd so sicher beobachten und daher als Zeitmaß benutzen läßt wie die Umdrehung der Erde. Am geeignetsten erscheint noch die Bewegung des Mondes, doch ist einerseits diese beeinflußt von vielen Störungen, deren Faktoren noch mit Unsicherheiten behaftet sind, andererseits ist die Beobachtung des Mondes, sei es am Meridiankreise, sei es durch Sternbedeckungen, weit unsicherer als die Beobachtung der Erddrehung an Sternen. Selbst bei fehlerfreier Mondtheorie würde sich die Abweichung zwischen gewöhnlicher und mittlerer Julianischer Zeit mit einiger Sicherheit nur aus einer größeren Zahl von Beobachtungen ableiten lassen, das Resultat käme also stets post festum, möglicherweise um 1 Jahr. Dazu ist die Mondtheorie selbst noch mit Fehlern behaftet, zumal sie sich auf Beobachtungen stützt, die in gewöhnlicher Julianischer Zeit gegeben sind. Diese Theorie müßte daher zunächst neu bearbeitet werden. Neben dem Mondumlaufe kämen als Zeitmaß die Umläufe der Jupitermonde als rasch ablaufende und durch die Verfinsterungen gut beobachtbare periodische Erscheinungen in Frage. Hier bietet die Theorie, vor allem die gegenseitigen Störungen, noch Schwierigkeiten. Andere kosmische Vorgänge, z. B. die Umläufe der inneren Planeten und der Erde, lassen zwar auch den Unterschied zwischen gewöhnlicher und kosmischer Zeit erkennen, zu einer genauen Bestimmung dieses Unterschiedes reicht jedoch bei diesen langsamen Bewegungen die Beobachtungsgenauigkeit nicht aus.

Trotz dieser Schwierigkeiten braucht man vor der Einführung einer kosmischen Zeitrechnung nicht zurückzuschrecken. Legt man der neuen Zeitrechnung z. B. die beste zur Zeit mögliche Mondtheorie zugrunde, so wird diese für lange Zeit gestatten, die Differenz zwischen gewöhnlicher und mittlerer Julianischer Zeit soweit abzuleiten, daß andere kosmische Vorgänge sich wesentlich besser mathematisch darstellen lassen, als dies jetzt der Fall ist. Bei definitiven Bahnbestimmungen berücksichtigt man schon längst Größen, die weit geringer sind als die, welche durch Nichtberücksichtigung der Schwankungen im Zeitmaß in das Resultat hineingebracht werden. Eine Vernachlässigung dieser Schwankungen ist daher nicht gut angängig, sobald sie erst einmal erkannt sind. Ergibt sich im

Laufe der Zeit, daß die zugrunde gelegte Mondtheorie einer Verbesserung bedarf, so ist die nachträgliche Anbringung der aus dieser Verbesserung sich ergebenden Korrekturen an die bisher benutzten Differenzen: kosmische minus gewöhnliche Zeit leicht ausgeführt.

Die Ableitung der Korrekturen der gewöhnlichen Zeit auf kosmische wird man am besten einer Zentralstelle überlassen, die, falls z. B. die Mondbewegung als Standardmaß gewählt worden ist, alle Mondbeobachtungen sammeln und aus ihnen möglichst schnell die Korrekturen zum allgemeinen Gebrauche ableiten würde. Die beobachtende Astronomie wird bezüglich der Mondbeobachtungen und die theoretische Astronomie bezüglich der Mondtheorie durch die aufgeworfenen Fragen vielleicht einen neuen Impuls empfangen.

Göttingen, den 25. September 1926.

B. MEYERMANN.

Röntgenographische Versuche zum Duraluminproblem.

In den letzten Jahren ist wiederholt versucht worden, mit Hilfe röntgenographischer Methoden die Vorgänge bei der Vergütung des Duralumins zu verfolgen¹⁾. Während SIELAKOW fand, daß im abgeschreckten Material die Gitterkonstante des Al eine geringe Verkleinerung erfährt und sich im Verlauf der Alterung wieder dem für Reinaluminium gültigen Wert nähert (was auf eine Ausscheidung schließen läßt), finden SACHS, SCHIEBOLD und ANDERSON keinerlei Unterschiede im Röntgenogramm abgeschreckten, veredelten und geglühten Duralumins. LANGE deutet seine Beobachtungen ebenfalls im Sinne der Ausscheidungstheorie. Das Auftreten von Linien, die den Verbindungen Mg_2Si und $CuAl_2$, welche für den Veredelungsvorgang verantwortlich gemacht werden, zugehören, ist indes unseres Wissens bisher nicht beobachtet worden, und wir möchten daher einige eigene diesbezügliche Beobachtungen kurz mitteilen.

1. Im ausgeglühten Duralumin (681a) sind neben den (starken) Linien des Al auch deutlich die beiden stärksten Linien von $CuAl_2$ (nämlich die jeweils zusammenfallenden Linien $\left\{ \begin{smallmatrix} (220) \\ (112) \end{smallmatrix} \right\}$ und $\left\{ \begin{smallmatrix} (310) \\ (202) \end{smallmatrix} \right\}$) sichtbar.

2. Abgeschrecktes und bei erhöhter Temperatur (150° und 200° C) gealtertes Duralumin zeigt ebenfalls deutlich die beiden stärksten $CuAl_2$ -Linien. Mikroskopisch ist in diesen Fällen eine Ausscheidung noch keineswegs erkennbar.

3. An abgeschrecktem und bei gewöhnlicher Temperatur gealtertem Duralumin konnten wir das Auftreten von dem $CuAl_2$ zugehörigen Linien bisher nicht beobachten.

Ob auch dem Mg_2Si zugehörige Linien in den Diagrammen von geglühtem und von gealtertem Duralumin auftreten, können wir heute noch nicht mit Sicherheit angeben.

Eine ausführliche Beschreibung unserer Versuche erfolgt an anderer Stelle.

Frankfurt a. M., den 30. September 1926.

E. SCHMID und G. WASSERMANN.

¹⁾ Vgl. hierzu: N. Y. SIELAKOW, Rev. de mét. **21**, 527. 1924; H. LANGE, Ann. d. Phys. **76**, 476. 1925; G. SACHS und E. SCHIEBOLD, Zeitschr. f. Metallk. **17**, 400. 1925; G. SACHS, Zeitschr. f. Metallk. **18**, 209. 1926; R. I. ANDERSON, The metal ind. **29**, 75. 1926.

Über eine Gesetzmäßigkeit in der Abschattierung der Bandenspektren.

Am empirischen Material der gemessenen Bandenspektren soll folgende Gesetzmäßigkeit nachgewiesen werden: „Bandenspektren von Verbindungen, deren Moleküle eine *gerade* Zahl von Elektronen besitzen, sind nach *Rot* abschattiert, Bandenspektren von Verbindungen mit *ungerader* Elektronenzahl sind nach *Violett* abschattiert, solange nur Bandensysteme in Betracht gezogen werden, bei denen sich das Leuchtelektron in unangeregter oder schwach angeregter Bahn befindet.“

Für den Bau und die Bindung der Moleküle heißt dies folgendes:

Rote (resp. violette) Abschattierung einer Bande bedeutet bekanntlich, daß beim zugehörigen Übergang des Leuchtelektrons von einer energiereicheren in eine energieärmere Bahn das Trägheitsmoment (und somit der Kernabstand) des Moleküls abnimmt (resp. wächst). Die oben behauptete Gesetzmäßigkeit sagt also aus: Bei gerader Zahl von Elektronen bewirkt der Übergang eines Leuchtelektrons von einer energiereicheren in eine energieärmere Quantenbahn eine Verkleinerung des Trägheitsmomentes (und des Kernabstandes); bei ungerader Elektronenzahl bewirkt derselbe Übergang eine Vergrößerung des Trägheitsmomentes (und des Kernabstandes); im ersten Falle wirkt das Leuchtelektron störend, im zweiten Falle bindend auf das übrige Molekülganze ein. Einleuchtend wird es so auch erscheinen, daß die behauptete Gesetzmäßigkeit nur soweit gültig ist, als Elektronenbahnen in Betracht gezogen werden, die nahe am übrigen Molekül liegen und dadurch die für die Elektronenzahl und -anordnung dieses Moleküls charakteristische Bindung besitzen.

Bevor wir an das empirische Material herangehen, schicken wir voraus, daß wir nur solche Verbindungsspektren in Betracht ziehen, deren Träger infolge genauerer Kenntnis der Anregungsbedingungen, oder durch Analyse der Spektraltermen als bekannt gelten.

Zur Prüfung unserer Behauptung sehen wir die gemessenen Bandenspektren in folgender Reihenfolge durch:

1. H-Verbindungen,
2. Halogen-Verbindungen,
3. N-Verbindungen,
4. O-Verbindungen.

1. Bei den H-Verbindungen sind folgende Banden gemessen:

I.	II.	III.	IV.
CuH	MgH	AlH	CH
AgH	CaH		
AuH	ZnH		
	CdH		
	HgH		

Sämtliche gemessenen Banden der I. Spalte sind nach Rot, sämtliche der II. Spalte nach Violett, die der III. Spalte nach Rot abschattiert. CH besitzt 2 Banden 4300 Å und 3900 Å, die denselben Endterm aufweisen; die Bande 4300 Å ist nach Violett, die Bande 3900 Å nach Rot abschattiert. Da wir den Übergang zwischen den rumpfnächsten, also energieärmsten Bahnen zu betrachten haben, ist in unserem Falle die Bande mit der kleinsten Frequenz oder der größten Wellenlänge maßgebend; die Bande 4300 Å ist nach Violett abschattiert gemäß der Behauptung.

2. Bei den Halogen-Verbindungen sind folgende Banden gemessen:

I.	II.	III.	IV.
CuCl	MgF ₂	BCl	CCl
CuBr	CaF ₂	AlCl	SiCl
CuJ	SrF ₂		SnCl
CuF ₂	BaF ₂		

In der I. Spalte sind sämtliche Banden von CuCl, CuBr, CuJ nach Rot, sämtliche Banden von CuF₂ nach Violett abschattiert gemäß der Behauptung.

In der II. Spalte sind sämtliche Banden von BaF₂ und MgF₂ nach Rot abschattiert gemäß der Behauptung; die Banden von CaF₂ und SrF₂ sind zum Teil nach Rot, zum Teil nach Violett abschattiert; die von der obigen Behauptung geforderte rote Abschattierung besitzen die 4 kurzwelligsten Bandengruppen A₁, A₂, A₃, A₄, von denen man annehmen darf, daß sie infolge der größeren Energiedifferenz zwischen Anfangs- und Endbahn die rumpfnächsten und am schwächsten angeregten sind. In der III. und IV. Spalte besitzen BCl, AlCl die geforderte Abschattierung nach Rot, CCl und SiCl die geforderte Abschattierung nach Violett; jedoch ist es nicht ganz sicher, ob diese Banden den Monochloriden oder höheren Chloriden zuzuschreiben sind.

Zink Monochlorid, SnCl, besitzt die geforderte Abschattierung nach Violett.

3. Bei den N-Verbindungen sind folgende Banden gemessen:

I.	II.	III.	IV.
H ₂ N		BN	CN
			SiN

H₂N (Ammoniak) besitzt Banden, die zum Teil nach Rot, zum Teil nach Violett abschattiert sind, ohne daß man entscheiden könnte, welches die rumpfnächsten Bahnen sind. Die BN-Banden besitzen die verlangte Abschattierung nach Rot.

Der Träger der Cyan-Banden, die zum Teil nach Rot, zum Teil nach Violett abschattiert sind, ist noch immer nicht bekannt.

Die SiN-Banden haben die verlangte Abschattierung nach Violett.

Ferner treten im NaK-Dampf Banden auf, die die geforderte Abschattierung nach Rot zeigen.

4. Das bisher angeführte empirische Material trägt fast alles zum Beweis der obigen Behauptung bei; in keinem Fall steht es im Widerspruch zu ihr. Im Gegensatz hierzu stehen die Banden der O-Verbindungen, die fast alle der obigen Behauptung widersprechen.

I.	II.	III.	IV.	V.
HO	MgO	BO	CO	NO
		AlO	SiO ₂	
		CO +		

HO ist nach Rot, MgO nach Violett, BO, AlO, CO + sind nach Rot, CO nach Violett abschattiert; alles entgegen der obigen Behauptung.

SiO₂ ist nach Rot, NO nach Violett abschattiert gemäß der Behauptung; jedoch gilt es bei NO als unsicher, in welcher Vielfachheit N und O an der Verbindung beteiligt sind.

Diese Ausnahme von der obigen Regel, die die O-Verbindungen machen, möchten wir in Zusammenhang bringen mit der Tatsache, daß der Sauerstoff das einzige von den bisher untersuchten Gasen ist, das sich als paramagnetisch erwiesen hat, d. h. dessen Elektronenkonfiguration ein primäres magnetisches Moment be-

sitzt; diese Ausnahmestellung des Sauerstoffes bezüglich der Elektronenkonfiguration scheint uns bei den O-Verbindungen das der obigen Regel widersprechende Verhalten verständlich zu machen.

Zusammenfassend bemerken wir, daß das hier angeführte empirische Material darauf hinweist, daß die innere Bindung der Moleküle qualitativ ausschließlich von den äußeren Elektronen abhängt, so daß wir uns also in dieser Beziehung vom Molekül dasselbe Bild machen müssen, wie vom Atom: Einerseits einen ziemlich fest zusammenhängenden Rumpf, zu dem die Kerne und die abgeschlossenen Elektronenschalen gehören, andererseits die Leuchtelektronen. Mit diesem Bild scheint es vom theoretischen Standpunkt aus wahrscheinlich, daß sich auch bei den Molekülen ein regelmäßiger Wechsel zwischen geraden und ungeraden Multiplizitäten bemerkbar macht, wie er schon von R. MECKE¹⁾ an Hand von empirischem Material behauptet worden ist. Angaben über die Herkunft des empirischen Materials müssen hier unterbleiben; sie finden sich zum großen Teil in dem zusammenfassenden Bericht von R. MECKE. (Phys. Zeitschr. 26, 235. 1925.)

Münster i. W., den 2. Oktober 1926.

H. LUDLOFF.

Über das bisher dem Wasserstoff zugeschriebene kontinuierliche Spektrum.

J. STARK hat bereits im Jahre 1917 bemerkt, daß in dem Leuchten eines mit Wasserstoff gefüllten Geißlerrohres im blauen Teil des Spektrums beginnend

¹⁾ Zeitschr. f. Phys. 28, 261. 1924.

ein Kontinuum bis weit ins Ultraviolett hinein auftritt. Dieses kontinuierliche Spektrum wurde sowohl in der positiven Säule als auch bei den Kanalstrahlen beobachtet. Bei Kühlung eines Teiles des Rohres ließ die Intensität dieses Spektrums nach, aber es blieb erhalten.

Inzwischen sind STARKS Beobachtungen von WOOD, GOHREKE und LAU u. a. bestätigt worden, und zwar tritt das Kontinuum in der positiven Säule im allgemeinen gleichzeitig mit den Fulcherbanden auf, so daß man meinte, dieses Spektrum gleichfalls dem H₂-Molekül zuschreiben zu müssen. SCHUELER stellte die Theorie auf, daß das Kontinuum bei der Wiedervereinigung zweier unangeregter Atome auftritt.

Bei sorgfältigen Versuchen ist es mir gelungen festzustellen, daß bei einem Druck von 1 mm und weniger das Kontinuum nach Beseitigung der Wasserhaut des Glases weder in der positiven Säule noch an der Kathode resp. in den Kanalstrahlen auftritt. Geringe Spuren von Wasserdampf sind demnach die Voraussetzung für das Auftreten des Kontinuum. Beim Fehlen der Verunreinigung ist das Leuchten der Linien der Bandenspektren erheblich stärker. Man wird demnach dem Wasserstoff nur das am Ende der Balmerreihe beobachtete HARTMANN-BOHRsche Kontinuum zuschreiben können, und zwar ordnet man dieses bekanntlich dem Wasserstoffatom zu. Das gewöhnlich beobachtete Kontinuum dürfte weder dem H₁ noch dem H₂ zugeschrieben werden, sondern es muß mit der Anwesenheit von Wasserdampf zusammenhängen.

Berlin-Charlottenburg, Physikalisch-technische Reichsanstalt, den 5. Oktober 1926.

ERNST LAU.

Zur Abwehr. Herr PLATE hat die Besprechung seines Buches „Abstammungslehre“ in den Naturwissenschaften (1925, Nr. 39, S. 816), in einem Aufsatz kritisiert, der im Arch. f. Rassen- u. Gesellschaftsbiol. (1926, Nr. 18, S. 337) abgedruckt ist. Diesem Aufsatz ist eine Fußnote beigegeben, die sich gegen den Unterzeichneten richtet. Sie verstößt gegen jede Form der Diskussion in einer wissenschaftlichen Zeitschrift so ungeheuerlich, daß ich aus Respekt vor den Lesern der Naturwissenschaften auf eine Wiedergabe verzichte. Ich begnüge mich mit der Mitteilung des Briefwechsels, aus dem Herr PLATE die Berechtigung zu seinem persönlichen Angriff abgeleitet hat.

Jena den 22. Februar 1926. Sehr geehrte Schriftleitung! In Erwiderung auf die von Prof. NACHTSHEIM gegen mich gerichteten Angriffe bitte ich um Abdruck des beifolgenden Manuskriptes. Geben Sie Honorar oder liefern Sie eine Anzahl Separata gratis? Hochachtungsvoll ihr ergebenster gez. Prof. L. PLATE.

Berlin, den 23. Februar 1926. Sehr geehrter Herr Professor! Einem von allen ernstesten wissenschaftlichen Zeitschriften festgehaltenen Grundsatz folgend, veröffentlichen Die Naturwissenschaften niemals Erwiderungen auf Besprechungen. Ich sende das Manuskript daher inliegend zurück. Mit ausgezeichnetster Hochachtung ergebenst gez. A. BERLINER.

Jena, den 24. Februar 1926. Sehr geehrter Herr Doktor! Sie sind sehr im Irrtum, wenn Sie glauben, daß „ernste wissenschaftliche Zeitschriften“ keine Erwiderungen auf Besprechungen annehmen. In allernächster Zeit werde ich im Anatomischen Anzeiger eine Erwiderung gegen eine LUBOSCHSche Besprechung bringen. Als Mitherausgeber des Archivs für Rassenbiologie weiß ich, daß wir wiederholt dem angegriffenen Verfasser das Wort gegeben haben. Das ist ja eigentlich eine Selbstverständlichkeit nach dem natürlichen Rechtsempfinden. Außerdem ist nach § 11 des Preßgesetzes jeder Herausgeber verpflichtet, sachliche Berichtigungen zu bringen. Wenn Sie also bei Ihrer Auffassung bleiben, werde ich die Erwiderung an anderer Stelle publizieren und dabei Ihre Methode, den Angegriffenen nicht zu Worte kommen zu lassen, gebührend kennzeichnen. Hochachtungsvoll gez. L. PLATE.

Diese Postkarte ist unbeantwortet geblieben.

Der Herausgeber.

Botanische Mitteilungen.

Als Grundzüge der Pflanzengeographie des ostbaltischen Gebietes erschien in den Abhandlungen des Herder-Institutes zu Riga (I, Nr. 6, 224 S. 1925), eine überaus verdienstvolle Arbeit von K. R. KUPFFER, in der dieser die Ergebnisse einer mehr als 30jährigen, in den Ostseeprovinzen Estland, Livland und Kurland zielbewußt betriebenen erfolgreichen Forschungstätigkeit zusammenfassend darstellt. Der erste Hauptteil bringt eine eingehende Schilderung der Landesnatur, in der die geologischen Verhältnisse, die Beschaffenheit und Gliederung der Küsten, die Oberflächenformen des Landes, die Böden, die Gewässer und das Klima gekennzeichnet werden und die mit einer in Form eines analytischen Schlüssels gehaltenen systematischen Übersicht über die wichtigeren Standorttypen abschließt. — Der Wechsel der geologischen Bodenunterlage (silurische Kalksteine und Dolomite im Norden, weiter im Süden meist mitteldevonischer Sandstein, Dolomit und Tonschiefer) erweist sich, obwohl die obersten Bodenschichten fast überall aus lockeren diluvialen und in geringerem Maße auch alluvialen Ablagerungen bestehen und der felsige Untergrund nur an wenigen Orten (im äußersten Nordwesten des Festlandes, auf den vorgelagerten Inseln und in einigen tief eingeschnittenen Flußtalern) offen zutage tritt, doch besonders auf flachgründigem Boden als für die Pflanzendecke von erheblichem Einfluß. — Das Klima hat nur an der Küste mit mäßigen Jahresamplituden der Temperatur und meist spätem Eintritt ihrer Grenzwerte, sowie mit zwar rauhem Frühjahr, aber mildem Herbst einen einigermaßen suboceanischen Charakter, der sich auch in dem Auftreten atlantischer Pflanzen (z. B. des Gagelstrauches, *Myrica Gale*) im Küstengebiet widerspiegelt, geht aber landeinwärts mehr und mehr in den kontinentalen Typus über; bemerkenswert ist die schon bei Riga und ausgeprägter noch bei Narwa sich geltend machende Erscheinung, daß an tief einschneidenden Meeresbussen sich der maritime Einfluß verliert. — In den ersten Abschnitten des zweiten Hauptteiles sucht Verf. die pflanzengeographische Abgrenzung und Stellung des Gebietes nach einer neuartigen statistischen Methode schärfer zu erfassen. Unter Ausscheidung gewisser „kritischer“ Gattungen, die noch nicht überall gleichmäßig gut durchgearbeitet sind und sich auch wegen der oft bestehenden Verschiedenheit in der Fassung des Artbegriffes für einen solchen Vergleich nicht eignen, berechnet Verf. die Artenzahlen für sein Gebiet sowohl als auch für die Nachbarländer und ermittelt hieraus das „Florengefälle“, d. h. die Abnahme, welche die Zahl der Pflanzenarten in einer bestimmten Richtung erfährt. Wichtiger noch als dieses absolute ist das mittlere Florengefälle, das die durchschnittliche Abnahme für eine Längeneinheit von 100 km angibt. Diese Berechnungen lassen nun für das ostbaltische Gebiet ein sehr steiles (48 auf 100 km) Florengefälle in west-östlicher Richtung erkennen, während dasselbe sowohl westlich (z. B. 31 in Ost- und Westpreußen, 37 in Brandenburg) als auch östlich (12 in Ingermanland mit Gouv. Pleskau, 14 im Gouv. Wladimir) viel geringer ist. Auch die Verbreitungsgrenze des sog. Edellaubwaldes (mit Stieleiche, Winterlinde, Spitzahorn und Ulmen) und der Besitz echter Heideformationen, durch den sich das ostbaltische Gebiet auszeichnet, lassen die Ostgrenze (vom Peipus-See am Ostufer der Narowa nach Norden und zum Hügelland von Lettgallen nach Süden) als eine durchaus natürliche und klimatisch bedingte erscheinen. Dagegen ist das

ostwestliche Florengefälle von Mittelrußland durch das ostbaltische Gebiet sowie auch durch Südschweden hindurch bis zur Provinz Brandenburg sehr gering und recht gleichmäßig und wird erst in der letzteren, die ein wichtiges Grenzgebiet für zahlreiche osteuropäische Florenbestandteile darstellt, steiler; die topographisch scharfe Westgrenze erweist sich also als pflanzengeographisch von minderer Bedeutung. Der Finnische Meerbusen dagegen bildet auch im pflanzengeographischen Sinne eine natürliche Nordgrenze, da gerade über ihn hinüber das an sich schon starke südnördliche Florengefälle besonders steil wird; allerdings ist diese Grenze nicht in erster Linie eine klimatische, sondern vor allem edaphisch — entsprechend dem Gegensatz zwischen dem silurischen Kalkstein Estlands und dem Granit- und Gneissmassiv Finnlands — und daneben wohl auch florengeschichtlich bedingt. Im Süden nimmt Verf. die Abgrenzung längs den Scheidelinien zwischen den Stromsystemen vor, so daß der Düna-oberlauf und alle ins Kurische Haff mündenden Flüsse ausgeschlossen bleiben; eine genauere Grenzbestimmung wird hier nicht nur durch die sehr allmählichen Übergänge, sondern auch dadurch erschwert, daß die Flora Litauens im einzelnen noch nicht genügend genau bekannt ist. Im ganzen ergibt sich so, daß das ostbaltische Gebiet einen einheitlichen floristischen Charakter trägt und ein Übergangsgebiet von der mitteleuropäischen Küstenflora zur kontinentalen Waldflora Mittelrußlands darstellt, wobei es aber entsprechend der stärkeren Beeinflussung von Westen her seinen westlichen Nachbargebieten näher anzuschließen ist als seinen östlichen. Auch in den folgenden Abschnitten, die die Gliederung des ostbaltischen Gebietes in Unterbezirke und floristische Landschaften behandeln, steht die Betrachtung der Flora im Vordergrund, obschon naturgemäß auch auf den Charakter der Vegetation dabei manches Streiflicht fällt. Die Einzelheiten dessen, was Verf. in dieser Hinsicht ausführt, können hier naturgemäß nicht näher gewürdigt werden, kurz erwähnt sei z. B. nur die Sonderstellung der Ostseeinseln, der teils klimatisch bzw. klimageschichtlich, teils edaphisch bedingte Florenreichtum des Silurbezirkes von Estland und Nord-Livland, die Bedeutung des Dünatales als Einwanderungsstraße aus dem Osten u. a. m. Ein kürzerer florengeschichtlicher Abschnitt berichtet besonders eingehend über die Funde von frühnacheiszeitlichen Pflanzenresten, unter denen ein solcher der Zwergbirke (*Betula nana*) am Olaikanal wegen der nahen räumlichen Beziehungen zu einem noch heute bestehenden stark abgesonderten und relikartigen Standort der Pflanze im Olaischen Moor- gelände bei Riga von besonderem Interesse ist. Die mutmaßliche Einwanderungsgeschichte einer Anzahl von Florenelementen wird in Beziehung auf die Klimaperioden von BLYTT-SERNANDER behandelt. Aus den einer systematischen Durchführung noch harrenden Torfuntersuchungen wird als wichtiges Ergebnis hervorgehoben, daß die Fichte im Ostbaltikum schon während des borealen Zeitabschnittes, also bedeutend früher als in Schweden, eingewandert ist. Zum Schluß teilt Verf. noch eine Anzahl von Beobachtungen über Sukzessionen, d. h. natürliche, ohne Änderung des Klimas oder sonstiger allgemeiner Bedingungen sich vollziehende Aufeinanderfolge ökologisch verschiedener Pflanzengesellschaften am gleichen Standort mit; neben der Vermoorung von Wäldern und dem Überhandnehmen der Fichte auf nicht zu armen oder zu nassen Waldböden erscheint bedeutungsvoll vor allem der

Übergang von Wald in Heide infolge Bildung von Rohhumus und Ortstein, der auf den Sandböden des Gebietes einen verbreiteten und unter den gegenwärtigen Umständen unaufhaltsamen Vorgang darstellt, dem die Kiefernwälder um so schneller zum Opfer fallen dürften, je ärmer der Boden ist, auf dem sie stehen.

Zur **Pflanzengeographie des Bodenseegebietes**, das ja schon wiederholt den Gegenstand wichtiger und in mancher Hinsicht teilweise grundlegender Untersuchungen gebildet hat, liegen einige beachtenswerte neuere Arbeiten vor. Von diesen behandelt diejenige von J. BARTSCH (Schrift. d. Ver. f. Geschichte d. Bodensees, i. Beiheft 1925, S. 193, 9 Taf.) die rezente Pflanzenwelt im Hegau und Linzgau, also im nord-westlichen Bodenseegebiet, das sich als ein Gebiet tertiärer und diluvialer Formationen halbkreisförmig an den Jurarand anschließt und im Norden durch die Wasserscheide zwischen Rhein- und Donaugebiet, im Osten etwa durch die Linie Pfullendorf-Immenstaad begrenzt wird. In bezug auf das Klima übt der See eine mildernde Wirkung auf seine nähere Umgebung in Gestalt von Frostschutz im Winter, aber auch von Abkühlung im Sommer aus. Im eigentlichen Hegaukessel sind die Temperaturextreme schon bedeutendere. Die Niederschläge nehmen von West nach Ost zu und es handelt sich um ein Gebiet ausgesprochener Sommerregen. — Die Pflanzengesellschaften des Gebietes werden zu 4 Vegetationstypen: Wälder, Gariden, Grasfluren und Süßwasserbestände zusammengefaßt. Die allgemeinen Schilderungen des Vegetationscharakters werden vielfach durch Mitteilung von Einzelbestandsaufnahmen sowie durch eine Anzahl meist wohl gelungener Vegetationsbilder ergänzt; auch sind hin und wieder die Ergebnisse einiger Temperaturmessungen eingestreut, welche mit den oft sehr beträchtlichen Unterschieden zwischen Luft und Boden, Nord- und Südseiten einen Beitrag zu der zuerst von G. KRAUS in seinen klassischen Untersuchungen aufgezeigten Bedeutung des Klimas auf kleinstem Raum für die Verteilung der Pflanzendecke liefern. Im Hegau und im Hügellande am See bilden Laubwälder den Hauptbestandteil, während auf der nördlichen Hochebene der reine Fichtenhochwald überwiegt; im Rahmen der ersteren wiederum steht die Formation des Buchenwaldes, zu der als Nebentypen der Bergwald, Schluchtwald, Auenwald und Bergbuschwald gerechnet werden, bei weitem an erster Stelle, während die Eiche als Waldbildner nur eine untergeordnete Rolle spielt. Die Kiefer ist als Waldbaum nur von unwesentlicher Bedeutung, kommt dagegen in der Formation der „Garide“ vielfach stärker zur Geltung. Mit dem letzteren von CHODAT eingeführten Namen bezeichnet Verf. jene charakteristischen Pflanzengesellschaften, für die sonst vielfach der von GRADMANN geprägte Ausdruck „Steppenheide“ gebräuchlich ist, der dem Verf. aber nicht annehmbar erscheint, weil es sich weder um im floristischen oder physiognomischen Sinne steppenartige Bestände handelt noch diese etwas mit den Heiden Norddeutschlands zu tun haben. Ihrem allgemeinen Charakter nach stellt die Garide ein buntes Gemisch von Buschwerk, Gräsern, Stauden und Kräutern mit vielfach xerophilem Bau dar, das meist südlich exponierte, sonnig-trockene Abhänge auf Fels-, Geröll- und Sandboden in lockerem Bestände besetzt hält und in dessen floristischer Zusammensetzung südeuropäische Arten und solche des kontinentalen Südosteuropas eine wichtige Rolle spielen. Von den einzelnen Ausbildungsformen ist am meisten typisch diejenige auf den dysgeogenen Felsen und Felschottern der Hegauberge (z. B. am Hohentwiel). Ihr

steht die Garide der Molasse-Sandsteinfelsen gegenüber, deren Bestände zahlreiche Übergänge zum lichten Kiefernwald, Bergbuschwald oder zu trockenen Magerwiesen zeigen. Die letztere, zu den Grasfluren gehörige, auf trockenen, waldfreien Hängen entwickelte und von mehr oder weniger xerophilen Gräsern beherrschte Formation ist floristisch ziemlich reich, während die ganz der menschlichen Kultur unterworfenen Frischwiesen pflanzengeographisch wenig interessant sind. — Im Rahmen der Süßwasserbestände werden nicht bloß die Pflanzenvereine des freien Wassers, sondern auch diejenigen der Sumpfwiesen, Riede und Moore zusammengefaßt. Für die Uferlandschaft des Bodensees besonders charakteristisch ist das zur Verlandung erheblich beitragende Schilfried; an dieses schließt sich weiterhin landeinwärts die meist vom Pfeifengras (*Molinia caerulea*) beherrschte Riedwiese an, die durch einen beträchtlichen Reichtum ihrer Flora ausgezeichnet ist und in der das Vorkommen von mehr oder weniger xerothermen Arten der trockenen Magerwiesen auf niedrigen Erhebungen (alte Strandwälle, Schneggislande) eine besonders eigenartige Erscheinung darstellt. Bei der Besprechung der Verlandungserscheinungen an den übrigen Binnenseen und der verschiedenen Moortypen sucht Verf. besonders die Sukzessionsverhältnisse klarzustellen; unberührte echte Hochmoorstellen sind im Gebiete nur wenige anzutreffen. — Dann gibt Verf. eine Übersicht über die Zugehörigkeit der Flora des Gebietes zusammensetzenden Arten zu den verschiedenen Florenelementen, wobei er grundsätzlich zutreffend diesen Ausdruck unter Ausschließung genetischer Gesichtspunkte nur im rein geographischen Sinne versteht und demgemäß die Gesamtverbreitung der Arten und die Dichtigkeit ihres Vorkommens für die Zurechnung als maßgebend gelten läßt. Neben dem „mitteleuropäischen“ Element, zu dem die Hauptmenge der Pflanzen gehört, sind vertreten das nordische und atlantische Element, ferner nordisch-montane und mitteleuropäisch-montane Bergpflanzen, das „alpine“ Florenelement, das wiederum in eine nordische und eine mitteleuropäische Gruppe zerfällt, das atlantisch-mediterrane, das mediterrane und das pontische Florenelement, für das die Donau-Einstrahlung noch besonders hervortritt. Unter Zugrundelegung der BLYTT-SERNANDERschen postglazialen Klimawechsellehre (vgl. über diese den Bericht in dieser Zeitschr. 13, 791–796, 809–814, 1925) zieht Verf. noch die Florentwicklungsgeschichte in Betracht, wobei er besonders auf die Glazialrelikte und die als Einwanderer der subborealen Trockenzeit angesehenen Xerothermrelikte näher eingeht.

Die in der Abhandlung von BARTSCH gestreiften Fragen erfahren eine ausführlichere Behandlung in den beiden anderen hier zu besprechenden Arbeiten von H. GAMS (Aus der Geschichte der Flora und Fauna am Bodensee, in Schrift. d. Ver. d. Geschichte d. Bodensees u. seiner Umgebung 1925, H. 53) und P. STARK (Die Moore des badischen Bodenseegebietes I, in Ber. d. Naturf.-Ges. Freiburg, 24, 1–123, 1925). Die erstere ist als Versuch eines vorläufigen, mehr programmatischen als abschließenden Überblickes gedacht. Sie skizziert zunächst an der Hand der stratigraphischen Verhältnisse und einer Anzahl von Pollendiagrammen die allgemeine Klima- und Waldentwicklung seit der Eiszeit und zeigt dann weiterhin durch Betrachtung ausgewählter Vertreter der verschiedenen Floren- und Faunenelemente, welche teilweise auch durch Fossilfunde gestützten Schlüsse sich aus der heutigen Verbreitung auf die Geschichte der betreffenden Gruppen ziehen lassen. Durch die mehrfachen Parallelen zwischen Erschei-

nungen der Tier- und Pflanzenverbreitung werden die charakteristischen Züge in besonders helles Licht gerückt. Eine Anzahl neuer Verbreitungskarten dienen zur Erläuterung der Ausführungen. Solche Parallelen bestehen z. B. zwischen den besonders bezeichnenden Edelfischen der kalten, sauerstoffreichen Seen, dem Saibling und den Felchen, und gewissen im Zusammenhang mit der Eiszeit vermutlich aus dem Nordosten gekommenen Pflanzenarten, ebenso zwischen der noch heute an einigen Stellen am Bodensee lebenden, fossil bereits in wärmezeitlichen Ablagerungen nachgewiesenen Schnecke *Cyclostoma elegans* und einigen sowohl ihrer Hauptverbreitung als auch ihrer mutmaßlichen Einwanderungszeit nach als atlantisch zu bezeichnenden Pflanzen. Das versprengte Vorkommen einiger rein südlichen Sumpf- und Wasserpflanzen wird in Zusammenhang mit dem gelegentlichen Auftreten von südlichen Zugvögeln gebracht, von denen der Pelikan und Flamingo noch im Anfang des 19. Jahrhunderts beobachtet worden sind, während der Wald-rapp oder Schopfbüsch schon spätestens im 17. Jahrhundert in Mitteleuropa ausgestorben ist. Für den arktischen Klimacharakter der Hocheiszeit ist u. a. der bei Konstanz und mehrfach bei Schaffhausen fossil gefundene Moschusochse besonders beweisend. In Übereinstimmung mit BARTSCH weist G. auch auf die Verbreitungsverhältnisse der östlichen Steppenpflanzen hin und betont, daß besonders die Hegauvulkane geradezu als Steppeninseln gelten können, daß außerdem aber auch auf den Molassehängen des westlichen Bodenseegebietes sich nicht wenige Arten seit den postglazialen Steppenzeiten zu behaupten vermocht haben.

Zu der von GAMS mit Recht als notwendig für die Erweiterung und Vertiefung der Kenntnis bezeichneten genauen Erforschung der fossilführenden nacheiszeitlichen Ablagerungen liefert STARK einen wichtigen Beitrag. In einer Untersuchung des ganzen vom Rheingletscher bedeckt gewesen Gebietes beschreibt er für 8 Moore der unmittelbaren Umgebung von Konstanz die Folge der Schichten unter ausführlicher Aufzählung der makro- und mikroskopisch in ihnen nachgewiesenen tierischen und pflanzlichen Reste, und erörtert, wie weit edaphische, wie weit klimatische Faktoren als Ursache für den beobachteten Facieswechsel anzusehen sind. Die Moore ruhen auf glazialen Tonen oder Moränen und beginnen fast ausnahmslos mit der limnischen Phase der Seekreide. Nach oben hin folgen Lebertorf, Hypnetum-, Schilf-, Seggen- und Bruchwaldtorf, also durchweg Glieder der Flachmoorreihe, während die Hochmoorphase nur in 2 Mooren erreicht worden ist. Die Seekreide enthält hauptsächlich Wasserkonchylien in einer Mischung von ubiquistischen Typen mit solchen, die ihrem gesamten Verbreitungsbild nach auf die Alpen und nach dem Norden weisen, also als glaziale Formen anzusprechen sind, die im weiteren Verlaufe größtenteils wieder verschwinden. Ähnlich spricht die reiche Desmidiaceenflora des Lebertorfes für eine noch kühle Temperatur. Mit ihrem Reichtum an Arten der Gattung *Cosmarium* (darunter auch einige ausgeprägt arktisch-alpine Arten) weicht sie von der gegenwärtig im Bodensee lebenden stark ab und trägt einen ausgesprochenen Gebirgscharakter. Unter den Moosen ist das nordisch-subarktische *Hypnum trifarium* besonders wichtig, das über der Seekreide bzw. dem Lebertorf sein Maximum erreicht, lebend dagegen nur noch an einer Stelle im Gebiet beobachtet worden ist. Die oft mit ihm vergesellschaftete, ebenfalls formationsbildende *Meesea triquetra* hat das Feld sogar ganz geräumt. Dem Pollenspektrum nach entspricht diesen untersten,

der präborealen Phase zuzuweisenden Horizonten eine Baumgesellschaft, die sich ausschließlich aus Kiefer und Birke zusammensetzt, wobei sich eine vorangehende Birkenperiode und eine darauf folgende Kieferperiode deutlich voneinander abheben. Die boreale Periode ist durch einen Anstieg der Haselkurve gekennzeichnet, die für einen Wärmeanstieg und zugleich für kontinentalen Charakter des Klimas spricht. Ihr folgt um die Wende von borealer und atlantischer Zeit eine Herrschaft des Eichenmischwaldes, für den das reichliche Auftreten der Linde, die heute als bestimmendes Glied im Waldbild fehlt, bezeichnend ist. Dem feuchten Klima der vollatlantischen Zeit entspricht in den Mooren, in denen sich der Übergang vom Wiesenmoor zum Hochmoor vollzogen hat, eine reiche Entfaltung der zu den nordischen Florenelementen gehörigen Blumenbinse (*Scheuchzeria palustris*), die, wohl schon während der Eiszeit aus dem Norden zugewandert, durch die trockene boreale Periode in ihrer Verbreitung zurückgedämmt wurde, nun aber die Möglichkeit fand, auch in der Ebene zur Herrschaft zu gelangen; seither ist sie hier wieder völlig erloschen, ebenso wie die Rasenbinse (*Scirpus caespitosus*). — Hier wird durch den fossilen Nachweis eine Lücke im gegenwärtigen Areal der beiden Pflanzen ausgefüllt; auch für einige weitere Vertreter derselben pflanzengeographischen Zugehörigkeit (u. a. das einährige Wollgras *Eriophorum vaginatum* und die Rauschbeere, *Vaccinium uliginosum*), deren rezente Standorte sich eng an das Gebiet des ehemaligen Rheingletschers anschließen, ergänzt das vorzeitliche Standortsnetz gegenwärtig fehlende Maschen. Im Pollenspektrum entspricht der atlantischen Zeit ein Anstieg von Buche, Erle und Tanne, die ebenso wie Fichte, Hainbuche und Esche im Laufe der Eichenmischwaldzeit sich eingefunden hatten. Die subboreale Phase hat in den untersuchten Mooren nur wenig deutliche Spuren hinterlassen und auch bezüglich der Zuweisung gewisser Erscheinungen zur subatlantischen Periode besteht noch keine endgültige Sicherheit; vielleicht ist der starke Rückgang, den eine Nixkrautart (*Najas flexilis*) erfahren hat, der subatlantischen Klimaverschlechterung zuzuschreiben, während allerdings GAMS ihre Hauptverbreitung als boreal-atlantisch bezeichnet.

Beiträge zur Pflanzengeographie der Nordschweiz von A. BECHERER (Diss., Basel 1925). Verf. beschäftigt sich vorzugsweise mit der Xerothermenflora längs des Rheines von Basel bis Schaffhausen und vermag zu zeigen, daß eine Trennung der um diese beiden Orte gelegenen Xerothermgebiete in dem bisher angenommenen Grade nicht besteht, sondern daß auch das mittlere Stück jener Rheinstrecke, wenn es auch an Artenreichtum hinter dem westlichen und östlichen Ende zurücksteht, immerhin eine zum Teil reichliche Vertretung mehrerer bemerkenswerter Arten aufzuweisen hat und demnach verschiedene Xerothermen eine kontinuierliche Verbreitung besitzen. Es ist infolgedessen mit einer Einwanderung der Schweizer Xerothermflora nicht bloß aus dem Südwesten (längs des Jura nach der Lägern und Schaffhausen bzw. nach Basel) und von Osten (aus dem Gebiete der oberen Donau über den Hegau nach Schaffhausen) zu rechnen, sondern auch mit einer erheblichen oberrheinischen Einstrahlung, die von Basel längs des Hochrheins nach Schaffhausen gelangt ist; auch die Vorkommnisse verschiedener Xerothermen des Schweizer Mittellandes sind hierauf zurückzuführen. Es besteht auch die Möglichkeit, daß dieselbe Art auf verschiedenen von diesen Wegen zugewandert ist, und da sich die jurasisch-west-

liche und die oberrheinische Einstrahlung im nördlichen Jura gegenseitig durchdringen, so ist zumal bei den häufigeren Arten eine zweifelsfreie Ableitung von der einen oder anderen dieser Einstrahlungen nicht möglich. Mit Recht betont übrigens Verf. bei diesen Betrachtungen die Notwendigkeit einer grundsätzlichen Trennung der nach dem Wege ihrer Einwanderung unterschiedenen Einstrahlungsgruppen oder Einwanderungselemente von den nach der heutigen Gesamtverbreitung zu bestimmenden geographischen Florenelementen (mediterran, pontisch usw.), denen die betreffenden Arten angehören; letztere sagen über erstere nichts aus, denn manche pontischen Arten sind auch längs dem Südrande der Alpen nach Westen gewandert und können dann ebenfalls durch das Rhonetal nach dem Jura und dem Rheingebiet gelangt sein. Bei der Erörterung der Frage nach dem Alter der nord-schweizerischen Standorte xerothermer Arten betont Verf. vor allem, daß die Einstrahlungen nicht als einmalige aufzufassen sind, sondern daß es sich um die Resultate aus zeitlich verschiedenen Vorgängen handelt, die einzeln zu erkennen aber in den meisten Fällen nicht möglich ist; im Gegensatz zu NÄGELI und KELHOFER, die ausschließlich gegenseitige Besiedelung heute noch vorhandener Standorte annahmen und einen Einfluß früherer, klimatisch differenter Perioden nicht glaubten annehmen zu sollen, betont Verf. aber mit Recht die Bedeutungen der nacheiszeitlichen Wandlungen des Klimas für diese Wanderungsphänomene und weist auch darauf hin, daß Fälle deutlich relik-artigen Wesens neben solchen vorhanden sind, in denen mit Einwanderung und Besiedelung in neuerer Zeit zu rechnen ist.

W. WANGERIN.

Pollenanalytische Untersuchung subalpiner Moore des Riesengebirges. Es wurde früher an dieser Stelle berichtet über die Studien von RUDOLPH und FIRBAS über die Moore des Erzgebirges. Diese Studien hatten zu dem Ergebnis geführt, daß sich auf Grund des Pollenbildes folgende, im Postglazial einander ablösende Perioden unterscheiden lassen: 1. die Kiefernzeit (mit Birke und Weide), 2. die Kiefern-Haselzeit, 3. die Eichenmischwald-Fichtenzeit, 4. die Buchen-Fichtenzeit und 5. die Buchen-Fichten-Tannenzeit. Dieses Schema bezieht sich auf mittlere Gebirgslagen, und es lag nun die Frage nahe, zu ermitteln, inwieweit es auch für klimatisch abweichende Regionen gültig ist, auf der einen Seite für die höhere Gebirgstufe, auf der anderen für extrem warme Gebiete der Ebene. Die erste Frage wird nun neuerdings aufgegriffen von einer kurzen Mitteilung der beiden Autoren, die sich auf die subalpinen Moore des Riesengebirges erstreckt (Ber. d. dtsh. botan. Ges. 44. 1926). Es wurde dabei zunächst die Vorfrage erledigt, inwieweit *Oberflächenproben*, die in verschiedener Gebirgshöhe entnommen sind, tatsächlich dem Waldbild der entsprechenden Höhenregion gerecht werden. Dem Wandel des Waldkleides entsprechend wurden von unten nach oben fortschreitend Oberflächenproben entnommen: 1. aus der Buchen-Tannenstufe, 2. aus der Fichtenstufe, 3. aus der Krummholzregion und 4. oberhalb der Baumgrenze. Es zeigte sich, daß in großen Zügen die Pollenspektren ein zutreffendes Bild liefern, das nur im einzelnen durch die Wirkung des *Ferntransports* gestört wird. So beherrschen in der Buchen-Tannenstufe den tatsächlichen Verhältnissen entsprechend die Fichte, die Buche und die Tanne das Bild. Freilich ist die Tanne etwas unterrepräsentiert und die im Waldbild fehlende Kiefer gesellt sich in beträchtlicher Menge hinzu, offenbar deshalb, weil ihr leicht transportfähiger Pollen aus der höheren Region herabgeweht wird. In der Fichtenstufe

ist die Fichte weitaus führend, die Laubhölzer und die Tanne treten stark zurück, die Kiefer arbeitet sich aber rasch zu noch viel höheren Beträgen empor, als in der Buchen-Tannenstufe. In der Krummholzregion übertrifft die Kiefer weitaus die Gesamtsumme aller anderen Gehölzarten und erreicht 70% Pollenvertretung. Diese führende Stellung behält sie oberhalb der Baumgrenze bei, wobei freilich die Laubhölzer wieder um ein geringes anwachsen. Das steht damit im Zusammenhang, daß hier infolge des Mangels von bodenständigem Baumwuchs der Ferntransport in stärkerem Maße zur Geltung gelangt. Daran anschließend berichten nun die Verfasser über die Erfahrungen, die an zwei subalpinen Mooren, dem Hangmoor am Silberkamm (1440 m) und dem Pantsche-Moor (1320 m) gewonnen worden sind. Die Pollenanalyse ergab, daß die Waldfolge in großen Zügen dieselbe ist, wie im Erzgebirge. Es folgen genau die gleichen Phasen aufeinander, nur ist die prozentuale Vertretung der einzelnen Bäume verschieden — genau in dem Sinn verschieden, als man dies nach ihren klimatischen Ansprüchen erwarten durfte. So bleiben Hasel, Eichenmischwald und Erle hinter den entsprechenden Werten des Erzgebirges zurück. Immerhin ist ihre Vertretung noch so stark, daß für jene Zeit — im Gegensatz zu heute — ihr Vordringen bis nahe zum Gebirgskamm angenommen werden muß. Der Fichtenwald selbst muß in der Fichtenzeit bestimmt bis zur oberen Gebirgsgrenze emporgereicht haben. Daraus kann auf eine Erhöhung der Baumgrenze um 300–400 m und damit auf ein entsprechendes Temperaturplus in der borealen Periode geschlossen werden. Aber diese Wärmeperiode reichte bestimmt noch viel näher an die Gegenwart heran. Noch 10–30 cm unter der Oberfläche trifft man Pollenspektren an, die von den gegenwärtigen Oberflächenproben vollständig abweichen. So ist hier die Tanne stärker vertreten als die Kiefer, und die Buche erlangt hier sogar höhere Prozente als heute in der Buchen-Tannenstufe. Das besagt, daß in der atlantischen und subborealen Zeit der Buchen-Fichten-Tannenwald den Kamm des Riesengebirges erreicht hat, daß also auch hier noch das Temperaturplus bestand. Erst die subatlantische Phase hat dann mit ihrem Wärmerückgang die für die Gegenwart gültige Depression der Baumgrenzen und der Waldgrenze gebracht.

Pollenanalytische Untersuchungen im thermophilen Florenggebiet Böhmens. Eine schöne Ergänzung zu den vorstehenden Mitteilungen bildet eine im Anschluß daran veröffentlichte Studie von RUDOLPH, die sich auf das thermophile Florenggebiet Böhmens erstreckt, also den Einfluß wärmerer Klimlagen auf die Waldsukzession herausarbeiten will (Ber. d. dtsh. botan. Ges. 44. 1926). Die Untersuchungen beziehen sich auf den Kommerner See, ein neuerdings trockengelegtes Becken nordwestlich der Stadt Brüx, dessen Seeschlick- und Torferdeschichten eine reiche Pollenflora bergen. Wir befinden uns hier südlich des Erzgebirgsfußes, einem Gebiet, das gegenwärtig die wärmste Lage Innerböhmens darstellt und im Einklang damit durch seinen Reichtum an pontischen Steppeninseln charakterisiert ist. Es bestehen also starke Kontraste zu den klimatischen Bedingungen des Erzgebirges. Trotzdem fügen sich auch hier die Waldphasen im großen gesehen in das fürs Erzgebirge gezeichnete Schema ein. Wir haben also auch hier die Sukzession: 1. Kiefernzeit, 2. Kiefern-Haselzeit, 3. Eichenmischwald-Fichtenzeit, 4. Buchen-Fichtenzeit und 5. Buchen-Fichten-Tannenzeit. Aber auch hier ist das Gesamtbild modifiziert, und zwar gerade im entgegengesetzten Sinn wie bei den subalpinen Mooren des Riesengebirges: die wärmeliebenden Baum-

formen treten im allgemeinen ins Übergewicht. Das äußert sich insbesondere darin, daß die Fichtenkurve durch die Schichtfolge hindurch stark deprimiert erscheint. In den typischen Erzgebirgsdiagrammen hat die Fichte während der Eichenmischwald-Fichtenzeit und der Buchen-Fichtenzeit *dauernd die Führung*, d. h. ihr Gipfel überragt denjenigen ihrer Konkurrenten. In der Schichtfolge des Kommerner Sees indessen übergipfelt zuerst der Eichenmischwald, später die Buche die Fichtenkurve und bloß zwischenzeitlich kämpft sich vorübergehend die Fichte an die Spitze empor. „Die Fichtenzeit tritt dadurch hier weniger auffällig in die Erscheinung. Der ersten Hälfte der Fichtenzeit mit hohen Eichenmischwaldprozenten im Gebirge entspricht hier im Vorlande eine Eichenmischwaldzeit mit Fichte, und der zweiten Hälfte der Fichtenzeit im Gebirge mit der Ausbreitung der Buche steht hier bereits die Vorherrschaft der Buche in diesem Diagrammabschnitt gegenüber. Das sind aber gerade jene Abweichungen, die wir bei der tieferen Lage erwarten mußten. Die Waldzusammensetzung war in den verschiedenen waldgeschichtlichen Perioden ebenso regional nach der Höhe abgestuft wie heute, nur daß die Höhengrenzen in der Wärmezeit höher lagen.“ Es verdient nun Beachtung, daß wir hier in der Ebenenlage noch einen besonderen Zeugen für das postglaziale Temperaturplus erhalten, und zwar in Gestalt des Massenaufreitens der Wassernuß (*Trapa natans*). Diese

ausgesprochen wärmeliebende Pflanze zeigt heute nur ein ganz sporadisches Reliktauftreten in Nordost- und Südböhmen. In der Schichtfolge des Kommerner Sees aber finden sich, wie schon WETTSTEIN festgestellt hat, ganze Horizonte, die mit den Früchten der Wassernuß vollgepfropft sind. Es handelt sich hier um den Zeitabschnitt, in dem auch in Skandinavien *Trapa* massenhaft außerhalb ihrer gegenwärtigen Nordgrenze subfossil in den Mooren erscheint. Schließlich muß hier noch einer weiteren interessanten Tatsache gedacht werden. Im Einklang mit dem Erz- und Riesengebirge beginnt auch beim Kommerner See die Spektralfolge mit der reinen Kiefernperiode, die neben dem Pollen der Kiefer nur noch jenen von Birke und Weide birgt; die wärmeliebenden Bäume fehlen, abgesehen von wohl zufälligen oder durch Ferntransport bedingten ganz vereinzelt Einstrahlungen, vollkommen. Daraus ist zu folgern, daß auch dieses wärmste Areal Böhmens in der Eiszeit von *allen kälteempfindlichen Gehölzen* geräumt war und somit nicht als Refugium für thermophile Bäume angesehen werden darf, wie dies in der Literatur vielfach angenommen wird. Genau entsprechend liegen z. B. die Verhältnisse in Südwestdeutschland, und daraus folgt mit Deutlichkeit, wie einschneidend die pflanzengeographischen Verschiebungen gewesen sein müssen, die durch die Vereisung Mitteleuropas hervorgerufen worden sind.

STARK.

Astronomische Mitteilungen.

Bewegung der Sonne. Die Bewegung der Sonne ist ein Begriff, der nur einen Sinn hat, wenn das Bezugssystem, in dem sie gemessen ist, definiert ist. Als Fixpunkte des Bezugssystems kommen die Fixsterne in Betracht. Da jeder Fixstern gegen jeden anderen eine relative Bewegung besitzt, so muß der Wert der Sonnen Geschwindigkeit ein anderer sein je nach der Auswahl der benutzten Fixsterne oder Gruppen von Fixsternen. Als sinnvollstes Bezugssystem erscheint die Gesamtheit aller Fixsterne, die zu unserem Sternsystem gehören, und man versucht, die Bewegung der Sonne in bezug hierauf zu bestimmen. In der Praxis ergibt sich aber eine Beschränkung, die von prinzipieller Bedeutung sein kann. Unsere optischen Mittel erlauben uns nicht, alle Fixsterne unseres Systems zu beobachten. Die eine Komponente der relativen Bewegung der Sonne gegen einen Fixstern, die in der Blickrichtung liegt, die Radialgeschwindigkeit, wird aus der Verschiebung der Absorptionslinien im Spektrum bestimmt. Das ist bei Sternen unterhalb einer gewissen Helligkeit unmöglich. Die andere Komponente, die auf der Blickrichtung senkrecht steht und durch die Ortsveränderung des Sternes gemessen wird, erscheint um so kleiner, je ferner der Stern ist. Bei beiden Komponenten der Bewegung bleiben wir also auf den inneren Teil unseres Sternsystems, unsere Nachbarschaft, beschränkt, und es besteht die Möglichkeit, daß dieser Teil nicht in Ruhe ist gegenüber dem Gesamtsystem. Aus mancherlei Beobachtungsergebnissen war die Vermutung entstanden, daß die Bewegung der Sonne in bezug auf schwächere Sterne beträchtlich größer sei als in bezug auf die hellen, die den bisherigen Bestimmungen zugrunde liegen.

Um diese Frage zu klären, hat VAN DE KAMP¹⁾ den

Versuch gemacht, mit einem 1 Prisma-Spektrographen am großen Lick-Refraktor die Radialgeschwindigkeiten einer größeren Zahl von schwachen Sternen zu bestimmen. Die Dispersion war nur gering (6 mm von H γ bis K), und infolgedessen sind die individuellen Werte der Radialgeschwindigkeiten sehr unsicher und in den meisten Fällen bedeutungslos. Da aber bei der Bestimmung der Sonnenbewegung aus den gemessenen Relativbewegungen gegen einzelne Fixsterne die individuellen Bewegungen dieser Sterne ebenfalls wie zufällige Fehler wirken, so sind auch Beobachtungsfehler von derselben Größenordnung zulässig, solange sie wirklich zufällige Fehler sind. Die Richtung der Sonnenbewegung kann bei großem Material ebenfalls aus Radialgeschwindigkeiten abgeleitet werden. In diesem Falle wird sie aus einer Untersuchung der Eigenbewegungen (also der anderen Komponente) von Sternen gleicher Helligkeit übernommen. Die größten Werte der Radialgeschwindigkeit ergeben sich natürlich in der Richtung des Zielpunktes (Apex) der Sonnenbewegung und des am Himmel gegenüberliegenden Punktes (Antapex). VAN DE KAMP hat deshalb 53 Sterne innerhalb 50° um den Apex und 52 Sterne in demselben Umkreis um den Antapex in seine Untersuchung einbezogen. Die scheinbaren Helligkeiten der Sterne liegen zwischen 9^m und 10^m. Die Sterne sind so ausgewählt worden, daß die Spektraltypen A bis K unter ihnen in demselben Verhältnis vorkommen wie unter den Sternen dieser scheinbaren Helligkeit überhaupt. Als Resultat der Untersuchung ergibt sich, daß die Sonne sich gegen die Sterne mit der mittleren scheinbaren Helligkeit 9^m2 mit einer Geschwindigkeit von 18 km/sec. bewegt. Da die aus den hellen Sternen (bis 6^m) abgeleitete Geschwindigkeit 20 km/sec. beträgt, so ist hiermit wahrscheinlich gemacht, daß die bisher in der Praxis benutzte Geschwindigkeit auch für schwache Sterne Verwendung finden kann. Das ist von sehr großer Bedeutung für die Bestimmung der

¹⁾ P. VAN DE KAMP, A determination of the sun's velocity with respect to stars of magnitude 9 to 10. Lick Observatory Bulletin. Nr. 374. 1926.

Entfernung der schwachen Sterne, die nur bewerkstelligt werden kann durch die Messung der transversalen Komponente ihrer relativen Bewegung gegen die Sonne. Die daraus berechnete Entfernung hängt unmittelbar von dem für die Geschwindigkeit der Sonnenbewegung angenommenen Werte ab.

Die Rotverschiebung bei B-Sternen. Der sog. K-Effekt der B-Sterne ist eine Größe, die sich bei der Ableitung der Sonnengeschwindigkeit aus den gemessenen Radialgeschwindigkeiten der Fixsterne ergibt: Wenn ein Stern von dem Punkt des Himmels, auf den sich die Sonne hinbewegt (Geschwindigkeit $V_{\odot}$), einen Abstand von d^0 hat, so ist die in der Verbindungslinie Sonne – Stern liegende Komponente der Sonnenbewegung $V_{\odot} \cdot \cos d$, und diese Größe wird als Radialgeschwindigkeit gemessen, wenn der Stern keine eigene Bewegung hat: $V = V_{\odot} \cdot \cos d$. In Wirklichkeit haben die Fixsterne eigene Bewegungen; doch kann man bei einer hinreichend großen Zahl von Sternen annehmen, daß die eigenen Bewegungen wie zufällige Fehler verteilt sind und sich bei der Zusammenfassung der Gruppe aufheben. Die einfache Gleichung $V = V_{\odot} \cdot \cos d$ kann also für jeden der Sterne angesetzt werden. Es hat sich aber gezeigt, daß man in die Gleichung ein konstantes Glied K aufnehmen muß, um die Beobachtungen darzustellen: $V = V_{\odot} \cdot \cos d - K$. K bezeichnet also den als Geschwindigkeit ausgedrückten Wert einer Linienverschiebung, die allen Sternen der gewählten Klasse gemeinsam ist. Wollte man die Verschiebung wirklich als Geschwindigkeit deuten, so würde ein positiver Wert von K besagen, daß alle diese Sterne sich mit einer Geschwindigkeit von K km/sec. von uns entfernen. Um dieser unwahrscheinlichen Konsequenz zu entgehen, kann man auch annehmen, daß die Schichten der Sternatmosphären, in denen die Absorptionslinien entstehen, sich in absteigender Bewegung befinden.

S. ALBRECHT hat schon in früheren Arbeiten¹⁾ versucht, den K-Effekt auf andere Weise zu erklären. Er hat damals gezeigt, daß die Einführung neuerer Wellenlängen für die irdischen Vergleichsspektren den K-Effekt bei den Sternen der Spektralklassen Bo–B5 von + 4.0 auf + 2.6 km herabsetzt. Es handelt sich also noch darum, diesen Rest zu erklären. Der Gedanke, diese Verschiebung als Gravitationseffekt zu deuten, liegt nahe. ALBRECHT²⁾ gibt in einer Tafel die Verschiebungen, die sich bei verschiedenen Annahmen über die mittlere Dichte und die Masse der B-Sterne ($1 =$ Dichte bzw. Masse der Sonne) ergeben.

Dichte	Masse	Verschiebung	Dichte	Masse	Verschiebung
0.01	10	+ 0.63 km/sec.	0.1	50	+ 4.0
0.1	5	+ 0.86	0.5	10	+ 2.3
0.1	10	+ 1.36	0.5	20	+ 3.7
0.1	15	+ 1.79	1.0	10	+ 2.9
0.1	20	+ 2.17	1.1	10	+ 3.9
0.1	30	+ 2.87			

Ein sehr wahrscheinlicher Wert für die Dichte ist 0.1. Bei einer Annahme von etwa 25 Sonnenmassen als durchschnittliche Masse eines B-Sternes würde sich nach der Tafel der ganze K-Effekt als Gravitationsverschiebung erklären. Ein so hoher Massenwert ist nach einer neueren (allerdings nicht ganz hypothesen-

¹⁾ Siehe Naturwissenschaften. S. 863. 1923.

²⁾ S. ALBRECHT, The K-term, relativity displacements, and convection currents in B-type-stars. *Astrophysic. Journ.* 63. 277. 1926.

freien) Bestimmung für Bo–B5-Sterne nicht ausgeschlossen. Setzt man den allgemeiner für B-Sterne angenommenen Wert von 10 Sonnenmassen voraus, so würde immerhin die Hälfte des verbleibenden K-Restes erklärt sein. ALBRECHT schließt daraus, daß Konvektionsströme in den Sternatmosphären, wenn sie vorhanden sind, keine so großen Geschwindigkeiten zu haben brauchen, wie man auf Grund der Größe des K-Terms vermutet hat.

KR.

Veränderliche Sterne mit sehr kleiner Amplitude.

Die Verwendung der lichtelektrischen Zelle bei astrophotometrischen Beobachtungen hat zur Auffindung einiger Sterne mit sehr geringen Lichtschwankungen geführt. Der erste Stern dieser Art ist von GUTHNICK gefunden worden. Es ist β Cephei, der für die ganze Klasse als typisch gelten kann. In einem Aufsatz in den *Publ. of the Astron. Soc. of the Pacific*, 38, 86 (April 1926) behandelt R. H. BAKER diese interessanten Sterne, deren Zahl bis heute noch sehr klein ist, die sich aber im Laufe der Zeit sicherlich vermehren werden.

Die hauptsächlichsten Eigenschaften dieser Sterne sind folgende:

1. Die Periode des Lichtwechsels ist konstant. Sie beträgt häufig nur wenige Stunden, doch kommen auch Werte von mehreren Tagen vor.
2. Die Amplitude ist klein. Sie beträgt etwa 0.1 Größenklasse. Sowohl der Betrag des Lichtwechsels als auch die Form der Lichtkurve ist veränderlich.
3. Die Sterne besitzen veränderliche Radialgeschwindigkeit. Die Linien oscillieren sowohl in ihrer Lage als auch in der Intensität mit der Periode des Lichtwechsels.
4. Amplitude und Gestalt der Geschwindigkeitskurve sind veränderlich, wobei die mittlere Geschwindigkeit in längerer Periode variabel ist.

Der interessanteste von diesen Sternen ist wohl α^2 Canum venaticorum, sowohl wegen seines photometrischen als auch wegen seines spektralen Verhaltens. Der periodische Charakter des Lichtwechsels ist durch die Beobachtungen GUTHNICKS ohne Zweifel nachgewiesen. Er fand bei seinen Beobachtungen eine Amplitude von 0.05. Im Jahre 1920 setzte die Veränderlichkeit für wenigstens 2 Monate aus, um im folgenden Jahre mit der gleichen Periode von 5,5 Tagen wieder aufzutreten. Eine besonders starke Schwankung in der Helligkeit scheint im Juni 1925 vorhanden gewesen zu sein. Nach amerikanischen Beobachtungen aus dieser Zeit erreichte die Amplitude das 2–3fache ihres früheren Wertes. Das spektrale Verhalten ist ebenfalls sehr merkwürdig, da nur einige wenige Linien des Spektrums in Lage und Intensität variieren.

Die Sterne nehmen im Rahmen der anderen Veränderlichen, deren Lichtwechsel auf physikalischen Ursachen beruht, keine Ausnahmestellung ein. Sie unterscheiden sich aber von den ihnen nahestehenden Sternhaufenveränderlichen kurzer Periode durch die Größe der Amplitude, die Gestalt der Lichtkurve und durch die größere Instabilität dieser Merkmale. Im allgemeinen lassen sie auch die für die Cepheiden gefundenen Beziehungen zwischen Lichtwechsel und Radialgeschwindigkeit nicht erkennen. Um die Stellung dieser Sterne zu den übrigen großen Klassen von Veränderlichen enger abgrenzen zu können, müßte ihre Zahl durch Auffindung weiterer Exemplare vermehrt werden, wobei besonders solche längerer Periode wertvoll wären.

OTTO KOHL.

Quantenmechanik¹⁾.

VON WERNER HEISENBERG, Kopenhagen.

(Aus dem Institut für theoretische Physik der Universität.)

Nach unserer gewöhnlichen „Anschauung“, d. h. bei Anwendung der üblichen Raum-Zeit-begriffe, werden Raum und Materie als in letzter Linie kontinuierlich und *im Prinzip* in beliebig kleine Teile zerlegbar vorgestellt — von der etwaigen technischen Undurchführbarkeit einer solchen Zerlegung abgesehen. Die physikalischen und chemischen Erfahrungen haben aber, entgegen dieser Folgerung aus unserer einfachen Anschauung, ergeben, daß bei den Vorgängen in ganz kleinen Räumen und Zeiten ein typisch diskontinuierliches Element eine hervorragende Rolle spielt. Die „ganzzahligen Proportionen“ in der Chemie schon legten den Gedanken an eine atomistische Struktur der Materie nahe, die sog. „Schwankungserscheinungen“ (Brownsche Bewegung, Streuung des Lichtes usw.) führten zur Vorstellung vom Aufbau der Materie aus Korpuskeln von *wohldefinierter, endlicher* Größe, in den Versuchen über Korpuskularstrahlen (Kathodenstrahlen, α -, β -Strahlen) gelangten diese kleinsten Bausteine der Materie *direkt* zur Beobachtung. Wegen dieser unmittelbaren experimentellen Evidenz der atomistischen Vorstellungen lag es daher nahe, den Grundbausteinen der Materie — also in letzter Linie dem positiven und dem negativen Elektron — die gleiche Art von Realität zuzusprechen, wie etwa den Gegenständen der uns umgebenden täglichen Welt; man stellte sich also diese Grundbausteine als außerordentlich kleine Körperchen bekannter (und zwar immer ein und derselben) Ladung und Masse, doch noch unbekannter inneren Struktur vor, die sich nach näher zu ergründenden Gesetzen in Raum und Zeit, und zwar in der unserer Anschauung entsprechenden bekannten kontinuierlichen Raum-Zeitwelt — bewegten. Diese Vorstellung hat sich wohl im Laufe der Zeit als falsch erwiesen, was ja auch im Hinblick auf die eigentliche prinzipielle Unanschaulichkeit jenes diskontinuierlichen Elements keineswegs zu verwundern war; die Elektronen bzw. die Atome besitzen *nicht* jenen Grad von unmittelbarer Realität, wie die Gegenstände der täglichen Erfahrung. Die Untersuchung der Art von physikalischer Realität, die den Elektronen und Atomen zukommt, ist eben der Gegenstand der Atomphysik und damit auch der „Quantenmechanik“ (Qu.M.). Jenes typisch diskontinuierliche Element, über das wir oben gesprochen haben, findet nicht nur in der Tatsache der atomistischen Struktur der Materie ihren Ausdruck, sondern auch in den

Gesetzmäßigkeiten des Atombaues. Aus der BOHRschen Theorie, sowie experimentell aus den FRANCK - HERTZschen Stoßversuchen und dem STERN - GERLACHschen Molekularstrahlversuch schließen wir die Existenz diskreter stationärer Zustände der Atome, wobei die Übergangsprozesse von einem solchen Zustand zu einem andern als typisch diskontinuierliche Akte zu betrachten sind. Schließlich treffen wir dieses diskontinuierliche Element bei den Strahlungsphänomenen. Dies hat zuerst PLANCK aus dem von ihm gefundenen Gesetz der schwarzen Strahlung erschlossen, EINSTEIN hat gezeigt, daß eben wieder die Schwankungserscheinungen auf die Vorstellung von „Lichtkorpuskeln“ ganz bestimmter wohldefinierter Energie und wohldefinierten Impulses führen und die Experimente über den lichtelektrischen Effekt, der COMPTON-Effekt und insbesondere das GEIGER-BOTHEsche Experiment über den COMPTON-Effekt veranschaulichen die Fruchtbarkeit der Lichtquantenhypothese aufs Deutlichste. Trotzdem hat man den Lichtquanten — im Gegensatz zu den Materiepartikeln — von vornherein nie die Art von Realität zugesprochen, die den Gegenständen der täglichen Welt zukommt, da man sich durch eine solche Vorstellung in allzu große Widersprüche mit den bewährten Gesetzen der klassischen Optik verwickelt hätte. Wohl aber bestehen Anzeichen dafür — was besonders von EINSTEIN betont worden ist —, daß umgekehrt den *Elektronen* ein ähnlicher Grad von Realität zukommt, wie den *Lichtquanten*; doch soll auf diese Frage erst später eingegangen werden. Hier kam es uns darauf an, zu betonen, daß die Untersuchung jenes typisch diskontinuierlichen Elementes und jener „Art von Realität“ das eigentliche Problem der Atomphysik und daher auch der Inhalt aller quantenmechanischen Überlegungen ist.

I. Durch die Experimente von LENARD und RUTHERFORD und durch die großen Erfolge der BOHRschen Theorie konnte es als bewiesen gelten, daß die Atome aus positiven und negativen Elektronen aufgebaut seien, so wie diese Theorie es annimmt. Gleichzeitig bedeuteten die BOHRschen Grundpostulate der Quantentheorie schon einen endgültigen Bruch mit den Begriffen der klassischen Theorie. Es lag trotzdem nahe, die Benutzung klassischer Begriffe und Bilder so weit zu versuchen, als es logisch möglich schien. Die so entstehende Form der BOHRschen Theorie, die durch das Korrespondenzprinzip eine vollständige *qualitative* Beschreibung fast aller Züge des Atom-

¹⁾ Vortrag, gehalten auf der 89. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte, Düsseldorf.

baues bis in die Einzelheiten ermöglichte, genügte jedoch nicht zu einer quantitativen Beschreibung der Atomvorgänge; auch stellten sich bei der Anwendung dieser Form der Theorie auf gewisse Probleme (Dispersion, Wasserstoffatom in gekreuzten Feldern) große gedankliche Schwierigkeiten heraus. Die eigentliche Ursache dieser Schwierigkeiten war eben die dem Wesen der quantentheoretischen Grundpostulate fremde Übertragung klassischer Begriffe und Vorstellungen auf die Probleme des Atombaus, die Benützung einfach anschaulicher Modelle und Bilder zur Deutung physikalischer Gesetzmäßigkeiten, deren anschaulicher Inhalt in Wirklichkeit durchaus nicht zu übersehen war.

Das Programm der Qu.M. mußte daher sein, sich zunächst von diesen anschaulichen Bildern freizumachen und an Stelle der bisher benutzten Gesetze der klassischen Kinematik und Mechanik einfache Beziehungen zu setzen zwischen experimentell gegebenen Größen. Während also die frühere Theorie den Vorteil der unmittelbaren Anschaulichkeit und des Gebrauchs bewährter physikalischer Prinzipien mit dem Nachteil verband, im allgemeinen mit Beziehungen zu rechnen, die prinzipiell nicht prüfbar waren und daher zu inneren Widersprüchen führen konnten, sollte die neue Theorie auf die Anschaulichkeit zunächst ganz verzichten, dafür aber nur ganz konkrete Beziehungen enthalten, die einer unmittelbaren experimentellen Prüfung zugänglich sind und deswegen kaum in die Gefahr innerer Widersprüche kommen. Um dieses Ziel zu erreichen, mußte man sich von der klassischen Anschauung offenbar sehr weit entfernen: Denkt man etwa an das Spektrum des Wasserstoffatoms, so bestand ja der bekannte Widerspruch, daß das Spektrum *jeder* periodischen Bewegung einer Partikel nach der klassischen Kinematik ein Spektrum äquidistanter Linien sein muß, daß aber in Wirklichkeit ein Linienspektrum mit Häufung der Linien im endlichen beobachtet wird und daß wir trotzdem schon um des Korrespondenzprinzips willen von einer periodischen Bewegung des Elektrons sprechen möchten. Wenn überhaupt die Korpuskularvorstellung beibehalten werden sollte, konnte man dieser Schwierigkeit offenbar nur entgehen, wenn man überhaupt darauf verzichtete, dem Elektron oder dem Atom einen bestimmten Punkt im Raum als Funktion der Zeit zuzuordnen; zur Rechtfertigung muß angenommen werden, daß ein solcher Punkt auch nicht direkt beobachtet werden kann. Dieser Verzicht bedeutet die *erste entscheidende Einschränkung* bei der Diskussion der Realität der Korpuskeln.

An Stelle des aufgegebenen Begriffs vom „Ort des Elektrons“ versuchte die Qu.M. eine Gesamtheit physikalisch wohldefinierter Größen zu setzen, die in der *klassischen* Theorie dem „Ort des Elektrons“ mathematisch äquivalent wäre. Die gesamte Ausstrahlung des Elektrons würde in der klassischen Theorie durch die Fourierentwick-

lung der Bewegung des Elektrons gegeben sein und insofern als Repräsentant der Bewegung des Elektrons angesehen werden können. Frequenz, Amplitude und Polarisierung einer Spektrallinie sind jedenfalls wohldefinierte beobachtbare Größen. Daher wurde in der Qu.M. die Gesamtheit der beobachtbaren Strahlungsgrößen, die der klassischen Fourierreihe entsprechen, als Repräsentant des „Ortes des Elektrons“ angesehen. Da nach den Grundpostulaten der Quantentheorie die Ausstrahlung einer Linie mit dem Übergang von einem stationären Zustand des Atoms zu einem anderen verknüpft ist, so ist jede Strahlungsgröße zwei Termen oder Zuständen zugeordnet. An Stelle der klassischen „Koordinate des Elektrons“ trat also in der Qu.M. eine zweidimensionale „Tabelle“ von Strahlungsgrößen, eine sog. „Matrix“.

Es lag der weitere Schritt nahe, an Stelle aller aus der klassischen Theorie übernommenen und vielleicht nicht direkt beobachtbaren Begriffe wie *Impuls, Energie* usw. solche Tabellen von konkreten, beobachtbaren Größen einzuführen. Der Gesamtenergie des Atoms entsprach dann z. B. die Tabelle aller Energiewerte der stationären Zustände des Atoms. Diese eben genannte Annahme bedeutete eine weitere Einschränkung der oben diskutierten Realitätsverhältnisse der Atome. Gleichzeitig ermöglichte diese Annahme eine merkwürdig enge Verbindung der Qu.-M. mit den in den Grundpostulaten der BOHRschen Theorie enthaltenen Zügen von Diskontinuität. Zunächst stellte sich heraus, daß die Existenz diskreter Energiewerte für die Qu.M. ebenso natürlich war, wie etwa die Existenz diskreter Eigenschwingungen einer Membran für die klassische Theorie. Weiter zeigte sich, daß einfache Beziehungen, die aus Überlegungen etwa über die Häufigkeit von Übergängen oder über Zeitmittelwerte von diskontinuierlich veränderlichen Größen gewonnen waren, auch als mathematisches Resultat des Rechnens mit solchen Tabellen von Strahlungsgrößen gewonnen werden konnten. Dies scheint mir eine der allerwichtigsten Eigenschaften der Qu.M.; leider ist eben diese Eigenschaft der Qu.M. bisher wenig untersucht worden.

Um zu einer geschlossenen Theorie zu kommen, war es noch notwendig, die mathematischen *Beziehungen* zwischen jenen Tabellen von Strahlungsgrößen zu finden, die den Beziehungen der klassischen Mechanik korrespondenzmäßig entsprachen; es stellte sich heraus, daß diese Beziehungen formal sehr einfach waren: Aus physikalischen Analogieschlüssen fand man, daß Addition und Multiplikation dieser Tabellen nach den wohlbekannten Rechenregeln der *Matrizenalgebra* erfolgen mußten, rein *formal* bestand also der Unterschied der neuen von der alten Theorie zunächst nur in der Nichtgültigkeit der Kommutativität der Multiplikation. Die HAMILTONschen Gleichungen der Mechanik konnten der Form nach vollständig in die neue Theorie übernommen werden. Wegen der Nichtkommutativität der

Multiplikation mußten noch gewisse Vertauschungsrelationen angegeben werden, um das mathematische Schema der Theorie vollständig zu machen. Diese Relationen entsprachen in gewissem Sinne den Quantenbedingungen der früheren Theorie und enthielten als einzige Relationen der neuen Theorie die PLANCKsche Konstante.

Damit ist dann das mathematische Schema der Qu.M. schon vollständig gegeben. Bei seiner näheren Durchführung, auf die ich gleich zu sprechen kommen werde, stellt sich heraus, daß die Qu.M. in vieler Beziehung der klassischen Theorie so ähnlich ist, wie man überhaupt verlangen konnte. Es gelten Energiesatz und Impulssätze, wie in der klassischen Theorie. Es läßt sich eine Theorie der kanonischen Transformationen und damit eine vollständige Störungstheorie entwickeln, die ganz den Methoden der Astronomie entspricht. Die Qu.M. ist sogar in dieser Beziehung viel einfacher als die klassische Mechanik. Die Störungsreihen beim Mehrkörperproblem zeigen in der klassischen Theorie die berüchtigten Konvergenzschwierigkeiten, in der Qu.M. *konvergieren* diese Reihen im allgemeinen und das Mehrkörperproblem hat hier keine prinzipielle Schwierigkeiten.

So mag die Qu.M. wenigstens prinzipiell dem Stand unserer tatsächlichen physikalischen Erfahrungen über Atome ganz weitgehend entsprechen. Für makroskopische Vorgänge geht die Qu.M. formal in die klassische Mechanik über — so, daß sich auch die Realitätsverhältnisse denen unserer gewöhnlichen Anschauung außerordentlich weit annähern können. Für mikroskopische Vorgänge bleiben nur noch Relationen zwischen beobachtbaren experimentell gegebenen Größen übrig, eine unmittelbare anschauliche Deutung kann den zugrunde liegenden physikalischen Vorgängen einstweilen nicht gegeben werden.

Zur experimentellen Prüfung der Theorie liegt ein außerordentlich umfangreiches Material vor: die Spektre aller Elemente, Energiemessungen usw. Zum Vergleich der Theorie mit dem Experiment war aber zunächst ein mathematischer Ausbau der Theorie erforderlich. Er ist auf drei verschiedene Weisen — unabhängig — durchgeführt worden.

1. BORN-JORDAN: Da von vornherein die quantenmechanischen Größen als Matrizen gegeben sind, werden die bekannten Methoden der höheren linearen Algebra angewendet. Die Lösung eines quantenmechanischen Problems wird zurückgeführt auf ein Eigenwertproblem, nämlich eine Hauptachsentransformation einer HERMITESchen Form. Behandelt: Wasserstoffatom, Zeemaneffekt, Starkeffekt (PAULI), Intensitäten beim Zeemaneffekt, Multipletts und anomaler Zeemaneffekt, Feinstruktur, Bandenspektre: Oszillator, Rotator; Dispersionstheorie.

2. DIRAC. Es wird Algebra und Analysis von Größen, für die das kommutative Gesetz nicht gilt („q-Zahlen“) — unabhängig von ihrer Deutung als „Matrizen“ — soweit ausgebaut, daß einfache Rechenverfahren, die denen der klassi-

schen Theorie weitgehend analog sind, zur Behandlung mechanischer Probleme gefunden werden können (Einführung der Wirkungs- und Winkelvariablen, Fourierreihen; vgl. auch Arbeiten von LONDON). Behandelt: Wasserstoffatom, Intensitätsformeln bei den Multipletts, g -Werte, relativistische Qu.M. Comptoneffekt, $\frac{h\nu}{c}$ Rückstoß, Dispersion.

3. SCHRÖDINGER. Auf die physikalischen Grundlagen der SCHRÖDINGERSchen Theorie werde ich nachher zu sprechen kommen; einstweilen sei nur auf ihre Bedeutung für den mathematischen Ausbau der Qu.M. hingewiesen. Nach bekannten Prinzipien der höheren linearen Algebra und der Analysis ist ein Eigenwertproblem einer unendlichen quadratischen Form, wie das BORN-JORDANSche, im allgemeinen äquivalent mit einem durch eine lineare Differentialgleichung und Randbedingungen charakterisierten analytischen Eigenwertproblem. Wenn es gelang, diese lineare Differentialgleichung und dieses Eigenwertproblem zu finden, so war die mathematische Behandlung quantenmechanischer Probleme zurückgeführt auf außerordentlich weitentwickelte mathematische Disziplinen. Dies wurde durchgeführt von SCHRÖDINGER, der aber zu diesem mathematischen Schema auf einem *anderen*, als dem hier angegebenen Wege und *unabhängig* von den früheren quantenmechanischen Arbeiten gekommen ist. Behandelt: Wasserstoffatom (ohne magnetische Feinstruktur), Starkeffekt, Zeemaneffekt, Bandenspektre, Dispersion. Die Stärke des SCHRÖDINGERSchen Verfahrens besteht hauptsächlich darin, daß es eine einfache Bestimmung der Übergangswahrscheinlichkeiten gestattet, was bei den anderen mathematischen Methoden im allgemeinen sehr schwierig sein dürfte. Behandelt: Intensitäten im Starkeffekt des Wasserstoffatoms, Intensitätsformeln bei den Zeemaneffekten. Intensitäten in der LYMAN- und der BALMERSerie (PAULI).

II. Kehren wir von dem mathematischen Ausbau der Theorie wieder zur physikalischen Bedeutung dieses Formalismus, also zur Diskussion der Aussagen, die sich über die Realität und die Gesetze der Korpuskeln machen lassen, zurück. Von einer ganz anderen Seite her ist ein Angriff auf dieses Problem unternommen worden durch die Theorie DE BROGLIES, aus der ja SCHRÖDINGERS Überlegungen hervorgegangen sind, und die EINSTEINSche Anwendung der Boseschen Statistik. Die Einschränkungen, die wir in Teil I über die Realität der Korpuskeln gemacht haben, insbesondere die Aussage, daß es unmöglich sei, einer Korpuskel einen bestimmten Ort als Funktion der Zeit, eine bestimmte Energie usw. zuzuordnen, lassen es schon als möglich erscheinen, daß die Realität der Materiekorpuskeln eine große Ähnlichkeit aufweist mit der Realität der Lichtquanten, denen ja auch wegen der Interferenz- und Beugungsphänomene der Lichtwellen nicht eine bestimmte Bahn und ein bestimmter

Ort zugeschrieben werden kann. Eine Analogie im Verhalten von Materiekorpuskeln und Lichtquanten wird besonders deutlich, wenn man die Reflexion eines Materieteilchens etwa an einem Beugungsgitter quantenmechanisch untersucht. Das Materieteilchen erleidet dann, wie vor kurzem auf Grund einer Überlegung DUANES von JORDAN gezeigt worden ist, nach der Qu.M. Reflexion an dem Gitter nur in ganz bestimmten, diskreten Richtungen, ebenso wie ein Lichtstrahl in ganz bestimmten diskreten Richtungen abgelenkt wird. Ähnliche Analogien hatten DE BROGLIE zu folgender Annahme geführt, und zwar lange vor dem Entstehen der Qu.M.: Ebenso, wie bei der Theorie des Lichtes einstweilen jener merkwürdige Dualismus besteht, nach dem viele Erscheinungen durch die Wellentheorie des Lichtes, andere durch die Lichtquantentheorie, manche durch beide Theorien beschrieben werden können, so mag ein solcher Dualismus auch bei den Materiepartikeln einstweilen berechtigt sein; DE BROGLIE ordnete also jedem Materieteilchen eine Welle bestimmter Frequenz zu; diese Frequenz bestimmte sich, wie bei den Lichtquanten, aus der Energie der Partikeln nach der $h\nu$ -Relation. Nach EINSTEIN sollten diese Wellen, ebenso wie Lichtwellen, zu Interferenzen Anlaß geben; eine Schar von Elektronen sollte also bei der Reflexion an einem Gitter eben in bestimmten diskreten Richtungen abgelenkt werden. Ein solches Ergebnis wurde später — wie oben erwähnt — auch auf Grund der Qu.M. gefunden und dieser Sachverhalt schon legt den Gedanken nahe, daß die Qu.M. und die DE BROGLIESchen Wellen in engstem Zusammenhang stehen. DE BROGLIE wies auch schon darauf hin, daß man die BOHRschen Bahnen im Wasserstoffatom erhalten könnte, wenn man forderte, daß der dem Elektron entsprechende Wellenzug um den Kern herum eine eindeutige Funktion des Raumes sei. Der eigentliche Zusammenhang der DE BROGLIESchen Theorie und der Qu.M. wurde aufgedeckt durch SCHRÖDINGER. Dieser Forscher hat die von DE BROGLIE und EINSTEIN herrührenden Gedanken weiter ausgebaut, indem er die Differentialgleichung der DE BROGLIESchen Wellen aufstellte und zeigte, daß das ihr entsprechende Eigenwertproblem eben das Eigenwertproblem der Qu.M. sei. Dabei hat es sich allerdings herausgestellt, daß eine dreidimensionale Wellengleichung, wie in der Theorie des Lichtes, in der Theorie der Materie nicht angegeben werden konnte, da ja die Wellengeschwindigkeit immer noch von der Anwesenheit anderer Partikel beeinflußt werden kann. Dagegen war es möglich, bei einem Problem über die Bewegung von f -Korpuskeln eine Wellengleichung im Koordinatenraum von 3- f -Dimensionen aufzustellen, die dann das quantenmechanische Problem mathematisch völlig ersetzte. Es ist bisher nicht allgemein gelungen, einen direkten Zusammenhang der SCHRÖDINGERSchen Wellen im Phasenraum mit den DE BROGLIESchen Wellen im gewöhnlichen Raum, die den Lichtwellen analog sein sollten, herzustellen. Die

Wellen im q -Raum haben also bis jetzt nur eine formale Bedeutung. Ebenso, wie seinerzeit eine große formale Ähnlichkeit der klassischen Mechanik mit einer geometrischen Optik in mehrdimensionalen Räumen von HAMILTON aufgedeckt und zur Grundlage für die wirksamste mathematische Behandlungsweise klassischer Probleme ausgebaut wurde, so besteht nach SCHRÖDINGER eine große formale Ähnlichkeit der Qu.M. mit einer Wellenoptik in mehrdimensionalen Räumen, die auch hier zur wirksamsten mathematischen Behandlungsweise quantenmechanischer Probleme führt. Es ist in letzter Zeit manchmal (SCHRÖDINGER, FLAMM) die Vermutung ausgesprochen worden, daß auf Grund der SCHRÖDINGERSchen Differentialgleichung eine rein kontinuierliche Beschreibung der quantentheoretischen Erfahrungen im Sinne etwa der klassischen Theorie möglich sei, daß also die Quantentheorie in ihrer bisherigen Form illusorisch sei. Bei einer konsequenten Durchführung dieses Gesichtspunktes verläßt man aber eben die Grundlagen der DE BROGLIESchen Theorie, damit der Qu.M. und aller Quantentheorie überhaupt und gerät meines Erachtens in vollständigen Widerspruch mit der Erfahrung (Gesetz der schwarzen Strahlung; Dispersionstheorie). Dieser Weg ist also nicht gangbar. Die eigentliche Realität der DE BROGLIESchen Wellen liegt vielmehr in den oben genannten Interferenzphänomenen, die jeder Deutung auf Grund klassischer Begriffe spotten. Die außerordentliche physikalische Bedeutung der SCHRÖDINGERSchen Ergebnisse liegt in der Feststellung, daß eine anschauliche Interpretation der quantenmechanischen Formeln sowohl typische Züge einer Korpuskulartheorie, wie typische Züge einer Wellentheorie enthält.

III. EINSTEIN hat, ausgehend von der BOSESchen Statistik der Lichtquanten, eine Statistik der Materiepartikel vorgeschlagen, die die Realität der DE BROGLIESchen Wellen noch von einer anderen Seite her beleuchtet. BOSE hatte gezeigt, daß man zu einer mit der Erfahrung übereinstimmenden Statistik der Lichtkorpuskeln kommen könnte, wenn man darauf verzichtete, den Ort eines Partikels im Phasenraum zur Bestimmung des „Zustandes“ zu verwenden, und wenn man statt dessen einen Zustand als durch die Angabe, *wieviele* gleichartige Partikel sich in einer Zelle des Phasenraums befinden, bestimmt ansieht. Diese Grundannahme der BOSESchen Statistik, die in einer Korpuskulartheorie zunächst keinen Platz zu haben scheint und jedenfalls eine sehr merkwürdige weitere Einschränkung der Realität der Korpuskeln bedeutet, wird einigermaßen verständlich, wenn man von den Lichtkorpuskeln zu den in irgendeiner bisher nicht bekannten Weise „entsprechenden“ Lichtwellen übergeht; an Stelle der „Zahl der Korpuskeln“ tritt dann die „Energie einer Eigenschwingung“ als Bestimmungsstück eines Zustandes, was durchaus der gewöhnlichen Statistik entspricht. Diese Grundannahme der BOSESchen Statistik hat EINSTEIN direkt auf die Statistik gleicher Materieteilchen übertragen; vom

Standpunkt der DE BROGLIESchen Wellentheorie aus ist eine solche Statistik wieder verständlich; in einer Korpuskulartheorie bedeutet sie, daß es im allgemeinen nicht möglich sei, eine Korpuskel auf ihrem Wege zu verfolgen und wiederzuerkennen d. h. die Individualität einer Korpuskel kann verloren gehen. Eine solche Annahme liegt durchaus im Sinn der oben gelegentlich der Ableitung der Grundlagen der Quantenmechanik gemachten Einschränkungen bei Begriffen, wie Ort des Elektrons usw. Trotzdem stand dieser EINSTEINSchen Statistik die Qu.M. zunächst fremd gegenüber. Denn da die Qu.M. mit Korpuskeln rechnet bzw. bei SCHRÖDINGER mit Wellen in 3-f-dimensionalen Räumen, so ergibt eine Abzählung der Zustände z. B. eines Atoms immer zunächst das der *klassischen* Statistik entsprechende Resultat.

Um diesen Widerspruch aufzuklären, wurden die bei den Atomsystemen auftretenden Mehrkörperprobleme genauer untersucht. Zwar handelt es sich hier um ein mechanisches Problem, das von dem der EINSTEINSchen Statistik zugrunde liegenden verschieden ist. Man konnte aber doch erwarten, die wesentlichen Züge, die die EINSTEINSche Statistik von der klassischen unterscheiden, auch hier wiederzufinden. Zunächst zeigte sich — unter diesem Vorbehalt — daß die experimentell gefundene Anzahl von stationären Zuständen bei Atomen mit mehreren Elektronen eine eindeutige Entscheidung *zugunsten* einer Reduktion der statistischen Gewichte im EINSTEINSchen Sinne und *zuungunsten* der klassischen Statistik lieferte. Wäre die klassische Statistik richtig, so wäre die Anzahl der stationären Zustände um ein vielfaches größer, als die beobachtete. Weiter zeigte sich, daß die quantenmechanische Lösung eines Mehrkörperproblems eine charakteristische Unbestimmtheit aufweist: Das gesamte Termsystem oder Termspektrum des Problems zerfällt in verschiedene *Teilsysteme*. Unter diesen Teilsystemen ist eines, das keine „äquivalenten Bahnen“ enthält und von den anderen in der Weise getrennt ist, daß auf keine Weise Übergänge von Termen dieses Teilsystems zu Termen anderer Teilsysteme vorkommen können. Nun kann sowohl das gesamte Termsystem, als auch dieses Teilsystem als vollständige quantentheoretische Lösung angesehen werden. Denn von einer quantenmechanischen Lösung eines Problems wird ja nur verlangt, daß das ihr entsprechende Termsystem „geschlossen“ sei, d. h. daß es nur Übergänge innerhalb des Systems geben dürfte. Wählt man nun, zunächst ohne eigentliche Begründung, dieses eine Teilsystem als endgültige quantenmechanische Lösung aus, so reduziert man damit einerseits die statistischen Gewichte eben in dem von EINSTEIN vorgeschlagenen Sinne und erfüllt andererseits von selbst PAULIS Verbot äquivalenter Bahnen. Wie weit das PAULISChe Verbot umgekehrt eine Modifikation der EINSTEINSchen Statistik notwendig macht, ließ sich aus dieser Untersuchung nicht entscheiden. Ein enger Zusammenhang mit der

EINSTEINSchen Statistik ist daran zu erkennen, daß diese Reduktion der statistischen Gewichte nur möglich ist bei völliger Gleichheit der Partikel des Mehrkörperproblems (bei Elektronen ist diese Gleichheit natürlich gegeben). Bei auch sehr kleinen Verschiedenheiten der Partikel treten *Übergänge* zwischen den genannten Teilsystemen auf, als quantenmechanische Lösung kommt dann nur das *gesamte* Termsystem in Betracht — was der klassischen Abzählung entspricht. Der mechanische Grund für die oben diskutierte Einteilung des Termspektrums in Teilsysteme, die nicht miteinander kombinieren, ist ein charakteristisches Resonanzphänomen, das darin besteht, daß in allen Mehrkörperproblemen die das System bildenden Partikel kontinuierlich die Plätze tauschen; z. B. ist eine Unterscheidung zwischen inneren und äußeren Elektronen bei Atomen sinnlos. Wenn, wie oben angegeben, das eine Teilsystem als quantentheoretische Lösung ausgewählt wird, so bedeutet dies nach dem Gang der Rechnung, daß nur symmetrische Funktionen der Elektronen des Atoms physikalischen Sinn haben, daß es nicht möglich ist, über die Bewegung eines einzelnen Elektrons, auch nicht über die diese Bewegung repräsentierende Matrix zu sprechen. Dies bedeutet eine neue Einschränkung in der Frage nach der Realität der Korpuskeln. Als Beispiel für Mehrkörperprobleme sind bisher untersucht worden die Spektre der Atome mit zwei Elektronen, also

He und Li mit befriedigender Übereinstimmung mit der Erfahrung.

Die verschiedenen Aussagen, die sich nach den hier besprochenen Überlegungen über das typisch diskontinuierliche Element bei Vorgängen in kleinen Dimensionen, über die Korpuskeln und ihre Realitätsverhältnisse machen lassen, sollen noch einmal kurz zusammengefaßt werden:

1. Aus allen Versuchen über α - und β -Strahlen, WILSONaufnahmen, Molekularstrahlen usw. folgt die unmittelbare experimentelle Evidenz der Materiekorpuskeln. Ähnlich lassen die Experimente über den lichtelektrischen Effekt, der GEIGER-BOTHEsche Versuch (vgl. auch den neueren Versuch von BOTHE und die Untersuchungen von KIRCHNER) direkt die Realität der Lichtquanten in Erscheinung treten. Die Existenz *diskreter* stationärer Zustände bei den Atomen wird durch die FRANCK-HERTZschen Stoßversuche und die STERN-GERLACHschen Molekularstrahlexperimenteargetan.

2. Es ist nicht möglich, einer Korpuskel einen bestimmten Ort als Funktion der Zeit zuzuordnen, doch kann ihr eine Gesamtheit von Strahlungsgrößen, die die Fourierreihe der klassischen Theorie ersetzen, zugeordnet werden. Es ist ferner unter einer Reihe gleichartiger Korpuskeln prinzipiell nicht möglich, eine bestimmte Korpuskel immer wieder zu identifizieren.

3. Es besteht in unserer anschaulichen Interpretation des physikalischen Geschehens und der

mathematischen Formeln ein Dualismus zwischen Wellentheorie und Korpuskulartheorie derart, daß viele Phänomene am natürlichsten durch eine Wellentheorie sowohl des Lichtes wie der Materie beschrieben werden, insbesondere Interferenz- und Beugungsphänomene, während andere Phänomene wieder nur auf Grund der Korpuskulartheorie gedeutet werden können.

Diese Feststellungen sollten den jetzigen Stand unseres Wissens über das bei den Vorgängen in

sehr kleinen Räumen auftretende typisch diskontinuierliche Element in groben Umrissen wiedergeben. Die in dem bisherigen Schema enthaltenen Widersprüche der anschaulichen Deutungen verschiedener Phänomene sind ganz unbefriedigend. Zu einer widerspruchsfreien anschaulichen Interpretation der ja an sich widerspruchsfreien Experimente fehlt bis jetzt noch irgendein wesentlicher Zug in unserem Bilde vom Bau der Materie.

Über den Vagusstoff.

Von O. LOEWI, Graz.

(Aus dem pharmakologischen Institut der Universität.)

Im Jahrgang 1922 (Heft 3) dieser Wochenschrift wurde über den damaligen Stand meiner Untersuchungen „über die humorale Übertragbarkeit der Herznervenwirkungen“ berichtet. Über Wunsch der Schriftleitung seien im folgenden die Ergebnisse derjenigen seitdem durchgeführten Untersuchungen kurz mitgeteilt, die der Erforschung der Natur des „Vagusstoffs“ galten.

Wir fanden zunächst¹⁾, daß der Vagusstoff, wie wir der Kürze halber den noch nicht isolierten chemischen Träger der Vaguswirkung in den Herzextrakten und -diffusaten bezeichnen, durch Colloidmembranen dialysiert, alkaliempfindlich aber säureunempfindlich ist und bei saurer Reaktion des Mediums bei 40° ohne, bei 100° mit sehr geringem Wirkungsverlust zur Trockne gebracht werden kann. Der trockne Stoff ist auch nicht spurenweise in Äther, wohl aber völlig in absolutem Alkohol löslich. Was die Art des Stoffes anbetrifft, so konnten wir in Bestätigung unserer früheren Versuche²⁾ erneut feststellen, daß der Vagusstoff nicht Cholin ist; denn eine Cholinmenge von gleicher Wirkungsstärke wie der Stoff ist nach der Acetylierung viel stärker wirksam als der acetylierte Stoff. Seine Natur aufzudecken konnten wir mit Rücksicht auf die nach unseren Erfahrungen aus welchem Material immer zu gewinnende minimale Ausbeute nicht daran denken, ihn zu isolieren und rein darzustellen. Wir mußten also versuchen auf anderem Weg zum Ziel zu gelangen. Den Ausgangspunkt für diesen Weg bildete die Tatsache, daß die Wirkung ins Herz eingefüllten Vagusstoffs sehr rasch schwindet³⁾, und daß nach dem Wirkungsschwund die Herzfüllung völlig unwirksam ist, also keinen Vagusstoff mehr enthält. Am nächsten lag es als Ursache des Schwundes Zerstörung des Vagusstoffs durch das Herz anzunehmen.

Zu prüfen, ob das Herz Vagusstoff zerstört, gingen wir derart vor⁴⁾, daß wir ein wässriges

Herzextrakt darstellten, dies mit Vagusstoff beschickten und bei 18° bzw. 38° stehen ließen; die zu verschiedenen Zeiten vom Moment der Mischung an angestellte Prüfung ergab in der Tat eine mit der Zeit zunehmende Abnahme der Wirksamkeit; das Herz ist also fähig Vagusstoff zu zerstören. Wodurch bewirkt das Herz bzw. sein wässriger Extrakt diese Zerstörung? Es stellte sich heraus, daß alle Eingriffe, die Fermente unwirksam machen, als Erhitzen auf 56°, Bestrahlen mit Fluoreszenz- und Ultraviolettlicht auch die Fähigkeit des Herzextraktes Vagusstoff zu zerstören aufheben: die Zerstörung ist also durch ein Ferment bedingt.

Es kam nun alles darauf an, festzustellen, welcher Art die Wirkung dieses Fermentes ist, weil die Klarlegung derselben auch zur Klarlegung des Charakters des Vagusstoffs beitragen mußte.

Schon von Anfang an hatte ich an die Möglichkeit gedacht, daß der Vagusstoff ein Cholinester sei¹⁾. Diese Anschauung wurde später²⁾ gestützt durch die Beobachtung, daß Wirkungsbild und Wirkungsablauf einer bestimmten Vagusstoffmenge und einer damit gleich wirksamen Acetylcholinmenge identisch sind.

Wir fanden nun ferner³⁾, daß ebenso wie Vagusstoff auch Acetylcholin durch Stehenlassen mit Herzextrakt zerstört wird. Nach Reacetylierung fanden wir das gesamte im ursprünglichen Acetylcholin gebundene gewesene Cholin wieder; daraus geht mit Sicherheit hervor, daß das Acetylcholin und Vagusstoff zerstörende Ferment eine Esterase ist, wonach mindestens der Rückschluß gestattet ist, daß der Vagusstoff ein Ester ist.

In den nunmehr zu besprechenden Versuchen⁴⁾ haben wir noch eine weitere Analogie im Verhalten dieser beiden Stoffe aufgedeckt: bekanntlich wird der Erfolg der Vagusreizung durch vorgängige Verabfolgung von Physostigmin wesentlich verstärkt, vor allem verlängert. Nachdem die Vagusreizung durch den Vagusstoff bedingt ist,

¹⁾ VIII. Mitteilung: Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 208, 694. 1925.

²⁾ II. Mitteilung: Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 193, 201. 1921.

³⁾ VII. Mitteilung: Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 206, 135. 1924.

⁴⁾ X. Mitteilung: Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. im Druck.

¹⁾ II. Mitteilung: Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 193, 201. 1921.

²⁾ X. Mitteilung: Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. im Druck.

³⁾ XI. Mitteilung: Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. im Druck.

prüfen wir, ob durch Physostigmin auch die Vagusstoffwirkung gesteigert wird. Dem ist so; namentlich hält die sonst so rasch abklingende Wirkung sehr lange an. In ganz gleicher Weise wird durch Physostigmin auch die Wirkung des Acetylcholin beeinflusst. Nach den oben mitgeteilten Erfahrungen lag es nahe, zu prüfen, ob etwa das lange Anhalten der Wirkung von Vagusstoff und Acetylcholin nach vorgängiger Physostigminisierung auf Hemmung der Esterasewirkung durch das Physostigmin beruhe. Tatsächlich läßt sich zeigen, daß Zusatz von Physostigmin zu Herzextrakt dessen Spaltwirkung auf Vagusstoff und Acetylcholin

völlig aufhebt; es wirkt wie Erhitzen bzw. Fluoreszenz- und Ultraviolettlicht. Für unsere Fragestellung kommt hier weniger die durch diese Versuche gegebene Aufklärung des Wirkungsmodus des Physostigmin, der in Hemmung eines Fermentvorganges besteht, in Betracht als die Tatsache, daß mit dem Ergebnis dieser Versuche eine weitere Analogie im Verhalten von Acetylcholin und Vagusstoff gegeben ist. Damit ist zwar die Annahme, daß der Vagusstoff ein Cholinester, vielleicht gar Acetylcholin sei, noch immer nicht streng bewiesen, aber in hohem Maße wahrscheinlich gemacht.

Über Wärmeentwicklung in Kolonien von Wachsmottenraupen.

Von ALBRECHT HASE, Berlin-Dahlem.

(Aus der Biologischen Reichsanstalt.)

Es ist bekannt, daß in tierischen Kolonien unter Umständen wesentlich höhere Temperaturen zu beobachten sind als in der Umgebung. Es sei auf die Befunde hingewiesen, die in Bienenstöcken und Ameisennestern gemacht wurden. Hier möchte ich einige entsprechende Beobachtungen an Kolonien der Wachsmottenraupen (*Galleria mellonella* L.) darlegen.

In dem von mir geleiteten Laboratorium werden große Mengen von Wachsmotten gezüchtet. Die Tiere sind in mit Nesselstoff zugebundenen Gläsern von 25–30 cm Höhe und 15 cm Durchmesser, also etwa 4–5 l Fassungsvermögen, untergebracht. Gefüttert werden die Raupen mit alten Bienenwaben. Derartige Kolonien gedeihen außerordentlich gut, und im Verlaufe von 6–7 Wochen ist das Wachs fast restlos aufgefressen. Am Boden der Zuchtgefäße befindet sich dann eine mehrere Zentimeter hohe Schicht von Wachsmottenkot, der von Gespinstfäden der Raupen durchzogen ist. Außerdem finden sich Trümmer der Bienenwaben untermengt. In der Regel spinnen die Raupen eine 5–10 cm hohe, das Gefäß in der Breite völlig ausfüllende, watteartige, lockere Fadenschicht über das Ganze. Diese Schicht ist von zahllosen unregelmäßigen Gängen durchsetzt und läßt sich mit einem lockeren Woll- oder Watteknäuel am besten vergleichen. Die Fig. 1 stellt eine photographische Aufnahme dieser Schicht von oben gesehen dar. Daß diese Schicht aus wirren, meist etwas klebrigen Fäden für die Wärmeisolation eine hohe Bedeutung hat, bedarf keiner langen Darlegungen. In den Kotmassen sitzen die Raupen in großen Mengen, meist in radiärer Anordnung. Überläßt man die Tiere sich selbst, so tritt — bei der Übervölkerung nicht verwunderlich — ein Nahrungsmangel ein. Er führt dazu, daß die großen Raupen jetzt auch noch die letzten Wachreste auffressen, wobei die Fadenschicht, in der überall Wachsteilchen hängen, von den Raupen wieder zerstört wird. Die jüngeren und jüngsten Raupen gehen, füttert man nun nicht erneut, schließlich zugrunde. Die aus-

gewachsenen Raupen spinnen sich endlich innerhalb der eigenen Kotmassen in Kokons zur Verpuppung ein. Merkwürdigerweise sind diese

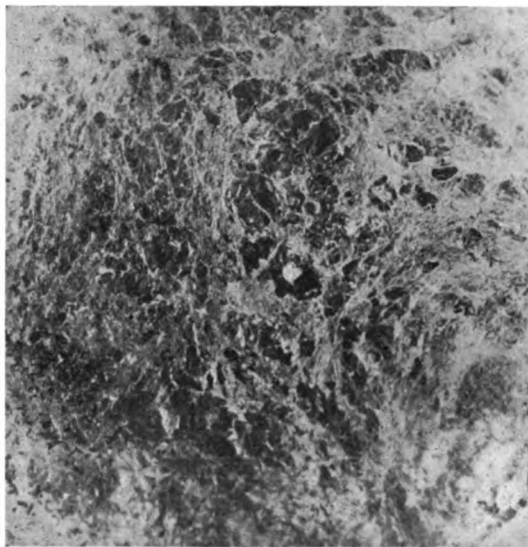


Fig. 1. Gespinstmassen über Wachsmottenkolonien. Das Gespinst ist vollkommen von Laufgängen durchzogen. Natürliche Größe.

Puppenkokons *kolonieweise* in der Mehrzahl der Fälle angelegt. Die einzelnen Kokons stehen parallel zueinander. Fig. 2 gibt eine photographische Aufnahme einer derartigen Kolonie wieder. Rechts oben sieht man im Bilde den Rand des Zuchtgefäßes. Die dunklen, körnigen Massen sind Raupenkot, in welchem die weißen Puppenhüllen fast senkrecht stehen. Die meisten Kokons sind offen, da die Falter in diesem Falle bereits schlüpfen. In der abgebildeten Kolonie sind rund 100 Tiere vereinigt gewesen. Soviel zur Kennzeichnung dieser Raupen- bzw. Puppenkolonien der Wachsmotte.

Das Auffallende ist nun, daß die *Raupenkolonien*, noch ehe die Raupen zur Verpuppung kommen, eine wesentlich höhere Temperatur zeigen oder zeigen können als die Umgebung. Sicher spielen beim Zustandekommen dieser Temperaturerhöhungen verschiedene Umstände mit. Ich vermute, einmal, daß gewisse Gärungen in dem Raupenkot eintreten, zumal ja allerlei Reste, wohl auch solche zuckerhaltiger Substanzen, ferner Schmutzteilchen, tote Bienenlarven u. a. m. mit vorhanden sind oder sein können. Es sind aber nicht die Gärungen allein, welche diese Temperaturerhöhungen bewirken; sondern durch die Anwesenheit der Raupen in großen Mengen — also durch eine



Fig. 2. Kolonie von Wachsmottenkokons. Natürliche Größe.

Übervölkerung — kommt die Wärmeentwicklung mit zustande. Genauere Untersuchungen müßten darüber Aufschluß geben, welche Anteile bei der Gesamtsumme von Wärme, die zu beobachten ist, den einzelnen Umständen zugeschrieben werden muß. Ich möchte nur auf die Tatsache als solche hinweisen; vielleicht werden diese Beobachtungen von anderer Seite aufgegriffen. Hier soll kurz über die Temperaturgrade berichtet werden, die ich in letzter Zeit beobachten konnte.

Der Einfachheit halber bezeichne ich die beiden Kolonien, welche hier als Beispiel gewählt wurden, als Kolonie I und II.

Kolonie I befand sich zunächst in einem Glasgefäß von rund 5 l Inhalt. Die Kotmengen nebst überliegender Gespinstschicht waren 10 cm in der

Mitte hoch, am Rande etwas niedriger; Durchmesser 15 mm.

Die Temperatur betrug

in der Mitte der Kolonie . . = 40,0°
am Rande der Kolonie . . = 35,0°
bei einer Zimmertemp. von . = 22,0°

Der Temperaturunterschied gegenüber der Umgebung betrug demnach 18° bzw. 13°. — Durch diese ungewöhnlich hohe Temperatur waren der Boden und zum Teil auch die Seitenwände des Glases richtig heiß geworden. Nach Festlegung der Temperatur zerstörte ich die deckende Gespinstschicht und breitete die von den Raupen durchsetzten Kotmassen in einer Schale von 24 cm Durchmesser aus. Es entstand so eine Schicht von etwa 6 cm Höhe bei etwa 20 cm Durchmesser. Bis zum nächsten Tage überließ ich das Ganze sich selbst und maß nun erneut die Temperatur in der Kolonie, die nun aber von keiner Gespinstschicht überdeckt war.

Die Temperatur betrug

= 30,0° durchgängig.
bei einer Zimmertemp. von = 21,9°.

Der Temperaturunterschied betrug mithin 8,1°. Es ist dabei in Betracht zu ziehen, daß die Kot- und Raupenschicht nicht so hoch war und mehr Oberfläche hatte, und daß die wärmeisolierende Gespinstschicht fehlte.

Um über das Zustandekommen dieser hohen Temperaturen einigen Aufschluß zu erhalten, las ich aus dieser Kolonie 190 Raupen von 18, 20, 22 mm Länge, also fast oder völlig spinnreife Raupen, natürlich ohne Kot- und Gespinstmassen heraus und brachte sie in eine offene Glastube von 4 cm Durchmesser und 12 cm Höhe. In dieser Tube nahm die Masse der 190 Raupen etwa 4,5 cm in der Höhe ein, bei einem Gewicht der Raupenmasse von 36,08 g. Nun prüfte ich die Temperatur, die sich innerhalb der Raupenmasse bis zur Konstanz entwickelte, wobei noch zu erwähnen ist, daß die Raupen langsam durcheinander krochen. Ich gebe nachfolgend 3 Messungsreihen in einer kleinen Tabelle wieder. Die jeweilige Zimmertemperatur ist angegeben und der Temperaturunterschied. Im Wachsmottenknäuel betrug nach jeweiligem Einfüllen der Raupen die Temperatur:

I.

nach 1 Min. = 28,0° bei Zi.-T. = 23,2° Untersch. = 4,8°
nach 2 Min. = 28,1° bei Zi.-T. = 23,2° Untersch. = 4,9°
nach 5 Min. = 28,1° bei Zi.-T. = 23,2° Untersch. = 4,9°

II.

nach 1 Min. = 26,9° bei Zi.-T. = 22,2° Untersch. = 4,7°
nach 2 Min. = 27,0° bei Zi.-T. = 22,2° Untersch. = 4,8°
nach 5 Min. = 27,0° bei Zi.-T. = 22,2° Untersch. = 4,8°

III.

nach 1 Min. = 26,6° bei Zi.-T. = 22,2° Untersch. = 4,4°
nach 2 Min. = 26,7° bei Zi.-T. = 22,2° Untersch. = 4,5°
nach 5 Min. = 26,8° bei Zi.-T. = 22,2° Untersch. = 4,6°

Der einfache Versuch zeigt, daß durch eine Anhäufung von einer größeren Zahl dieser Raupen auf engem Raum, auch wenn Fremdkörper (Kot) nicht zugegen sind, eine Temperatursteigerung in kurzer Zeit bewirkt wird. Wie aus der Aufstellung zu erschen ist, betrug der Temperaturunterschied gegenüber der Zimmertemperatur mit ziemlicher Gleichmäßigkeit fast 5° . Diese kleinen Beobachtungen — ich gebe gern zu, daß sie noch viel weiter ausgedehnt werden könnten — scheinen meine Vermutung zu bestätigen, daß die Temperaturerhöhung in den Wachsmottenkolonien nicht allein auf Zersetzungserscheinungen beruht. Sicher kommt den Raupen ein bestimmter Anteil zu. — Um festzustellen, wieviel Tiere überhaupt in der von mir untersuchten Kolonie waren, sind die Raupen nach 3 Größenklassen geordnet gezählt worden, nachdem ich die ganze Kolonie, d. h. Raupen + Kot + Gespinstmassen, gewogen hatte. Das Gesamtgewicht betrug 302 g! Die Zählung der Kolonie ergab, daß sie bestand aus:

	Länge (rund)	Gewicht (rund)	Stück
a) großen Raupen	20—22—24 mm	240 mg	794
b) mittleren Raupen	12—15 mm	40 mg	346
c) kleinen Raupen	6—9 mm	3 mg	254
zusammen 1394 Stück.			

Da trotz großer Sorgfalt bei der Zählung sicher einige von den kleinen Raupen übersehen wurden, so darf die Menge aller Tiere in dieser Kolonie mit rund 1400 angenommen werden. Diese 1400 Raupen wogen, unter Benutzung der eben mitgeteilten Zahlenwerte, insgesamt rund 205 g ($794 \cdot 240 + 346 \cdot 40 + 254 \cdot 3$). Da nun Kot + Gespinst + Raupen 302 g wogen, so geht daraus hervor, daß die Raupenkörper allein etwa $\frac{2}{3}$ des Gewichtes bewirkten. Die kleineren Raupen fallen dabei nicht stark ins Gewicht; der Hauptanteil fällt auf die erwachsenen Tiere. — Betrachtet man derartige Massensammlungen von Wachsmottenraupen von unten durch das Glas hindurch, so sieht man sie dicht gedrängt, meist radial geordnet, in den Wohnröhren sitzen.

Kolonie II. Die mitgeteilten Beobachtungen als solche würden nun nicht viel Wert haben, wenn sie nicht wiederholt gemacht worden wären. Ich füge deshalb noch einige Angaben bei, die sich in gleicher Richtung bewegen, und die ich an einer anderen Kolonie machen konnte. Auch diese Kolonie befand sich in einem zugebundenen Glasgefäß. Die Höhe der Kolonie im Glas betrug etwa 9—10 cm bei 15 cm Durchmesser. Eine Gespinstschicht von 2, 3, 5 cm (also wechselnder) Höhe deckte die Kotmassen.

Am 1. Beobachtungstage betrug die Temperatur in der Mitte der Kolonie . = $41,2^{\circ}$
auf der Oberfläche . . . = $30,6^{\circ}$
bei einer Zimmertemp. von = $20,3^{\circ}$

Mühen betrug der Temperaturunterschied = 20,9 bzw. $10,3^{\circ}$.

Am 2. Beobachtungstage betrug die Temperatur in der Mitte der Kolonie . = $41,1^{\circ}$
bei einer Zimmertemp. von = $18,4^{\circ}$

Mühen betrug der Temperaturunterschied = $22,7^{\circ}$.

Am 3. Beobachtungstage betrug die Temperatur in der Mitte der Kolonie . = $34,0^{\circ}$
an der Oberfläche . . . = $28,5^{\circ}$
bei einer Zimmertemp. von = $17,0^{\circ}$

Mühen betrug der Temperaturunterschied = $17,0^{\circ}$ bzw. $11,5^{\circ}$.

Der Abfall der Temperatur in der Kolonie von $41,2^{\circ}$ auf $34,0^{\circ}$ ist auffallend. Eine Erklärung dafür suche ich in zwei Tatsachen. Erstens: es hatten 97 große, verpuppungsreife Raupen die Kolonie am 3. Tage verlassen und sich am oberen Rand des Glases bzw. an dem abschließenden Nesselstoff lose eingesponnen. Zweitens: es war durch das Einführen der Thermometer zur Messung in der Mitte und durch Aufsetzen von Thermometern auf die Oberfläche (hierzu benutzte ich sog. Hautthermometer, deren Quecksilberfüllung in Spiralen gelegt ist) die isolierende Gespinstschicht zum größten Teil zerstört worden. — Diese Beobachtungen haben mich in meiner oben vorgetragenen Meinung: verschiedene Ursachen bewirkten die Erhöhung der Temperatur, bestärkt.

Schließlich sei noch erwähnt, daß die Wachsmottenraupen sich bei diesen ungewöhnlich hohen Temperaturen allem Anschein nach sehr wohl befinden. Sonst hätten die Tiere doch sicher die Kotmassen verlassen und sich anderswo am Glas angesiedelt. Die sehr bewegliche Raupe verläßt sonst auch Orte, die ihren Lebensbedingungen nicht zusagen. Wie aus der beigelegten Fig. 2 ersichtlich ist, verpuppen sich die Raupen in großer Zahl innerhalb der Kotmasse. Aus den Puppen entwickeln sich die Falter auch ganz normal, woraus hervorgeht, daß die Höhe der Temperatur eine Schädigung der Tiere allem Anschein nach nicht bewirkt.

Die gleiche Wärmeentwicklung, wie ich sie hier bei Wachsmottenkolonien beschrieb, ist von mir auch an Mehlmottenkolonien beobachtet worden. — Ich hoffe, diese kurzen Mitteilungen geben den Anlaß, die Wärmeentwicklung in tierischen Kolonien noch näher zu untersuchen. Sicher liegt in der Wachs- und Mehlmotte ein leicht zugängliches und dankbares Objekt hierfür vor.

Das Problem der Caldera-Entstehung.

Von H. KANTER, Hamburg.

(Zusammenfassendes Referat.)

Fast in allen vulkanischen Gebieten unserer Erde trifft man auf jene gewaltigen Krateröffnungen, die man mit dem spanischen Namen Caldera = Kessel bezeichnet. Ihren Namen haben jene morphologischen Gebilde von der Caldera der Insel Palma erhalten. Es bezeichnen die Bewohner Palmas mit ihm die Krateröffnung, die der Hauptberg ihrer Insel trägt. Hier auf Palma wurde die Caldera auch zuerst wissenschaftlich studiert und beschrieben, und deshalb sind ganz besonders mit der Caldera der Insel Palma die Theorien

sehen, erhebt sich ringsum ein niedriges, nur wenige hundert Meter hohes Gebirge, das von zahllosen Regenfurchen zerschnitten ist. Diese vereinigen sich und entwässern durch den sog. Barranco de las Augustias, einer Spalte, die den Ringwall des Kessels durchbricht. Mit dem Namen Barranco (im Spanischen = Schlucht mit senkrechten Wänden) bezeichnet man auch die zahlreichen Schluchten, die sternstrahlenförmig von der Höhe des Berges nach seinem Fuße hinabziehen.

An diese Caldera von Palma hauptsächlich wollen wir uns im folgenden halten, nur dort, wo es notwendig erscheint, sei auch auf andere Calderen eingegangen, denn bis auf die Anschauungen STÜBELS sind, wie schon erwähnt, alle Theorien, die sich mit der Entstehung einer Caldera befassen, auf Beobachtungen, die man auf der Insel Palma machte, zurückgeführt worden.

Der erste Geologe, der die Caldera besuchte, war LEOPOLD VON BUCH. Er drang durch den Barranco de las Augustias in den Kessel ein, durch den ein leichter Zugang gegeben ist. v. BUCH bemerkte, daß die Wände des Barranco wie der Caldera Schichten bildeten, die sölhlig übereinander lagen. In der Tiefe waren sie aufgebaut besonders aus Diabasen, darüber lagen Schichten von Tuffen und Basalten. Er sah, wie die Schichten langsam und gleichmäßig vom Meere anstiegen und eine mäßige Wölbung bildeten, so daß die Caldera gleichsam die Achse des Berges darstellte. Barrancos, also tiefe Schluchten, liefen sternstrahlenförmig von der Höhe aus, und nirgends war eine Spur von lebendem Vulkanismus zu bemerken.

Damals herrschte allgemein die Auffassung, daß alle Basalt- und Schlackenschichten ursprünglich horizontal abgelagert sein mußten, da Lavaströme z. B. auf einem über 6° geneigten Hang keine zusammenhängenden Schichten bilden können. So schloß denn v. BUCH aus allen seinen Beobachtungen, daß die Schichten durch eine Kraft von unten her gehoben sein müßten. In der Mitte sei die gehobene Masse zerrissen, hätte hier die lebende Kraft Gase entweichen lassen, und es seien, da die Masse infolge der Hebung einen größeren Raum bedecken mußte, durch Einreißen jene sternstrahlend auslaufenden Barrancos gebildet worden. Ursprünglich wären diese oben breiter gewesen als unten, erst erosive Kräfte kehrten dieses Verhältnis um. Die Öffnung, durch die die Gase entwichen, hätten sofort wieder zurücksinkende Teile der Masse verschüttet. Es sollte also, und das ist bei dieser Theorie der Erhebungs- oder Erhebungskrater wichtig, kein Vulkan, nur die Caldera, der Erhebungs- oder Erhebungskrater, entstehen.

Immer wieder unterstreicht v. BUCH den Unterschied zwischen Erhebungs- oder Erhebungskrater und Ausbruchskrater, durch den ein Vulkan mit der Atmosphäre in Verbindung steht. Innerhalb eines Erhebungs- oder Erhebungskraters soll sich, falls die Wirksamkeit der unterirdischen Kräfte noch nicht erloschen ist, nachträglich noch ein Vulkan bilden können, und es ist nach jenem großen Forscher sogar die Regel, daß die vulkanische Kraft sich gerade hier einen Ausweg sucht, weil hier schon ein Weg gebahnt ist. Es entstanden in diesem Falle die Zentralvulkane. Ein solcher Erhebungs- oder Erhebungskrater mit Ausbruchskrater = Zentralvulkan wäre der benachbarte Pic von Tenerife.

Diese Auffassung der Entstehung der Caldera durch Erhebung, wie sie L. v. BUCH annahm, und der auch

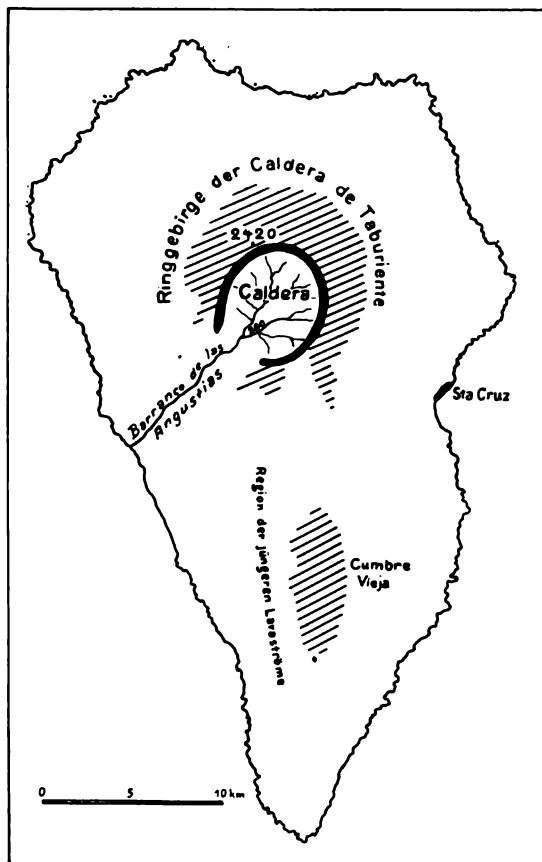


Fig. 1. Umrisskarte der Insel Palma (aus W. v. KNEBEL, Studien zur Oberflächengestaltung der Inseln Palma und Ferro. Globus 1906 II.).

verknüpft, die sich mit der Entstehung jener großartigen Gebilde befassen.

Sehen wir uns zunächst einmal kurz die Insel Palma mit ihrer Caldera an! Will man z. B. von St. Cruz direkt auf den Vulkan von Palma hinaufsteigen, so führt der Weg zunächst in steter Steigung auf einer der vielen Rippen aufwärts, die der zerfurchte Berg zeigt. Hat man eine Höhe von etwas mehr als 2000 m erreicht, so steht man urplötzlich vor einem Abgrund. Mehrere 100 m stürzt vor den Füßen des Beschauers der Berg zu einem Kessel ab, der bei $7\frac{1}{2}$ km Länge 5 km Breite besitzt. Vom Innern dieses Kessels ge-

A. v. HUMBOLDT auf Grund seiner Beobachtungen in Amerika zustimmte, erwies sich aber bei weiteren Untersuchungen als unhaltbar.

In den fünfziger Jahren des vorigen Jahrhunderts besuchte LYELL die Insel und untersuchte die Caldera sehr eingehend. Wenige Jahre später folgten ausführliche Beschreibungen von W. REISS, HARTUNG und FRITSCH, und diese sowohl wie LYELL zeigten, daß die Bildung der Caldera und aller mit ihr verknüpften Nebenerscheinungen sich einfach aus Aufschüttung mit nachfolgender Abtragung erklären ließen. Ausführlicher als L. v. BUCH es getan hatte, wurde der Unterschied zwischen dem Grundgebirge, den Diabasen, gegenüber den jüngeren Formationen betont. Man nahm an, daß vor Beginn der Eruptionen die Massengesteine aus der Familie der Grünsteine, die den tiefsten Kern des Calderagebirges bildeten, schon vorhanden waren. Sie bildeten wahrscheinlich einen Bergrücken von ca. 1200 m Höhe, auf dem dann die jüngeren Eruptionen stattfanden. Ein Lava- und Aschenkegel wurde aufgeschüttet, der etwa die Höhe des Pics von Tenerife (3710 m) erreichte. Gleichzeitig setzte die Erosion ein. Ein Barranco durchschnitt bald den Kraterrand, und so wurde dann allmählich der Berg, lediglich durch erosive Kräfte, abgetragen

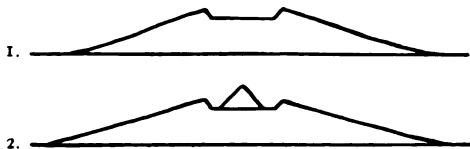


Fig. 2.

1. Calderavulkan
= Erhebungskrater nach VON BUCH
= monogener Vulkan nach STÜBEL.
2. Doppelberg
= Zentralvulkan nach VON BUCH
= polygener Vulkan nach STÜBEL.

und die Caldera ausgeräumt. Den Gedanken, daß die Caldera durch Explosion oder auch Einbruch geschaffen sein könnte, wies HARTUNG besonders wegen der alten Diabasformationen auf dem Boden der Caldera weit zurück.

Aber gerade diese, noch von HARTUNG so bekämpfte Anschauung der Entstehung der Caldera durch Explosion, suchte sich doch immer wieder durchzusetzen, und so waren es denn besonders NEUMAYR und LÖWL, die auch die Caldera von Palma als eine Explosionscaldera auffaßten. Wie wir es noch vor kurzer Zeit beim Krakatau (a. 1883) und Bandai San (a. 1888) in Japan erlebten, daß durch eine plötzliche Eruption ein großer Teil eines alten Vulkanberges in die Luft gesprengt und ein gewaltiger kesselartiger Hohlraum geschaffen wurde, so sollte es auch mit der Caldera von Palma geschehen sein. Eine Eruption blieb — so meint NEUMAYR — den ganzen oberen Teil des Berges in die Luft, und eine Spalte, der heutige Barranco de las Augustias, zerriß den Berg von oben bis unten. Mit dieser Explosion sollen dann die Eruptionen in der Caldera aufgehört und Erosion die Caldera weiter ausgestaltet haben.

Doch auch die Theorie der Entstehung der Caldera durch Einbruch ist mit dem Vulkan Palmas in Verbindung gebracht worden, und zwar ist es SAPPER gewesen, der glaubte, die Einsturztheorie nicht ganz von der Hand weisen zu dürfen. Er drückt sich allerdings sehr vorsichtig aus und ist auch der Ansicht, daß

größtenteils die Caldera der Erosion ihr Dasein verdankt, aber doch fragt er sich immer wieder, ob die Erosion allein diese gewaltigen Ausmaße, den Kessel und die Schlucht, habe schaffen können. Er nimmt deshalb an, daß längs Verwerfungslinien ein keilförmiges Stück der Insel niedergesunken sei.

Ähnliche Bedenken wie SAPPER sind VON KNEBEL gegen die lediglich erosive Entstehung der Caldera gekommen. Als Explosionsgebilde muß er sie wegen des Diabasgebirges auf ihrem Grunde ebenfalls ablehnen, und so nähert er sich mit seiner Ansicht L. v. BUCH und glaubt, ähnlich wie jener an ein Auftreiben der höheren Schichten durch Gase, an ein Auftreiben des Grundgebirges. Dieses durch vulkanische Kräfte emporgetriebene Grundgebirge habe die darüberliegenden Schichten zersprengt und erschüttert und dadurch der Erosion ihre Arbeit erleichtert.

Der letzte Geologe, der äußerst eingehend die Caldera von Palma untersuchte und beschrieb und sich speziell mit der Frage der Entstehung der Caldera von Palma befaßte, war GAGEL. Er hält an der Entstehung der Caldera durch Erosion fest und versteht es andererseits auch, die Bedenken, die gegen die Abtragung eines so gewaltigen Vulkanberges seit dem Jungtertiär bestehen, zu zerstreuen. Seiner Ansicht nach bildete sich im Paläozoicum ein Gebirgsdom, der in der Folgezeit stark zerfurcht wurde. Auf ihm wurde im Tertiär das jungvulkanische Gebirge langsam aufgeschüttet, und zwar — das ist das maßgebende — von mehreren kleinen Eruptionspunkten aus. Gleichzeitig arbeitete die Erosion und hielt den Hohlraum der heutigen Caldera frei. Die heutigen Bachläufe und Barrancos seien nur Vertiefungen von Rinnen und Tälern, die schon vor Ablagerung der jungen Lavaformation in die Oberfläche des Grundgebirges eingeschnitten waren.

Ist auf die Möglichkeit der Entstehung der Caldera durch Einsturz allerdings in Verbindung mit Erosion schon von SAPPER hingewiesen worden, so soll noch eine andere Einsturztheorie, die allerdings nicht durch Beobachtungen an der Insel Palma, sondern an südamerikanischen Vulkanen entstanden ist, nicht unerwähnt bleiben. Es ist dies die STÜBELsche Theorie der Calderaentstehung durch Einsturz.

STÜBEL teilt die Vulkane in monogene und polygene ein, d. h. 1. in Vulkane, die einem einmaligen Ausbruch — der sich jedoch über Jahrhunderte erstrecken kann — ihr Dasein verdanken, und 2. in Vulkane, bei denen, getrennt durch lange Perioden der Ruhe, mehrfache Ausbrüche stattfanden. Der monogene Vulkan ist also aus dem Material einer einheitlichen Ausbruchsperiode aufgebaut.

War nun — so meint STÜBEL — bei dem Aufbau eines monogenen Vulkans schon ein beträchtlicher Teil der glutflüssigen Masse ausgestoßen, und flaute plötzlich die treibende Kraft ab, hörte also der Magmanachschub rasch auf, so mußte das Innere des aufgeworfenen Berges, das noch nicht erkaltet war, in den leergewordenen trichterförmigen Schlund hinabstürzen. Es riß auch schon festgewordene Teile mit sich, und so entstand die Caldera als ein Einsturzkater.

Es ist demnach die Caldera der Abschluß der monogenen Entstehung, und der Calderaberg, nicht der Kegeberg, ist die Form, die nach STÜBEL als die typische der eruptiven Tätigkeit angesehen werden muß. Charakteristisch für den monogenen Aufbau ist die Plötzlichkeit, mit der sich Anfang und Ende kundgibt. Es kann auch vorkommen, daß ein Berg zwei Calderen aufweist, wie es z. B. auf Réunion der Fall ist.

Es hat dann der Rückzug der Eruptivmassen nach der Tiefe an mehreren Stellen stattgefunden. Unter Umständen kann auch die Caldera durch Erkaltingvorgänge, die sich innerhalb der Bergmasse selbst vollziehen, ausgesprengt sein.

Erwacht nun die vulkanische Tätigkeit bei einem monogenen Vulkan wieder, so wird er polygen. Meist fügt diese Tätigkeit nur sehr wenig Material dem alten zu. Es entstehen durch diese Tätigkeit die Doppelberge, wie z. B. der Vulkan von Tenerife oder die Somma mit dem Vesuv. Auf Palma läßt sich diese STÜBELSche Einsturztheorie indes wegen des alten Grundgebirges im Kessel nicht anwenden.

So haben wir denn der Reihe nach die Caldera kennen gelernt als Erhebungskrater, als Erosionscaldera, Explosionscaldera und Einsturzcaldera. Die Form der Caldera, des *vulkanischen Kessels*, wie wir sie heute im Gegensatz zu L. v. BUCH auffassen müssen, kehrt in allen Gegenden der Erde wieder. Wie aber sie entstanden sein mag, ob überall nur auf eine Art, oder ob sie das Endprodukt einer Reihe von Vorgängen ist, steht noch nicht fest.

Wir wissen auch noch zu wenig darüber, wie die Abkühlungsvorgänge in einem Vulkanherd vor sich gehen. Man hat z. B. beobachtet, daß Magmen, die sich abkühlen, an Explosionsfähigkeit gewinnen; selbst schon erstarrte Magmen werden, wie BRUN durch Experimente feststellte, vielleicht wieder explosiv, wenn sie bis zu einem gewissen Temperaturgrad erhitzt werden.

Als gelöst kann man das Problem erst betrachten,

wenn man eine befriedigende Antwort über die Ursachen, die zur Entstehung der Caldera geführt haben, und den Zeitpunkt, in dem der Vorgang eingetreten ist, geben kann.

Literatur:

- L. v. BUCH, Gesammelte Schriften. 3 Bände. 1877.
 LYELL, A manual of elementary geology. London 1865.
 W. REISS, Die Diabase und Lavaformation der Insel Palma. 1861.
 FRITSCH, Reisebilder von den Canarischen Inseln. P. M. ERG. V, Heft 22.
 HARTUNG, Betrachtungen über Erhebungskrater. 1862.
 NEUMAYR, Erdgeschichte. 1. Auflage 1886.
 LÖWL, Lehrbuch der Geologie. Leipzig 1906.
 FUCHS, Vulkanische Erscheinungen 1865.
 v. KNEBEL, Studien zur Oberflächengestaltung der Insel Palma. Globus 1906.
 Wolf, Vulkanismus. 1. Bd. 1914.
 HAAS, Der Vulkan. 1903.
 SAPPER, Beiträge zur Kenntnis von Palma. Pet. Mitt. 1906.
 GAGEL, Die Caldera von der Insel Palma. Ges. f. Erdk. Berlin 1908.
 JÄGER, Krater, Caldera, Barranco. Ges. f. Erdk. Berlin 1908.
 SPETHMANN, Der Begriff Caldera. Globus 1909 I.
 STÜBEL, Über die gentische Verschiedenheit vulkanischer Berge. Leipzig 1903.
 BRUN, Recherches sur l'Exhalaison Volcanique. Genf 1911.

Besprechungen.

NERNST, WALTHER, *Theoretische Chemie* vom Standpunkt der Avogadroschen Regel und der Thermodynamik. Elfte bis fünfzehnte Auflage. Stuttgart: Ferdinand Enke 1926. XVI, 927 S. und 61 Abbild. 16 × 25 cm. Preis RM 50.—.

NERNSTS Lehrbuch, das nunmehr durch fast ein Menschenalter zahlreichen Generationen von Jüngern unserer Wissenschaft ein Führer gewesen ist, erscheint, nachdem es ein paar Jahre vergriffen war, in neuer Auflage. Hieß die letzte „achte bis zehnte“, so umfaßt diese gar die fünffache Zahl der gewöhnlichen. Aber es ist zweifellos, daß auch sie trotz des Umfangs des Werkes in normaler Zeit in die Hände der Leser übergegangen sein wird. Das Buch gehört zum notwendigen Rüstzeug jeder physikalisch-chemischen Arbeit.

Über seine Anlage braucht hier nicht gesprochen zu werden, jeder Interessent kennt es. So mag nur gesagt sein, daß sich die neue Auflage wieder völlig der älteren anschließt. Der Verfasser hat sich wieder bemüht, sie den neuesten Forschungsergebnissen anzupassen. So haben viele Kapitel erhebliche Veränderungen erfahren, z. B. „Photochemie“, wo die Anwendung der Quantentheorie ganz wesentlich weiter geführt wird als in früheren Auflagen, oder „Salzlösungen“, wo die Arbeiten von MILNER, GOSH, DEBYE und HÜCKEL mit starker Kritik wiedergegeben sind, „Thermochemie V“, wo über die neuere Entwicklung des NERNSTschen Wärmesatzes allerlei gebracht wird, und manche andere. Natürlich ist andererseits einzelnes Veraltete gestrichen — der Referent würde darin hier und da ein radikaleres Verfahren gewünscht haben, z. B. sollte der Abschnitt „photochemische Induktion“ als Bericht über eine inzwischen als Folge von Störungen erkannte Erscheinung besser ganz verschwinden, er ist nur noch aus

der Pietät gegen BUNSEN und ROSCOE heraus berechtigt — und schließlich sind manche Abschnitte, deren Themata heute kaum bearbeitet werden, ganz unverändert geblieben.

So ist das Buch natürlich nicht mehr so aus einem Guß, wie es war zu der Zeit, als es, im halben Umfang des heutigen, in erster Auflage erschien. Manche Kapitel bringen in klassisch abgeklärter Form das, was jeder Anfänger in ihnen lernen muß, manche viel mehr als das, und dann vielfach in einer Form, die den Verfasser als mitten im Kampf der Geister stehenden Forscher erkennen läßt, und die so über das Lehr- und Lernbuch hinaus dem älteren Wissenschaftler reiche Anregungen bietet. Daher ist das Ganze nicht gerade das, was der Student braucht, wenn er an Hand des Lehrbuchs sich zum Examen vorbereitet; dafür ist ja inzwischen auch der Umfang des Buches etwas gar zu groß geworden. Aber wer irgend mit den nötigen Kenntnissen der Nachbarwissenschaften ausgerüstet mit Ernst und mit Interesse in unsere Wissenschaft oder in eines ihrer Teilgebiete sich vertiefen will, der wird NERNSTS Buch in dieser Auflage wie in den früheren mit Freude und mit reichstem Nutzen und vielfacher Anregung benutzen, und so wird es gerade im Kreise der Leser der Naturwissenschaften auch im neuen Gewande wieder viele Freunde finden.

MAX BODENSTEIN, Berlin.

Gmelins *Handbuch der anorganischen Chemie*. Achte Auflage. Herausgegeben von der Deutschen Chemischen Gesellschaft, bearbeitet von R. J. MEYER. System-Nummer 1. *Edelgase*. Leipzig: Verlag Chemie 1926. XXXII, 251 S. 17 × 25 cm. Preis RM 39.—.

Der Band „Edelgase“, mit dem die 8. Auflage des GMELIN nach den früher erschienenen Bänden „Zink“

und „Cadmium“¹⁾ eine sehr erfreuliche Fortsetzung findet, darf in mindestens ebenso hohem Maße das Interesse der Physiker wie der Chemiker in Anspruch nehmen. Bei den Edelgasen, die keine chemischen Eigenschaften im engeren Sinne besitzen, war ja der Herausgeber noch stärker als bei der Bearbeitung anderer Elemente auf die Berücksichtigung der physikalischen Literatur angewiesen, und jeder wird ihm Dank wissen, daß er seinen Mitarbeitern hier die Grenzen nicht zu eng gesteckt hat. Denn dieser Band wendet sich ja ohnedies in erster Linie an die Theoretiker und nicht an die Praktiker. Der Abschnitt „Verwendung“ umfaßt trotz der bemerkenswerten Vollständigkeit, die der Fleiß der Bearbeiter erzielt hat, nur 4 Seiten von 251.

Eine Schwierigkeit, die man von vornherein bei der Behandlung der Edelgase in einem Handbuch der Chemie befürchten könnte, nämlich die, Bearbeiter von genügender physikalischer Vorbildung zu finden, ist von Herrn R. J. MEYER durch die Auswahl seiner Mitarbeiter in glücklicher Weise vermieden worden. Das gute wissenschaftliche Verständnis für die Probleme zeigt sich gelegentlich sogar darin, daß eine Erscheinung im Handbuch richtiger beschrieben wird, als sie in der Originalabhandlung angegeben steht; die falsche Angabe von LO SURDO z. B., daß beim Diffundieren eines Helium-Neon-Gemisches durch erhitztes Glas das diffundierende Gasgemisch an Helium verarme, wurde hier (Seite 112) stillschweigend in das richtige Gegenteil verkehrt, was sicher für das physikalische Verständnis, wenn auch vielleicht weniger für die italienischen Sprachkenntnisse des Bearbeiters spricht.

Es ist selbstverständlich, daß jeder Benutzer des Buches gerade in den Kapiteln, die ihm besonders nahe liegen, einzelne kleine Mängel bemerken wird. Wer sich für die Frage der Durchlässigkeit von Glas für Helium interessiert, wird neben der Arbeit von CARDOSO (nicht Cadorso) eine inhaltlich verwandte von PIUTTI und BOGGIO-LERA vermissen. In demselben Abschnitt (Seite 50) wäre vor dem Zitat von ALLISON und HARKINS die Arbeit von WENDT und IRION zu nennen, da sich ALLISON und HARKINS gerade die Widerlegung dieser Arbeit zum Ziel gesetzt hatten.

Die Zahl der Druckfehler ist erfreulich gering. Erwähnt sei, daß der Name BERWITZ (Seite 245) richtig BERGWITZ heißen muß, daß die Konzentrationsmethode (Seite 200) in Wirklichkeit eine Kompensationsmethode war, und daß auf Seite 24/25 in der Literaturzusammenstellung einige Seitenzahlen verdruckt sind (in den Zitaten Nr. 5, 15, 17 und 41).

Der Band „Edelgase“ des GMELINSchen Handbuches ist so gut gelungen, daß wir nur der Hoffnung Ausdruck geben können, in den nächsten Bänden, die sich mit chemisch reaktionsfähigen Elementen beschäftigen, möge den Interessen der Chemiker ebensogut gedient werden wie in diesem Bande den Interessen der Physiker und Physikochemiker.

F. PANETH, Berlin.

Handbuch der Arbeitsmethoden in der anorganischen Chemie. Gegründet von A. STAEHLER, fortgeführt von E. TIEDE und F. RICHTER. Berlin: Walter de Gruyter 1925. 2. Band, 2. Hälfte. X, S. 655–1648 und 624 Abbild. Preis RM 54.—. 4. Band, 2. Hälfte. X, S. 315–572 und 62 Abbild. Preis RM 14.50.

Bei größeren Sammelwerken kommt es leider nicht selten vor, daß sie nach vielversprechendem — namentlich baldige Komplettierung versprechendem — Beginn in immer seltener werdenden Heften sich noch einige

Zeit hinschleppen, um endlich, lange vor dem Abschluß, ganz zu versiegen und als unvollständige, registerlose und darum kaum verwendbare Bruchstücke die Bibliotheken zu belasten. Ein solches Schicksal schien auch dem Handbuch der Arbeitsmethoden der anorganischen Chemie beschieden zu sein, das im Jahre 1913 zu erscheinen begonnen hatte, seit dem Jahre 1919 aber nichts mehr von sich hören ließ. Um so erfreulicher ist es, daß es dem Verleger gelungen ist, zwei neue Herausgeber, die Herren TIEDE und RICHTER, zu gewinnen, und daß wir heute über die Vollendung des gesamten Werkes unter der Leitung dieser neuen Herausgeber berichten können. Dabei sei vor allem betont, daß es sich hier nicht etwa um eine notdürftige Fertigstellung des äußeren Rahmens handelt. Ganz im Gegenteil, man hat den Eindruck, daß gerade jetzt, wo es — zum mindesten für die erste Auflage — in mancher Hinsicht schon etwas zu spät ist, eine sachverständige und zielbewußte Leitung eingesetzt hat.

Durch zwei Lieferungen, welche fast gleichzeitig erschienen sind, haben die Herausgeber das Werk zum Abschluß gebracht. Es erschien die zweite Hälfte des 2. Bandes und die zweite Hälfte des 4. Bandes, zusammen mit einem vortrefflichen General-Sachregister für alle 4 Bände. Es ist unmöglich, auf alle Beiträge im einzelnen einzugehen, doch soll wenigstens auf einige hingewiesen werden, um einen Begriff von der Reichhaltigkeit der beiden neu erschienenen Halbbände zu geben.

An erster Stelle — und zwar nicht nur in der Reihenfolge des Abdruckes — kommt die umfangreiche Abhandlung des Altmeisters der Mikrochemie FRITZ EMICH über „Umsetzungen sehr kleiner Stoffmengen“. Noch nirgends sind die Arbeitsmethoden der Mikrochemie in so vollständiger und übersichtlicher Weise zusammengestellt worden; bei der großen Bedeutung, die mikrochemische Verfahren in den letzten Jahren bei sehr verschiedenen grundlegenden Untersuchungen gespielt haben und voraussichtlich in immer steigendem Maße spielen werden, erscheint ihre sorgfältige Berücksichtigung in diesem Handbuch sehr zeitgemäß. Andere moderne Hilfsmittel der analytischen Chemie werden behandelt in den Artikeln über Membranfilter (JANDER) und elektrometrische Maßanalyse (ZINTL). Stärker in das Gebiet der Physik greifen die Abschnitte über die Methoden der Kristallbestimmung (GOSSNER) und Röntgenspektroskopie (SCHLEEDE) ein. Daß die heutigen Herausgeber auch für neue Beiträge über Hochvakuumtechnik (SCHLEEDE) und Arbeiten unter hohem Druck (HAEHNEL) gesorgt haben, obwohl diese Themen in den früheren Bänden schon besprochen waren, wird jeder Leser dankbar anerkennen. Arbeitsmethoden der Photochemie (von JUNG vom Standpunkt der heutigen Theorie aus betrachtet), Radioelemente als Indikatoren (PANETH und BOTHE), Umsetzungen mittels stiller elektrischer Entladungen (TIEDE) und Umsetzungen im Lichtbogen (RICHTER) bilden den Inhalt einiger weiterer Kapitel dieses Bandes.

Der Schluß des 4. Bandes hat an Stelle des ursprünglich vorgesehenen Titels „Körperklassen“ jetzt den „Ausgewählte Kapitel der präparativen Chemie“ erhalten. Hier sind ohne bestimmteren Plan wichtige Verfahren, die in dem Handbuch sonst zu kurz gekommen wären, zusammengestellt. So Thermitreaktionen (PRANDTL), Darstellung und Untersuchungen phosphoreszierender Stoffe (TOMASCHKE), Mineralsynthese und Kristallzüchtung (beide von EITEL). Den Schluß macht eine Bibliographie „einiger anorganischen Stoffe, die im Zustande der größten Reinheit dargestellt worden sind“ (ILBERG).

¹⁾ Vgl. die Besprechung in den „Naturwissenschaften“ 13, 341. 1925.

Hoffentlich werden die beiden Herausgeber ihre Arbeitskraft bei einer wohl bald zu erwartenden zweiten Auflage der früher erschienenen Bände dem Handbuch wieder zur Verfügung stellen und dadurch, um ihre eigenen Worte zu gebrauchen, auch in Zukunft noch beitragen zur „Belebung und Vertiefung der deutschen Experimentalforschung“.

F. PANETH, Berlin.

REINGLASS, Chemische Technologie der Legierungen.

Zweite Auflage. Leipzig: Otto Spamer 1926. 538 S. und 212 Figuren im Text und auf 24 Tafeln. Preis geh. RM 36.—, geb. RM 40.—.

Das bekannte Werk von REINGLASS zeigt in seiner neuen Auflage dieselbe Erscheinung, die auf dem Gebiete der Metalllegierungen in den letzten Jahrzehnten charakteristisch ist, nämlich die verstärkte Geltung und Berücksichtigung der systematischen Metallkunde. Die Zahl der Zustandsdiagramme und der besprochenen theoretischen Arbeiten hat stark zugenommen, die neue Literatur, besonders die deutsche, ist sorgfältig berücksichtigt worden.

Der Charakter des Buches ist im wesentlichen unverändert geblieben. Es soll, wie im Vorwort zur ersten Auflage ausgeführt wurde, ein Bindeglied zwischen der theoretischen Metallkunde und der Praxis schaffen. Durch Mitteilung der Grundlagen der theoretischen Metallkunde und durch die eingehende Besprechung der technischen Eigenschaften der Legierungen wird es dieser Aufgabe gerecht. Die Art der Darstellung ist jedoch nicht geeignet, dem Praktiker ein vertieftes Verständnis der Theorie zu vermitteln. Die theoretischen Darlegungen sind wenig systematisch, es kommen öfter prinzipielle Fehler auf, die Definitionen sind unscharf. Ungleich wertvoller ist der praktische Teil. Die Mitteilungen über das technische Verhalten der Legierungen sind außerordentlich reichhaltig. Hierbei wird nicht nur die technische, sondern recht eingehend auch die Patentliteratur besprochen. Die Darstellung zeichnet sich öfter durch einen gewissen Mangel an Kritik aus, so daß besonders auf dem Gebiet des Patentwesens auch Verfahren besprochen werden, die gar keine technische Bedeutung haben. Ist das vom technischen Standpunkt aus ein Mangel, so ist es manchmal ein Vorteil vom patentrechtlichen aus. Die Besprechung der Patentliteratur kommt öfter einer erweiterten Auslegung der Patente gleich, und das Buch ist deshalb eine Fundgrube für Einspruch- und Zurückweisungsgründungen.

Die Neubearbeitung des Buches läßt einen gewissen Mangel an Sorgfalt und Konsequenz erkennen. Um einen Fall herauszugreifen, ist es unzweckmäßig, bei der Besprechung der Erstarrungstypen im theoretischen Teil als Beispiel das gänzlich veraltete Zustandsdiagramm der Zn-Al-Legierungen von BORNEMANN zu verwenden, während bei der Besprechung der technischen Eigenschaften auf S. 160 u. ff. das heute angenommene Diagramm benutzt wird. Durch derartige, übrigens leicht zu beseitigende Fehler wird der Wert des Werkes als Lehrbuch herabgesetzt. G. MASING, Berlin.

LANGE, OTTO, Chemisch-Technische Vorschriften.

Ein Handbuch der speziellen chemischen Technologie insbesondere für chemische Fabriken und verwandte technische Betriebe, enthaltend Vorschriften aus allen Gebieten der chemischen Technologie mit umfassenden Literaturnachweisen. IV. Band: Düngemittel (Sprengstoffe), Futtermittel, Lebensmittel. Dritte, erweiterte und völlig neubearbeitete Auflage. Leipzig: Otto Spamer 1924. XXI, 750 S. 19 × 26 cm. Preis geh. RM 45.—, geb. RM 50.—.

Die empfehlenden Worte, welche der Besprechung

der drei ersten Bände im vorigen Jahrgang dieser Zeitschrift auf S. 828/29 mitgegeben wurden, können für den jetzt vorliegenden abschließenden vierten Band nur wiederholt werden.

Der vierte Band beginnt mit der Abhandlung der Düngemittel (Alkalisalze, Kali- und Kalkdüngung, Phosphor und Schwefel, Stickstoff, Stickstoffkünstdünger, Wirtschafts- und Mischdünger, Kohlensäuredüngung). Daran schließen sich die Schieß- und Sprengstoffe an, die in ihren Hauptvertretern ebenfalls, wie die Künstdünger der Stickstoffreihe, Stickstoffverbindungen sind. Ihnen gliedern sich die Zündmittel an, deren wirksame Masse Phosphor, Schwefel und Produkte der Alkalichloridelektrolyse enthält. Den Abschluß des Bandes und des ganzen Werkes bilden die Futter- und Lebensmittel.

Auch beim Studium des vierten Bandes freut man sich wieder, daß der Verfasser es in glücklicher Weise vermieden hat, eine bloße Sammlung der Patentliteratur zu bieten. Überall ist die zusammenfassende Literatur ausführlichst angegeben. Allgemeine Einleitungen und Zwischenbemerkungen, statistische und kurze historische Angaben machen das Werk jedem an chemisch-technischen Problemen Arbeitenden wertvoll und unentbehrlich, mag er Chemiker oder Kaufmann sein. Das Werk LANGES bedeutet eine wertvolle organisatorische Zusammenfassung und Verarbeitung weitverstreuter chemisch-technischer Leistungen. Sie wird vielen Nutzen stiften. M. BERGMANN, Dresden.

CLAYTON, WILLIAM, Die Theorie der Emulsionen und der Emulgierung. Übersetzung von L. FARMER LOEB. Berlin: Julius Springer 1924. 144 S. und 18 Abbild. 16 × 24 cm. Preis geh. RM 7.80, geb. RM 8.70.

Die Kolloidchemie gewinnt eine derartige Ausdehnung, daß es schwer wird, sie zu überschauen, erst recht, sie im einzelnen zu beherrschen. Es ist deshalb notwendig und erwünscht, daß fest umrissene Gebiete in Einzeldarstellungen gründlich und vertieft behandelt werden. Eine derartige Darstellung liegt in dieser Schrift von CLAYTON über die Emulsionen vor. Der Verf., ein Schüler von DONNAN, steht durchaus auf dem physikalisch-chemischen Standpunkt der DONNANschen Schule, der dem Ref. ebenfalls als der förderlichste erscheint. Unsere heutigen Kenntnisse erlauben noch keine Theorie, die über alle an den Emulsionen beobachteten Erscheinungen Auskunft gibt. Es spricht aber doch alles dafür, daß sich die vom Verf. bevorzugte Auffassung von der Wichtigkeit der Grenzflächenhäute, an deren Ausbildung die Adsorption und die Benetzung fester Teilchen namentlich beteiligt sind, allgemein bewähren wird. Da der Verfasser vielfach mit technischen Aufgaben zu tun gehabt hat, erörtert er auch eingehend die mannigfachen Fälle, in denen Emulsionen technisch wichtig sind: das Emulgieren der Milch, die Margarinebereitung, die Emulsionen in der Petroleumindustrie u. a. m.

Die Übersetzung ist von FARMER LOEB mit vollem Verständnis besorgt worden. Sie liest sich gut und flüssig und ist gegenüber der englischen Auflage durch einen Nachtrag bis zum Jahre 1924 ergänzt worden.

H. FREUNDLICH, Berlin-Dahlem.

BENRATH, ALFRED, Physikalische Chemie. II. Thermische und Photochemie. Band 14 der Sammlung Wissenschaftliche Forschungsberichte, herausgegeben von R. E. LIESEGANG. Dresden: Theodor Steinkopff 1925. X, 192 S. 15 × 22 cm. Preis geh. RM 8.50, geb. RM 9.70.

„Im Anschluß an Band 8 dieser Sammlung, in welchem die Eigenschaften der Einstoffsysteme und die

homogenen Gleichgewichte zur Besprechung kamen, bringt der vorliegende Bericht die Gleichgewichte in heterogenen Systemen und die Geschwindigkeitslehre. Der Verf. versucht es, eine zusammenhängende Übersicht von etwa 1300 Arbeiten aus den Jahren 1914 bis 1924 auf dem genannten Gebiet zu liefern und hat diese Aufgabe in recht befriedigender Weise gelöst, zumal die bisweilen nur gestreiften Abhandlungen sorgfältig zitiert sind. Voraussetzung für die Lektüre des Buches ist natürlich, daß der Leser die Theorien und Methoden der physikalischen Chemie fachmännisch beherrscht, denn er wird ausschließlich mit den Ergebnissen der neueren Forschung bekannt gemacht.

Bei der Besprechung der *heterogenen Gleichgewichte* teilt der Verf. den Stoff zunächst nach der Anzahl der in dem System enthaltenen Komponenten; die weitere Zerlegung innerhalb jeder Gruppe nimmt er jedoch nach den Untersuchungsmethoden vor (Löslichkeitsmethode, Chemische Analyse, Entmischungsmethode, tensimetrische Methode). Ob er damit der Sache ganz gerecht wird, steht dahin; normalerweise (z. B. in den Tabellen von LANDOLT-BÖRNSTEIN) wird jedenfalls die Gliederung nach der Art des Gleichgewichtes (mit anderen koexistierenden Phasen) vorgenommen.

Der zweite Abschnitt des Buches, Chem. Geschwindigkeitslehre, bespricht zuerst die Kinetik der Gasreaktionen in theoretischer und experimenteller Hinsicht, dann die Vorgänge in homogenen flüssigen und schließlich in heterogenen Systemen.

Den Beschluß des Buches bildet ein Referat über die neueren Arbeiten auf dem Gebiete der Photochemie vom Standpunkt der Quantentheorie.

Wenn vielleicht auch zu wünschen gewesen wäre, daß der Verf. in mancher Hinsicht den Stoff etwas kritischer beleuchtet hätte, so gilt doch für das Werkchen das Gleiche, was in dieser Zeitschrift 12, 193. 1924 über den ersten Band gesagt worden ist. J. EGGERT, Berlin.

BERNTHSEN, A., *Kurzes Lehrbuch der organischen Chemie*. 16. Auflage. Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn A.-G. 1924. XIV, 700 S. 14 x 20 cm. Preis geh. RM 10.—, geb. RM 12.—.

Dieses Lehrbuch, das für Chemiker, Mediziner und Pharmazeuten bestimmt ist, zeichnet sich durch mustergültig knappe, dabei klare und vielseitige Darstellung aus und bewältigt auf diese vorteilhafte Weise eine Stoffmenge, die in vieler Richtung den Umfang elementarer Lehrbücher erheblich überschreitet. Es eignet sich darum ebenso gut für Studierende wie für weiter fortgeschrittene Chemiker und Naturwissenschaftler, die sich in einem Werk von nicht allzu großem Umfang über Fragen der organischen Chemie unterrichten wollen. Besonders angenehm werden dem Benützer die reichlich eingestreuten Literaturhinweise auf historisch bedeutende oder wichtigere Untersuchungsmethoden.

Die Beliebtheit dieses Werkes, welches seit seiner Einführung vor etwa 39 Jahren nunmehr in 16 Auflagen erscheinen mußte, beweist, daß ein derartiges kurzgefaßtes Lehrbuch der organischen Chemie einem allgemeinen Bedürfnis entspricht. Der Verfasser hat auch bei dieser 16. Auflage durch gründliche Umarbeitung und Neuaufnahme verschiedener Abschnitte dafür gesorgt, daß sein Lehrbuch dem gegenwärtigen Wissensstand angepaßt bleibt. M. BERGMANN, Dresden.

MEYER, VICTOR, und PAUL JACOBSON, *Lehrbuch der organischen Chemie*. Zweiter Band. Cyclische Verbindungen. — Naturstoffe. Vierter Teil. Naturstoffe von unbekannter oder nur teilweise bekannter Struktur. Bearbeitet von P. JACOBSON. Im Auftrage der Deutschen Chemischen Ge-

sellschaft aus dem Nachlaß herausgegeben von HEDWIG KUH und FRIEDRICH RICHTER. Erste und zweite Auflage. Berlin und Leipzig: Walter de Gruyter & Co. 1924. VI, 270 S. 16 x 24 cm. Preis geh. RM 11.—, geb. RM 14.—.

Die Entwicklung einer Wissenschaft von der Ausdehnung und der Vielseitigkeit der organischen Chemie wird nicht ausschließlich durch Entdeckungen neuer Gesetze und Zusammenhänge gefördert. Je weiter eine Disziplin fortgeschritten und in zahlreiche Untergebiete zersplittert ist, je tiefer sie in andere Arbeitsgebiete hineingreift, desto heterogener wird der Kreis, der sich mit ihren Ergebnissen zu beschäftigen hat und desto größer wird die Schwierigkeit, das Ganze zu überblicken, neuere Ergebnisse richtig zu bewerten und sie dem vorhandenen System einzugliedern oder das System passend umzugestalten. Soll die Gefahr ungesunder Spezialisierung und unerwünschter Kräftevergeudung in abwegiger Richtung vermieden werden, so bedarf jedes hochentwickelte Wissensgebiet des überlegenen Vermittlers, welcher den lernbegierigen Nachwuchs mit sicherer Hand zur Kenntnis und Würdigung des großen Materials leitet, dem fortgeschrittenen Techniker oder Wissenschaftler aber die Fülle des bisher Erarbeiteten übersichtlich vor Augen führt, die tieferen Zusammenhänge betont und auf die vorhandenen Lücken und notwendigen Ergänzungen aufmerksam macht. Ein umfassendes und tiefes Wissen gehört dazu, eine ruhige und sichere Kritik, eine große innere Reife und Klarheit und eine überlegene Kunst der Darstellung. Solche Führer, solche Mittler sind selten. PAUL JACOBSON war einer und hat uns noch über seinen Tod hinaus mit seinen reichen Gaben beschenkt. Als er im Januar 1923 starb, war sein berühmtes Lebenswerk, das Lehrbuch der organischen Chemie, leider nicht abgeschlossen. Der letzte Band, der von den Naturstoffen unbekannter oder nur teilweise bekannter Struktur handeln sollte, fehlte noch. Glücklicherweise fand sich aber wenigstens ein zum erheblichen Teil druckfertiges Manuskript, dessen Fertigstellung und Herausgabe die Deutsche Chemische Gesellschaft selbst in die Hand genommen hat. In ihrem Auftrage haben HEDWIG KUH und FRIEDRICH RICHTER vor kurzem einen großen Teil dieses Manuskriptes bis auf das Jahr 1924 ergänzt und teilweise umgearbeitet herausgegeben, welcher den hier besprochenen 4. Teil des 2. Bandes ausmacht. Dieser Teil enthält folgende Abschnitte:

- A. Bestandteile ätherischer Öle.
- B. Kohlenwasserstoffe der pflanzlichen Milchsäfte (Kautschukarten, Guttapercha und Balata).
- C. Sauerstoffhaltige Bestandteile von Harzen und Milchsäften (Harze, Harzsäuren, Balsame usw.).
- D. Sterine (Cholesterin u. a. Zoosterine, Phytosterine).
- E. Gallensäuren.

Die Herausgeber haben sich mit der Fertigstellung dieses Bandes einer überaus dankenswerten Aufgabe unterzogen. Der letzte Teil des einzigartigen Werkes, welcher die übrigen Klassen von Naturstoffen mangelhaft bekannter Struktur bringen soll, wird voraussichtlich in naher Zukunft erscheinen.

M. BERGMANN, Dresden.

HOUBEN, J., *Fortschritte der Heilstoffchemie*. 1. Abteilung: Das deutsche Patentschriftwesen. Bd. I (1877—1900). Berlin und Leipzig: Walter de Gruyter & Co. 1926. IX, 922 S. Preis geh. RM 70.—, geb. RM 80.—.

Der vorliegende Band, der ABDERHALDEN und HANS FISCHER gewidmet ist, enthält nichts anderes als

den Abdruck von Patentschriften aus den Jahren 1877 bis 1900, die sich auf Verfahren zur Herstellung von Arzneimitteln oder ihrer Vorprodukte beziehen, und zwar in zeilentreuer Reproduktion. Er beginnt mit einem historischen Dokument: „HERMANN KOLBE in Leipzig; Verfahren, Salicylsäure, deren Isomere und Homologe künstlich herzustellen.“ Zwecks besserer Übersicht ist dem Haupttext eine Klassifizierung der aufgeführten Patente nach den amtlichen Patentklassen vorangesetzt. Überdies erleichtert ein ausführliches Sach- und Autorenregister das Aufsuchen bestimmter Schriften.

Nach dem Vorwort des Herausgebers soll der Band

nur den Anfang eines geradezu gigantischen literarischen Unternehmens bilden. Zunächst soll das Patentschriftenverzeichnis für das letzte Vierteljahrhundert vervollständigt werden. Außerdem sollen in einer zweiten Abteilung zu 3 Bänden auf Grund der wissenschaftlichen Literatur die pharmakologischen Wirkungen aller chemisch gekennzeichneten organischen Substanzen geschildert werden. Das Gesamtwerk soll im wesentlichen den Forschern auf dem Gebiete der Produktion neuer Heilstoffe dienen, wird aber gewiß auch eine Fundgrube für die Bearbeitung theoretischer Fragen in der Pharmakologie bilden können.

W. HEUBNER, Göttingen.

Zuschriften.

Der Herausgeber hält sich für die Zuschriften nicht für verantwortlich.

Intensität und Durchdringungsvermögen der Höhenstrahlung im Meeresniveau.

Meine Bleiabsorptionsmessungen (vgl. Naturwissenschaften 1926, 622) bestätigten die Existenz einer sehr schwer absorbierbaren Strahlung im Meeresniveau, mit einem Laboratoriumsapparat, der diese Strahlung von normalen radioaktiven Strahlen mit Sicherheit getrennt beobachten läßt¹⁾.

Unsicher blieb die Intensität der Strahlung, in Blei gemessen, weil die vorhandenen Schichten (bis 32 cm Blei) auch nicht annähernd ausreichten, eine vollständige Absorption zu erzielen, um die Eigenstrahlung der Apparatur — Reststrom — zu bestimmen.

Ergänzende Beobachtungen (gemeinsam mit E. STEINKE) mit einem transportablen Instrumentarium in einem Beobachtungsraum, der durch 9 m dicke Erd- und Betonschichten gegen Höhenstrahlung abgeschirmt war, während der Apparat gegen Radioaktivität der Umgebung durch 10 cm dicke Bleipanzierung geschützt wurde, haben zu dem Resultat geführt, daß die Intensität der Höhenstrahlung in Blei im Meeresniveau zu etwa 0,5 J anzunehmen ist und daß ihr Durchdringungsvermögen hier mindestens so groß ist, daß erst 70 cm Bleipanzierung die Strahlung auf die Hälfte reduzieren.

Bei dieser Berechnung ist angenommen, daß die Decke mit einem Bleiäquivalent von 1,9 m Blei ausreicht zur annähernd vollständigen Absorption; es besteht aber die Möglichkeit, daß noch härtere Strahlungskomponenten vorhanden sind, so daß die oben angegebenen Zahlen untere Grenzwerte für Intensität und Durchdringungsvermögen darstellen.

Die Zahl für das Durchdringungsvermögen liegt noch etwa 50% oberhalb der von KOLHÖRSTER und MILLIKAN ermittelten Höchstwerte.

Die Tatsache, daß härteste Strahlungsanteile bis zum Meeresniveau durchdringen, während in größeren Höhen weichere Komponenten mitwirken, läßt die Diskrepanzen, die bisher zwischen meinen Messungen und den Gletschermessungen bestanden, im wesentlichen beseitigen.

Königsberg i. Pr., I. Physikal. Institut, den 2. Oktober 1926.

G. HOFFMANN.

Eine anschauliche Deutung der Gleichung von Schrödinger.

Die SCHRÖDINGERSche Gleichung lautet:

¹⁾ Ann. d. Phys. 80, 779. 1926.

$$\Delta \psi + \frac{8 \cdot \pi^2}{h^2} \cdot m(W - V) \psi = 0; \quad \int d\psi \psi = 1.$$

Wir bilden: $\alpha = \frac{\text{grad } \psi}{\psi} = \alpha' + i\alpha''$ und $\sigma = \psi \bar{\psi}$;

dann folgt aus der Ausgangsgleichung:

$$\frac{\Delta \sigma}{\sigma} - \alpha'^2 + \frac{8 \cdot \pi^2}{h^2} \cdot m(W - V)$$

oder mit $\mu = \frac{h}{2 \cdot \pi \cdot m} \cdot \alpha''$:

$$W\sigma = V\sigma - \frac{h^2 \sqrt{\sigma} \Delta \sqrt{\sigma}}{8 \cdot \pi^2 \cdot m} + \frac{m \sigma u^2}{2}.$$

Die Gleichung gestattet eine anschauliche Deutung:

Das Elektron ist ein Kontinuum von der Dichte $m\sigma$, strömend mit der Geschwindigkeit u . $W\sigma$ ist die Energiedichte, die sich zusammensetzt aus der Dichte

der kinetischen Energie $\frac{m \sigma u^2}{2}$ und der Dichte der

potentiellen Energie $V\sigma - \frac{h^2 \sqrt{\sigma} \Delta \sqrt{\sigma}}{8 \cdot \pi^2 \cdot m}$. Das Zusatzglied

$-\frac{h^2 \sqrt{\sigma} \Delta \sqrt{\sigma}}{8 \cdot \pi^2 \cdot m}$ ist für die Quantentheorie charakteristisch

und stellt die Wechselwirkung zwischen den Teilen des Kontinuums dar.

Hiermit erscheint die Quantentheorie der stationären Atomzustände zurückgeführt auf eine Hydrodynamik der kontinuierlich ausgedehnten Elektrizität.

Für den Fall mehrerer Elektronen im Atom wird man annehmen müssen, daß sich dieselben gegenseitig durchdringen, ohne dabei zu verschmelzen. Das kinetische

Glied wird dann lauten $\frac{m}{2} (\sigma_1 u_1^2 + \sigma_2 u_2^2)$

(d. h. die an derselben Stelle des Raumes befindlichen Vektoren der Strömung addieren sich nicht zu einem einzelnen). Auf diese Weise bleibt die Individualität der Elektronen erhalten; außerdem ist dann die Darstellung im geometrischen Raum möglich, nicht nur im Phasenraum.

Ich vermute, daß diese Deutung von heuristischem Wert ist.

Frankfurt a. M., den 7. Oktober 1926.

E. MADELUNG.

Hysteresis-Messungen

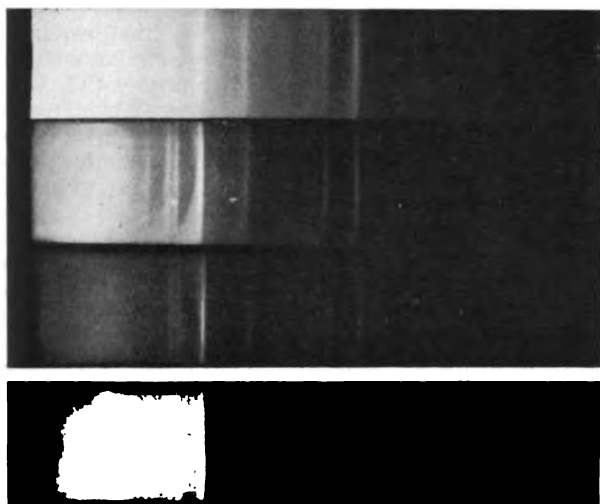
als Werkzeug zur Ermittlung der Feinstruktur ferromagnetischer Verbindungen.

Von OSKAR BAUDISCH und LARS A. WELO, New York.

(Aus dem Rockefeller-Institut für medizinische Forschung.)

Die im folgenden näher zu beschreibenden Resultate unserer Untersuchungen sind eine Fortsetzung jener Arbeiten, welche wir vor einiger Zeit in dieser Zeitschrift (13, 749. 1925) unter dem Titel: „Chemische und physikalische Studien zum Mineral-, insbesondere zum Eisenstoffwechsel“ veröffentlicht haben. Wir haben unter Benützung

Hand gegeben, den räumlichen Aufbau ganz einfach zusammengesetzter Verbindungen im Zusammenhang mit der katalytischen Oberflächenwirkung seiner Krystallflächen systematisch zu studieren. Wir haben schon früher darauf hingewiesen, daß die Topographie der Krystalloberflächen funktionell mit der Feinstruktur der



a) Nach LEFORTS Methode

b) Nach HABERS Methode

c) Nach BAUDISCH und WELOS Methode

d) Nach einer neuen Methode mit Hilfe von Stickoxyd.

Tafel I. Röntgenspektrogramme von Magnetiten verschiedener Herstellungsart.

der Röntgenographie und von magnetischen Messungen an einfachen Eisensalzen bewiesen, daß der räumliche Aufbau anorganischer Moleküle und Krystalle unter Umständen funktionell mit biologischen Vorgängen verknüpft sein kann. Da ferner das Altern anorganischer krystallinischer Stoffe in den meisten Fällen von feinbaulichen Wandlungen begleitet ist, so erhält auch in diesem Zusammenhang der Alterungsvorgang direkte biologische Bedeutung.

Durch unsere Untersuchungen mit künstlich hergestelltem Magnetit wurde der direkte Beweis erbracht, daß einfaches Eisenoxyd, Fe_2O_3 , je nach der Herstellungsart in zwei stereoisomeren Formen erhalten werden kann, welche sich sowohl physikalisch als auch chemisch und biologisch scharf unterscheiden. Das eine Eisenoxyd, welches wir als aktives bezeichneten, ist aus Mikrobausteinen von kubischer Atomanordnung aufgebaut, während das sog. inaktive Eisenoxyd rhomboedrisch krystallisiert. Durch unsere Versuche wurde zum erstenmal ein Mittel an die

Krystalle und mit ihrer katalytischen und biokatalytischen Wirkung verknüpft zu sein scheint.

Wir haben ferner bei unseren Versuchen mit den auf verschiedenen Wegen hergestellten Magnetiten gefunden, daß ihre katalytischen und biokatalytischen Wirkungen feine Unterschiede zeigen. Gerade die biokatalytischen Reaktionen sind außerordentlich empfindlich und streng selektiv, weshalb sie zum Studium feinbaulicher Wandlungen sehr geeignet erscheinen. Unser Interesse wurzelte nun darin, die Magnetite feinbaulich zu studieren, um schließlich — nach erworbener Kenntnis ihrer Krystallstruktur — Rückschlüsse auf den Mechanismus der katalytischen Wirkung machen zu können. Eine vergleichende röntgenographische Untersuchung ergab, daß ihre Mikrobausteine im gleichen System — nämlich kubisch — krystallisieren, und daß ihre Röntgenspektrogramme nur durch die verschiedene Schärfe der Linien und nicht durch ihre Stellung verschieden sind (s. Tafel 1). Die Röntgenographie ließ uns somit in diesem Falle im Stich, und wir

mußten nach anderen Methoden suchen, die physikalischen, chemischen und biologischen Unterschiede der Magnetite wissenschaftlich exakt und quantitativ zu beweisen und zu erklären.

Bezüglich der Eigenschaften der auf verschiedenen Wegen hergestellten Magnetite fällt am meisten der chemische Unterschied der nach der Methode von LEFORT im Vergleich zu den nach den anderen erwähnten Methoden hergestellten Magnetite auf. Der LEFORTsche besitzt ein auffallend großes Autoxydationsvermögen, weshalb sein Oxydulgehalt meistens viel geringere Werte ergibt (s. Tabelle) als theoretisch zu erwarten ist. Wir machten für diese Tatsache anfangs nur die Größe der Krystalle (große Oberfläche) verantwortlich und suchten unsere Annahme mikroskopisch oder ultramikroskopisch zu begründen. Der LEFORTsche, autoxydable Magnetit sollte natürlich aus viel kleineren Krystallen bestehen als die beiden anderen, welche chemisch resistenter sind. Die Untersuchungen gaben keinen Aufschluß. Die Krystalle sind submikroskopisch, und was man ultramikroskopisch sieht, sind kleine Klümpchen, zusammengesetzt aus einer Unzahl von Krystallen, was die Bildung einer außerordentlich porösen Masse zur Folge hat. Bevor die Röntgenographie bekannt war, suchte man natürlich das unterschiedliche physikalische wie auch chemische Verhalten der auf verschiedenen Wegen hergestellten Magnetite rein chemisch zu erklären. Vor allem wurde das Verhältnis von zweiwertigem zu dreiwertigem Eisen, welches bekanntlich sehr variabel ist, und somit die wechselnde basische Natur der Magnetite als maßgebend für ihr unterschiedliches Verhalten angesehen.

Wir konnten zeigen, daß man Magnetit durch Oxydation mit Sauerstoff bei $220\text{--}330^\circ$ vollkommen in Eisenoxyd, Fe_2O_3 , verwandeln kann, ohne daß seine ferromagnetische Natur oder seine katalytische Kraft wesentlich geändert wird.

Diese Beobachtung führte uns zu einem genaueren magnetischen Studium künstlicher Magnetite, über welches hier berichtet werden soll.

Erhitzt man künstlich hergestelltes ferromagnetisches Eisenoxyd, Fe_2O_3 , auf 550° , so verwandelt es sich in ein paramagnetisches Produkt, ohne daß an der Bruttoformel etwas geändert wird; feinbaulich erfolgt dabei die früher genau beschriebene Umwandlung von kubischen Molekülkrystallen in rhomboedrische. Der Prozeß verläuft ganz anders, wenn der Magnetit in *Abwesenheit von Sauerstoff* erhitzt wird. Selbst Temperaturen bis 800° haben dem Magnetit nichts an, denn weder röntgenographisch noch magnetisch läßt sich eine Einwirkung oder Veränderung erkennen. Dieser Versuch beweist, daß durch den Eintritt von Sauerstoff in das Magnetitmolekül bei $220\text{--}330^\circ$ eine feinbauliche Wandlung vor sich gegangen sein muß, welche einen Einfluß auf das gesamte Stabilitätsvermögen der Eisen-Sauerstoffverbindung ausgeübt hat. Röntgenographisch macht sich diese geringe feinbauliche Veränderung

jedoch nicht bemerkbar, denn die Röntgenogramme vor und nach der Oxydation weisen keine Unterschiede auf. Als wir das Leitungsvermögen für den Magnetismus, die Permeabilität, in einem wechselnden magnetischen Felde quantitativ bestimmten, zeigte es sich deutlich, daß durch die Oxydation des LEFORTschen Magnetits eine geringe Verschiebung des Permeabilitätsmaximums stattgefunden hat. Die Verschiebung von 85 zu 65 Gauss, also um 20 Gauss, war nicht bedeutend, sie konnte jedoch regelmäßig beobachtet werden. Als wir die gleichen Versuche mit dem HABERSchen Magnetit ausführten, ergab sich eine Verschiebung von 250 zu 195, also um 55 Gauss. Wie ließen sich diese, vom magnetischen Standpunkt aus wichtigen experimentellen Befunde im Zusammenhang mit der Atomstruktur der Magnetite und der daraus gebildeten Eisenoxyde erklären? Man konnte vielleicht die hypothetische Annahme machen, daß durch den Eintritt von Sauerstoffatomen in das Raumgitter des Magnetits, infolge der Verdrängung von Eisen- und Sauerstoffatomen aus ihrer ursprünglichen Lage, aus dem primär gespannten System ein sekundär gespanntes entstanden sei. Mit dieser Spannungsänderung hängt vielleicht die erwähnte Verschiebung des Permeabilitätsmaximums zusammen, was gleichbedeutend mit einer Veränderung der Hysteresis ist. Die Spannung in den Magnetitkrystallen ist also durch die Oxydation gestiegen. Die Bildung von ferromagnetischem Fe_2O_3 aus Magnetit durch Oxydation, *ohne Änderung der submikroskopischen Krystallstruktur*, läßt sich ungezwungen mit der Annahme erklären, daß im Gitter des Magnetits noch Raum für hinzutretende Sauerstoffatome ist. Die folgenden Zahlen stützen diese Annahme: Der kleinste Atomradius, welcher bisher in metallischem Eisen und einfachen Eisenverbindungen, z. B. Pyrit, beobachtet wurde, beträgt beiläufig $1,25 \text{ \AA}$. Die durchschnittliche Größe des Radius für Eisen wird gewöhnlich mit $1,45 \text{ \AA}$, für Sauerstoff mit $0,65 \text{ \AA}$ angenommen. Der für das Sauerstoffatom verfügbare Raum ist somit nur klein, und die beim Eintritt in das Gitter auftretenden Spannungen erscheinen als logische Folge. Die Spannung überschreitet aber nicht den Stabilitätspunkt, und erst durch Erhöhung der Temperatur auf 550° findet infolge der leichteren Beweglichkeit der Atome eine Umlagerung in die stabilere Krystallform statt. Das Eisenoxyd nimmt die gewöhnliche Hämatitstruktur an.

Diese Versuche sind ein direkter Hinweis, daß sich chemisch bedingte Verlagerung von Bestandteilen eines Krystallraumgitters einer ferromagnetischen Verbindung magnetisch äußert. Das Permeabilitätsmaximum wird verschoben oder, was gleichbedeutend ist, die Hysteresis der Verbindung wird geändert.

Wir hatten schon früher festgestellt, daß die verschiedenen Magnetite (LEFORTS, HABERS, B. und W.'s) eine verschiedene Stellung ihres Permeabilitätsmaximums besitzen (Fig. 1); die inter-

essanten magnetischen Veränderungen, die bei der Oxydation von Magnetiten auftreten, veranlaßten uns nun, die Hysteresis der nach verschiedenen Methoden hergestellten Magnetite einem gründlicheren Studium zu unterwerfen. Was uns die Röntgenographie versagte, konnte uns vielleicht die Hysteresismessung verraten. Optische Methoden, wie sie z. B. RINNE bei seinen Untersuchungen optisch anormaler Topase angewandt hat, um Atomverlagerungen nachzuweisen, konnten wir natürlich in unserem Falle nicht anwenden. In unsere Untersuchungen kam auf Grund der erwähnten experimentellen Beobachtungen ein

vollkommen verschwunden ist. Dieser Punkt äußert sich auch durch Bildung kolloidaler Lösungen des Magnetits mit dem Waschwasser. Im Vakuumexsiccator getrocknet, hinterbleibt ein braunschwarzes Pulver mit wechselndem Gehalt an zweiwertigem Eisen.

HABERS: 21 g $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ löst man in 220 g Wasser und kocht nach Zugabe von 22 g 20% Ammoniak. In die siedende Lösung trägt man 2,55 g Salpeter, in möglichst wenig Wasser gelöst, langsam ein und läßt das Ganze etwa eine Viertelstunde in kräftigem Sieden. Das schwarze Produkt senkt sich schnell zu Boden und kann entweder durch Dekantieren oder mit der Zentrifuge von anhaftenden Verunreinigungen frei gewaschen werden.

B. und W.'s: 26 g NaOH und 20 g KNO_3 werden in 5 l Wasser gelöst. In diese Lösung läßt man eine solche von 90 g $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ in 500 ccm Wasser unter kräftigem Umrühren einfließen. Durch öfteres Umgießen wird das anfangs grünlich-graue Ferrohydrat unter Aufnahme von Sauerstoff schwarz gefärbt. Beim Stehen senkt sich der Magnetit nach und nach zu Boden. Man zentrifugiert und digeriert hierauf das von Natronlauge freie Produkt mit 50% Essigsäure. Daraufhin wäscht man so lange, bis das Waschwasser neutral reagiert.

Der LEFORTSche Magnetit nimmt, was die Herstellung anbelangt, eine Ausnahmestellung ein. Seine Bildung und Ausfällung erfolgt aus den in heiße Natronlauge eingetragenen Ferro- und Ferri-salzen fast momentan. Das einmal gebildete Produkt ist unter den gegebenen Bedingungen beständig, d. h. es ist keine Veränderung der Kristallfeinstruktur durch Alterungserscheinung zu erwarten. Anders liegen diesbezüglich die Verhältnisse beim HABERSchen und bei B. und W.'s Magnetit. Hier wird zunächst nur Ferrohydrat gefällt, welches unter Aufnahme von Sauerstoff teilweise zur Ferriverbindung oxydiert wird, worauf unter primärer Bildung mehrkerniger Komplexsalze schließlich Magnetit entsteht. Das anfangs gelatinös ausfallende Ferrohydrat hat Zeit zum Altern, die Eisen- und Sauerstoffatome zusammen mit Wassermolekülen haben Zeit, perfekte Krystalle zu bilden.

Es stand uns ein großer Elektromagnet zur Verfügung, und es war auffallend, wie leicht es war, HABERS oder B. und W.'s Magnetit aus dem Reaktionsgemisch über die Wasseroberfläche herauszuziehen und an Stelle der Zentrifuge den Elektromagneten als Hilfsmittel bei dem Waschprozeß zu verwerten. LEFORTS Magnetit konnte auf diesem Wege nicht gereinigt werden, da sich der gleiche Elektromagnet als viel zu schwach erwies, um die Teilchen an der Becherglaswand festzuhalten. Trotzdem besitzt, wie die Zahlen in der Tabelle beweisen, LEFORTS Magnetit eine größere Permeabilität als die beiden anderen. Der Unterschied zwischen LEFORTS Magnetit und HABERS ist ähnlich dem Unterschied von frisch

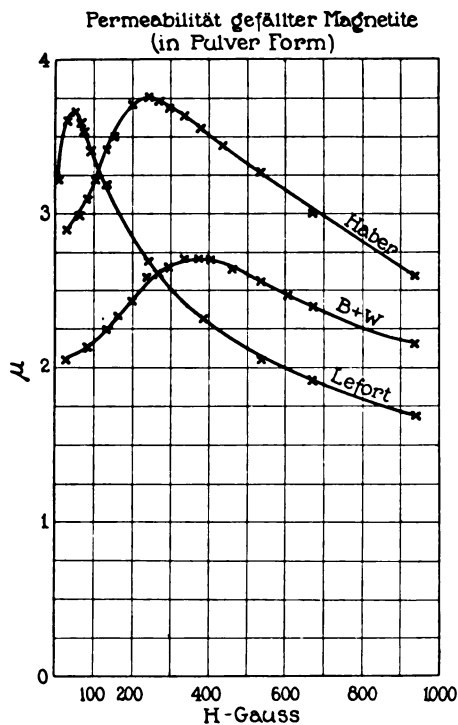


Fig. 1.

neuer führender Gedanke: „Nicht die Größe der Magnetitkrystalle ist in erster Linie maßgebend für ihr unterschiedliches magnetisches Verhalten, sondern die ‚Güte‘ der Krystalle.“ Ehe wir auf diesen Gedanken näher eingehen, wollen wir die Herstellungsart der einzelnen Magnetite und ihre Eigenschaften näher beschreiben:

LEFORTS: 281 g $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ und 134 g $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ werden in je 750 ccm und 500 ccm Wasser gelöst und hierauf die vereinigten klaren Lösungen unter kräftigem Rühren in überschüssige kochende Natronlauge (250 g NaOH in 3200 ccm H_2O) einfließen gelassen. Das Ganze bleibt nun über eine Stunde im lebhaften Kochen. Nach dem Erkalten scheidet sich allmählich ein schwarzer Niederschlag ab, der durch Zentrifugieren getrennt und auch auf diesem Wege so lange gewaschen wird, bis die ursprüngliche alkalische Reaktion

gefälltem, weißem und von, in Abwesenheit von Sauerstoff, gealtertem Ferrohydrat. Über die Vorgänge beim Altern von Ferrohydrat soll später berichtet werden. LEFORTS Magnetit ähnelt beim Trocknen einer Gallerte. Er kriecht zusammen und springt unter Bildung muscheliger Stücke.

In der folgenden Tabelle haben wir die Daten zusammengestellt, welche wir bisher ermittelt haben:

	Magnetit		
	Leforts	Habers	B. u. W.s
Prozent FeO	16,9	26,9	26,7
% Verunreinigungen (hauptsächlich okkludierte Sulfate)	0,7	0,1	2,0
Maximale Permeabilität (für eine Packungsdichte von $1,32 \frac{g}{cm^3}$	3,4	2,8	2,6
Maximale Permeabilität als Funktion des Magnetfeldes von	50—85	250—300	300
Mikrobaustein (Molekül-Krystall)	kubisch	kubisch	kubisch
Charakter der Spektrallinien	diffus	scharf	scharf
Absorption von Wasser in %	27,0	2,1	1,9
Absorption von Sauerstoff in Bouillon $\frac{cm^3}{Gramm \cdot Stunden}$	0,0044	0,0019	—
Blutprobe: Oxydation von Benzidin mit H_2O_2 in Gegenwart von	gut	mittelmäßig	—
Oxydation von Guajac-Harz in Gegenwart von	stark	stark	—
Bact. leprosepticum, Wachstum in Bouillon in Gegenwart von	gut	mittelmäßig	—

Aus der Tabelle ist klar zu ersehen, daß die drei, nach verschiedenen Methoden hergestellten Magnetite, verschiedene physikalische, chemische und biologische Eigenschaften besitzen. Diese Verhältnisse näher zu studieren und die Wesensverschiedenheit dieser chemisch nahezu gleichartig zusammengesetzten Verbindungen wissenschaftlich zu erfassen, ist zweifellos von großer Bedeutung für bestimmte Vorgänge des Mineralstoffwechsels. Wollen wir das biologische Verhalten *krystallinischer*, anorganischer Verbindungen kennenlernen, so müssen wir vor allem ihre Stereochemie studieren. Außer der Stereochemie der festen Stoffe ist zweifellos auch die räumliche Atomanordnung der in Wasser *gelösten* Moleküle von größter biologischer Bedeutung. Wir wissen heute auf Grund der Röntgenanalyse, daß die Substanzen in allen Aggregatzuständen eine chemisch konstitutionelle Einheitlichkeit zeigen. Es existieren bekanntlich enge Zusammenhänge zwischen Krystall- und Molekülbau, und in Anbetracht dieser Tatsache sind alle mit *krystallinischen* Stoffen gefundenen Resultate bezüglich ihres physikalischen, chemischen und biologischen Verhaltens auch bedeutungsvoll für in Wasser *gelöste* Verbindungen.

In der modernen Forschung der tieferen Kenntnis des Aufbaues krystallinischer Stoffe liefert die Krystallforschung — und besonders die röntgenographische Untersuchung — ein äußerst zuverlässiges Bild der räumlichen Atomanordnung. Bei unseren früher erwähnten ferro- und paramagnetischen Eisenoxiden, Fe_2O_3 , gaben die Röntgenogramme ein klares Bild und eine einfache Aufklärung ihrer katalytischen Verschiedenheit. Wie aus der Tabelle zu ersehen ist, versagt diese Methode bei den Magnetiten verschiedener

Herstellung. Die Röntgenogramme weisen aber Unterschiede, was die Schärfe der Spektrallinien anbetrifft, auf. Die Linien des LEFORTSchen Magnetits sind diffus (s. Tafel 1). Wir glaubten anfangs, daß das einzig und allein mit der außerordentlich geringen Größe der Krystalle zusammenhängt. Sowohl Herstellungsart, Wasserabsorption als auch das katalytische Verhalten und die leichtere chemische Angreifbarkeit weisen darauf hin,

daß die durchschnittliche Größe der Krystalle des LEFORTSchen Magnetits bedeutend geringer ist als die der beiden anderen Magnetite.

Außer der Größe der Krystalle spielt aber noch ihre „Güte“ eine bedeutende Rolle, worüber im folgenden berichtet wird. Die „Güte“ der Krystalle hat mit dem mehr oder weniger perfekten Raumgitter bzw. mit Unregelmäßigkeiten in den Raumgitterebenen zu tun und die diffusen Linien des LEFORTSchen Magnetits sind höchstwahrscheinlich viel eher eine Folge dieser Unregelmäßigkeiten als eine Folge ihrer geringen Größe.

Wie wir bereits anfangs angedeutet haben, sind wir durch die Verschiebung des Permeabilitätsmaximums bzw. durch Hysteresisänderungen, welche sich bei der Oxydation von Magnetit einstellen, darauf aufmerksam geworden, daß uns Hysteresismessungen vielleicht einen tieferen Einblick in feinbauliche Wandlungen gewähren müßten als sonstige Methoden. Aus diesem Grunde haben wir genaue Hysteresismessungen der auf verschiedenen Wegen hergestellten Magnetite angestellt, über welche wir im folgenden berichten werden:

Für die Messungen verwandten wir außer den drei früher erwähnten Magnetiten auch noch einen, nach der folgenden Methode hergestellten Magnetit: In kochende 20% Natronlauge, welche außerdem noch 40 g KNO_3 gelöst enthält, wird eine konzentrierte Ferrosulfatlösung eingetragen und das Ganze zwei Stunden im Kochen erhalten. Der ausgeschiedene schwarze Magnetit (B. und W.s Magnetit, heiße Methode) wird vollkommen von Natronlauge befreit, mit 50% Essigsäure und Wasser gewaschen und dann bei 100° getrocknet. Der auf diese Weise hergestellte Magnetit zeigt ein Permeabilitätsmaximum bei 400 Gauss. Er

wurde deshalb für die weiteren Messungen verwendet, um einen extremen Fall großer Hysteresis demonstrieren zu können.

Die experimentellen Ergebnisse unserer Hysteresismessungen lassen sich am einfachsten aus den Fig. 2, 3 und 4 ersehen. Die Hysteresisschleifen wurden nur insoweit ausgeführt, als zur Bestimmung der Remanenz und der Koerzitivkraft notwendig war. Die Fläche innerhalb einer ganzen Hysteresisschleife ist annähernd jener Fläche

Magnetisation und Hysteresis in Leforts Magnetit

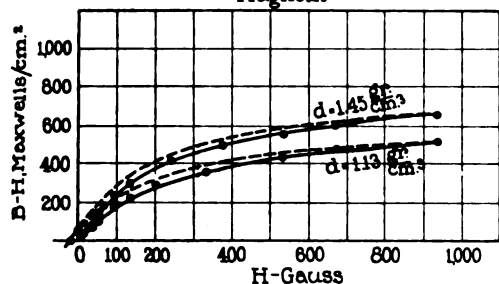


Fig. 2.

Magnetisation und Hysteresis in Habers Magnetit

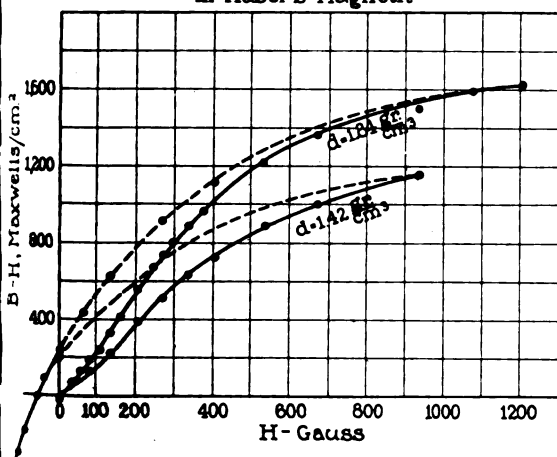


Fig. 3.

proportional, welche von der Magnetisierungskurve und dem ersten Viertel der Schleife gebildet wird. Wir bestimmten den Flächeninhalt mit dem Planimeter. Vergleichen wir die Flächen von LEFORTS, HABERS und B. und W.s Magnetit, so ergeben sich Durchschnittszahlen von 1, 5 und 7.

Was die Unterschiede in der Remanenz und in der Koerzitivkraft der einzelnen Magnetite anbelangt, so beträgt die erstere für LEFORTS, HABERS und B. und W.s je 8, 18 und 34%, während die Durchschnittswerte der dazugehörigen Koerzitivkraft 14, 67 und 149 Gauss betragen.

Wie wir bereits anfangs erwähnt haben, glauben wir nicht, daß die großen Unterschiede magnetischer Natur einzig und allein der verschiedenen

Größe der Krystalle zuzuschreiben sind. Wir glauben vielmehr, daß die „Güte“ der Krystalle eine wichtige Rolle spielt, d. h., daß Raumgitter Anomalien (Atomverlagerungen oder Atomdeformationen) die magnetischen Momente der Elektronen beeinflussen. Man konnte erwarten, daß durch Glühen Atomrücklagerungen eintreten, ähnlich wie dies RINNE beim Glühen von optisch anormalem Topas beobachtet hat. Durch die in der Glühhitze bedeutend größere Bewegung der Atome wird diesen Gelegenheit gegeben, labile oder anormale Stellungen in stabile umzutauschen und Spannungen auszugleichen. Bestehen nun in der Tat im LEFORTSchen Magnetit größere Spannungen als im HABERSchen und beruht der Unterschied der erwähnten magnetischen Anomalien auf diesen Spannungsdifferenzen, so konnte man erwarten, daß durch Glühen der Krystalle ein Ausgleich stattfinden würde. Die geglühten Magnetite sollten, was Permeabilität und

Magnetisation und Hysteresis in B+W Magnetit

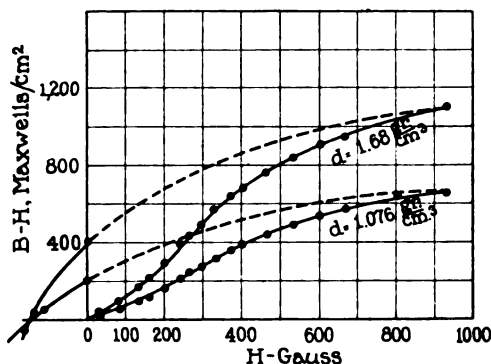


Fig. 4.

Koerzitivkraft anbelangt, wenigstens annähernd gleiche Zahlen aufweisen. Das Experiment bestätigte unsere Annahme vollkommen. Glüht man LEFORTSchen Magnetit und bestimmt mit diesem Produkt das Permeabilitätsmaximum, so ergibt sich die überraschende Tatsache, daß eine Verschiebung von 80 zu 250 Gauss stattfindet. Der unter vollkommen gleichen Verhältnissen behandelte HABERSche Magnetit ergibt dagegen nur eine ganz geringe Verschiebung des Maximums. Beim LEFORTSchen geht die Koerzitivkraft von 30 zu 95 Gauss über. Aus der Fig. 5 lassen sich diese Verhältnisse klar ersehen. LEFORTS und HABERS Magnetit gleichen einander fast vollkommen nach erfolgtem Glühen.

Man wird vielleicht einwenden, daß dieser Befund noch kein vollkommener Beweis dafür ist, daß nicht die Größe, sondern die „Güte“ der Krystalle für unsere magnetischen Befunde verantwortlich zu machen ist. Die viel kleineren LEFORTSchen Krystalle könnten ja durch den Glühprozeß gewachsen sein, wodurch schließlich die durchschnittliche Krystallgröße der beiden

Magnetite gleichen Wert erhalten hat. Wäre das in der Tat der Fall, dann sollten nach dem Glühen beide Magnetite die gleiche Gesamtoberfläche haben und somit auch das gleiche Wasserabsorptionsvermögen aufweisen. Das ist aber nicht der Fall. Während LEFORTS Magnetit nach dem Glühen immer noch 9,6% Wasser absorbiert, beträgt die Absorption nur 2% beim HABERSCHEN.

Ein weiterer Beweis, daß Hysteresis und „Güte“ der Krystalle funktionell miteinander verknüpft zu sein scheinen, ist der folgende Versuch: Wir reduzierten unsere Magnetite mit Wasserstoff bei 1000° zu Eisen und bestimmten die Hysteresis der erhaltenen Eisensorten. Die Koerzitivkraft, d. h. die Kraft, mit welcher der erworbene Magnetismus zurückbehalten wird, beträgt in allen

Hydrat wird in vollkommener Abwesenheit von Sauerstoff bei Zimmertemperatur mit Stickoxyd (NO) behandelt. Das schneeweiße $\text{Fe}(\text{OH})_2$ verwandelt sich unter Reduktion des Stickoxyds rasch zu schwarzem Magnetit. Das Röntgenogramm (s. Tafel 1), welches scharfe Linien aufweist, unterscheidet sich sonst nicht von den anderen Magnetiten. Der neue Stickoxyd-Magnetit gleicht, was seine magnetischen und sonstigen physikalischen Eigenschaften anbelangt, dem HABERSCHEN Magnetit. Die früher gemachte Annahme, daß höchstwahrscheinlich ein Alterungsprozeß des frisch gefällten Ferrohydrats die „Güte“ der Magnetitkrystalle beeinflusst, gilt auch hier. Das frisch gefällte Ferrohydrat wirkt reduzierend auf das Stickoxyd, wobei gleichzeitig ein Teil des Eisens zur Ferristufe oxydiert wird. Eisenoxydul- und Eisenoxydhydrat wirken nun unter Bildung mehrkerniger Komplexsalze aufeinander ein, welche weiter in Magnetit $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ umgewandelt werden. Während dieser Zeit kann eine gute Ausbildung des Magnetitgitters erfolgen, und man darf annehmen, daß deshalb der Stickoxyd-Magnetit dem HABERSCHEN und B. und W.s. und nicht dem LEFORTSchen Magnetit gleicht.

Aus diesen wenigen Versuchen läßt sich auf jeden Fall bisher so viel ersehen, daß geringe Verunreinigungen keinen entscheidenden Einfluß auf die Resultate unserer magnetischen Messungen haben können. Damit ist natürlich nicht ausgeschlossen, daß unter Umständen sehr geringe Mengen Fremdstoffe einen großen Einfluß diesbezüglich ausüben können. Solche Verhältnisse bestehen bekanntlich, was die katalytische Kraft anbelangt, bei den Magnetiten, welche bei der HABERSCHEN Ammoniaksynthese verwendet werden. Ganz geringe Mengen von Fremdstoffen, z. B. Aluminiumoxyd, beeinflussen hier den Katalysator außerordentlich.

Es ist, soviel wir wissen, bisher kein systematisches Studium begonnen worden, ob zwischen den katalytischen Eigenschaften der Magnetite, der „Größe“ und „Güte“ ihrer Krystalle und ihrem magnetischen Verhalten, funktionelle Beziehungen bestehen. Die Magnetite sind für ein derartiges Studium sehr geeignet, da, wie aus unseren Ausführungen hervorgeht, tatsächlich direkte Beziehungen zwischen der „Größe“ und „Güte“ der Krystalle und ihrer Remanenz und Koerzitivkraft vorhanden sind. Es wäre zweifellos theoretisch und evtl. auch praktisch von Interesse, ob Fremdstoffe — wie z. B. Aluminiumoxyd — Atomverlagerungen bedingen können, ähnlich wie sie RINNE zufolge Atomsstitution bei isomorphen Mischungen beobachtet hat.

Es scheint ein unmittelbarer Zusammenhang zu bestehen zwischen den hier beschriebenen Versuchen und neueren Arbeiten über die ferromagnetischen Eigenschaften von Einkristallen und Poly-

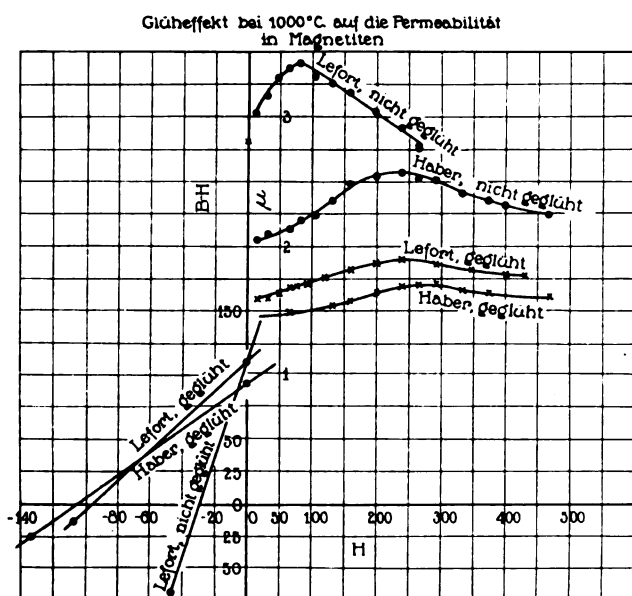


Fig. 5.

Fällen 20 und 19 Gauss. Wie wir sehen, sind die vor der Reduktion bestehenden großen Differenzen der Koerzitivkraft verschwunden. Das würde heißen — wenn wir die Größe der Krystalle als maßgebend für ihre Koerzitivkraft ansehen —, daß die durch den Reduktionsprozeß gebildeten Eisenkrystalle der drei erwähnten Magnetite nun die gleiche durchschnittliche Größe besitzen. Diese Annahme ist sehr unwahrscheinlich, weil alle drei Magnetitarten, was Reduktion, Temperatur und Zeit anbelangt, gleich behandelt wurden, somit allen drei Krystallarten in gleichem Maße Gelegenheit zum Wachsen gegeben war.

Außer der Größe und „Güte“ der Krystalle müssen wir noch den Einfluß geringer Mengen von Fremdstoffen, welche z. B. als Verunreinigungen den Ausgangsmaterialien beigemengt sind, ins Auge fassen. Um Kaliumnitrat bei der Oxydation auszuschließen, stellten wir uns Magnetit auf einem neuen Wege dar. Frisch gefälltes Ferro-

krystallen aus reinem Eisen, so z. B. ein offensichtlicher Parallelismus in den Ergebnissen der Versuche über die Veränderung der Hysterese durch Wärmebehandlung. Auch aus diesen Eisenversuchen wird gefolgert, daß die Güte der Ausbildung sehr kleiner Krystallbereiche für die magnetischen Konstanten — und bezeichnenderweise gerade für Permeabilität und Hysterese — maßgeblich ist. So scheint auch hier die magnetische Untersuchung

ein Werkzeug zur Ermittlung feinbaulicher Strukturänderungen darzustellen, welche sich in Bereichen abspielen, die klein sind gegenüber den der Röntgenstrahlanalyse zugänglichen Dimensionen.

Je besser wir über feinbauliche Wandlungen orientiert sind, um so tiefer werden wir in die geheimnisvollen Beziehungen, welche zwischen Atomarchitektur, Oberflächenwirkung und biologischen Vorgängen bestehen, eindringen können.

„Organisatoren“ bei regenerativen Prozessen.

VON WILHELM GOETSCH, München.

Es ist wohl kein Zufall, daß in einer Zeitepoche, die überall neu organisierende Kräfte erstrebt, auch in der Biologie der Begriff des „Organisators“ aufgetaucht ist: in der Entwicklungsmechanik, deren Begründer, WILHELM ROUX, kürzlich gestorben ist (1). In diesem speziellen Teil der Gesamtbilogie stehen bekanntlich Probleme zur Diskussion, wie aus den indifferenten Elementen des Eis ein neuer Organismus wird. Bei der Erforschung der Kräfte, welche den fertigen Frosch oder Molch entstehen lassen, machte H. SPEMANN (2) die Entdeckung, daß gewisse Teile des jungen Keimes frühzeitig in der Entwicklung voraus sind und, wenn sie ein bestimmtes Stadium erreicht haben, die Fähigkeit besitzen, das noch nicht differenzierte Material in ihrem Sinne zu beeinflussen. Und zwar nicht nur dann, wenn sie sich in normaler Lage befinden, sondern auch an allen möglichen Stellen, in die man sie verpflanzt. So erregt beispielsweise ein Stück aus der oberen Urmundlippe einer jungen Molch-Gastrula eine sekundäre Embryonalanlage auch in einem artfremden Keim, wobei nicht nur das Material des eingepflanzten Keimes weiterwächst, sondern auch Zellen des Wirtes weitgehend zum Aufbau herangezogen werden. Solche Keimteile, die andere indifferentere Elemente in ihrem Sinne bestimmen und mithin auf sie organisatorisch wirken, nannte SPEMANN *Organisatoren*.

Erscheinungen, welche an derartige Organisatoren erinnern, lassen sich nun nicht nur bei den ontogenetischen Prozessen feststellen, bei denen aus dem Ei sich der fertige Organismus entwickelt, sondern auch bei der ungeschlechtlichen Vermehrungsweise und den Vorgängen der Regeneration; sie sind dort manchmal bereits früher aufgefunden und als Vegetations- oder Direktionspunkte oder -zentren bezeichnet worden (3). Wie weit solche Erscheinungen mit den ontogenetischen Organisatoren in Parallele zu setzen sind, und wieweit sich infolge der veränderten Verhältnisse Abweichungen ergeben, soll hier an der Hand von neuen Versuchen wiedergegeben werden, die an den klassischen Objekten der Regeneration, den Süßwasserpolyphen, den Amphibien und den Strudelwürmern ausgeführt worden sind.

Die Knospen der Süßwasserpolyphen (Hydra, Palmatohydra, Chlorohydra), die dort der ungeschlechtlichen Fortpflanzung dienen, ent-

sprechen am meisten dem Begriff des Organisators. Setzt man sie durch Schädigung des Muttertieres anderen Bedingungen aus, so entwickeln sie sich trotzdem weiter; sie beginnen dann die verbleibenden Reste des mütterlichen Körpers umzuorganisieren und sich einzuverleiben, was ihnen auch bei den weniger hoch differenzierten Teilen gelingt. In früheren Arbeiten habe ich bereits einige derartige Experimente dargestellt (3a), bei denen alles Material des alten Tieres in die Knospe einbezogen wird, mit Ausnahme des besonderen Zwecken angepaßten Stielteiles, der noch lange Zeit funktionsfähig bleibt.

Auch bei Transplantationen beweisen sie ihre Kraft, anderes Material in ihrem Sinne zu beeinflussen. Wird z. B. in die Nähe einer wachsenden Knospe ein Stück eines anderen Tieres eingepflanzt, das zur genaueren Kenntlichmachung durch symbiontische Algen grün gefärbt ist (4), so wird dies fremde Stück mit in die Knospe einbezogen. Man kann daraus schließen, daß der Einfluß der wachsenden Knospe ziemlich weit in den mütterlichen Körper hineinreicht und dort sein Aufbaumaterial entnimmt. Besonders schön zeigt sich dieser Einfluß, wenn man junge Knospenspitzen an irgendeiner Stelle eines anderen Tieres einsetzt. In Fig. 1 ist dies dadurch geschehen, daß ein kleiner Streifen einer hellbraunen Hydra mit ganz junger Knospe in die Mitte einer dunkelgrünen eingepflanzt worden ist, und zwar an eine Stelle, die etwas oberhalb der gewöhnlichen Knospungszone liegt.

In Fig. 1a sehen wir den Zustand, in dem sich der zusammengesetzte Organismus unmittelbar nach der Operation befindet: das dunkle Tier wurde in der Mitte auseinander geschnitten, von dem hellen der die Knospe enthaltene Teil herausgenommen, und diese 3 Teile sind auf ein durchgestecktes Haar aufgereiht, das die Verwachsung in richtiger Lage gewährleisten soll. Nach einigen Stunden ist meist eine Verklebung eingetreten, während die eigentliche Verwachsung nach ein bis 2 Tagen erreicht ist (Fig. 1b). Die junge Knospe wird durch die Transplantation in keiner Weise gestört, sie wächst vielmehr weiter, wie dies Fig. 1c zeigt. Hier machen wir aber schon die Bemerkung, daß nicht nur der helle Streifen von der Knospenbildung betroffen ist; vielmehr wird von den dunklen Bezirken Material herangeholt, und zwar

immer mehr, je größer das junge Tier wird (1d). Schließlich bestehen ganze Streifen der Knospe aus andersartigem Material; dies hindert aber nicht, daß sie sich völlig ausbildet und zuletzt ablöst (1e). Unter ihr, in normaler Lage, tritt dann eine neue Knospungszone auf.

An den letzten Bildern kann man infolge der Versuchsanordnung förmlich ablesen, wie weit der Einfluß der Knospe reicht: oberhalb und unterhalb mußte er sich weiter erstrecken als der eingesetzte helle Streifen, da dieser nicht nur ganz einbezogen wurde, sondern sogar noch Teile darüber und darunter; seitlich bis über die Mittellinie des Muttertieres hinaus, denn dort bleibt der helle Streifen nur an den entgegengesetzten Partien völlig unberührt. Man versteht jetzt, daß durch derartige Zugkräfte die der Knospungsbildung gegenüberliegende Seite ausgebuchtet werden kann (5),

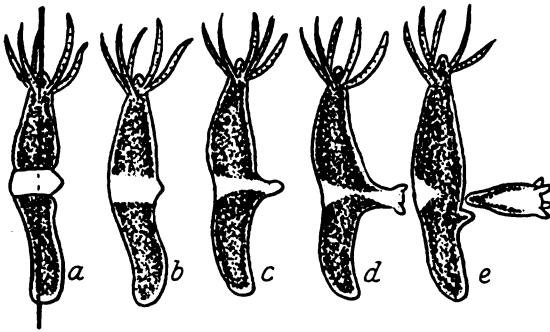


Fig. 1a: Einsetzung eines hellen (braunen) Streifens mit Knospe in die Mitte einer dunklen (durch Algen grün gefärbten) Hydra attenuata.

Fig. 1b: Verwachsung vollendet.

Fig. 1c und d: Knospe wächst weiter und zieht dunkles Material an sich.

Fig. 1e: Knospe löst sich los.

was bei materialärmeren Tieren noch deutlicher in Erscheinung tritt als bei der Hydra in Fig. 1, die infolge der Transplantation eher zuviel Reservestoffe besitzt.

Die durch solche Versuche deutlich abgrenzbare Einflußsphäre eines „Organisators“ ist analog den elektrischen und anderen Kraftfeldern als Wirkungs- oder Organisationsfeld zu bezeichnen, ein Ausdruck, der ebenfalls von SPEMANN geprägt wurde, dem dabei die doppelte Analogie mit einem Kraftfeld und mit dem Wirkungsbereich menschlicher Organisatoren vorschwebte (2a).

Versucht man in ähnlicher Weise wie bei den Knospen auch bei regenerativen Prozessen bestimmte Einflußzonen festzustellen, so macht man die Erfahrung, daß dies bei frühen Regenerationsstadien nicht gelingt. Vielmehr werden Stücke, die in der Größe einer jungen Knospe entsprechen, bei der Transplantation vom Wirt in Anspruch genommen und verbraucht, ohne selbständige Entwicklung durchmachen zu können. Erst wenn diese Prozesse eine Zeitlang ungestört in Tätigkeit waren, verhält sich ein Regenerat ebenso wie eine

Knospe. Es muß demnach erst eine bestimmte Entwicklungshöhe erreicht worden sein, damit eine organisatorische Wirkung erzielt werden kann (6).

Sehr schön läßt sich der Einfluß höherer Differenzierung auf undifferenzierte Massen bei den Versuchen demonstrieren, die zur Umkehrung der Polarität führen sollten.

Im allgemeinen sucht der Organismus die polare Einstellung seiner Teile unbedingt zu wahren; auch wenn er außerordentlich regenerationsfähig ist, entsteht nach Verlust eines Hinterendes oder einer vorderen Partie nur das Verlorene gegangene und nichts anderes, und bei Transplantationen werden die eingesetzten Teile nach Möglichkeit so verlagert, daß sie sich der normalen Polarität einordnen. Schneidet man beispielsweise 2 Polypen die Vorderenden ab und fügt sie mit ihren Wundflächen zusammen, so kann auch bei einer solchen ungewöhnlichen Verbindung eine Verwachsung erzielt werden (Fig. 2a und b). Das auf diese Weise eingeklemmte Bildungsmaterial muß sich bei seinen Versuchen zur Betätigung an der Verwachsungsstelle stauen, und so entsteht dort ein gemeinsamer Vegetationspunkt, der aus hellem und dunklem Material besteht (2c, 2d). Wie die wachsende Knospe wirkt dann dieser Vegetationspunkt organisatorisch: Das gesamte Material ordnet sich ihm unter, indem die hinteren Teile sich immer mehr zusammenlegen, und durch ihre Verwachsung wird dann ein einheitlicher Organismus hergestellt. Nur der Stielteil mit der Fußscheibe widerstrebt auch hier infolge höherer Differenzierung der Einordnung.

Die regulierenden Kräfte wirkten demnach so, daß keine Änderung der Polarität einzutreten brauchte: ähnlich wie bei der Knospungsbildung wurde eine senkrechte Achsenstellung eingenom-

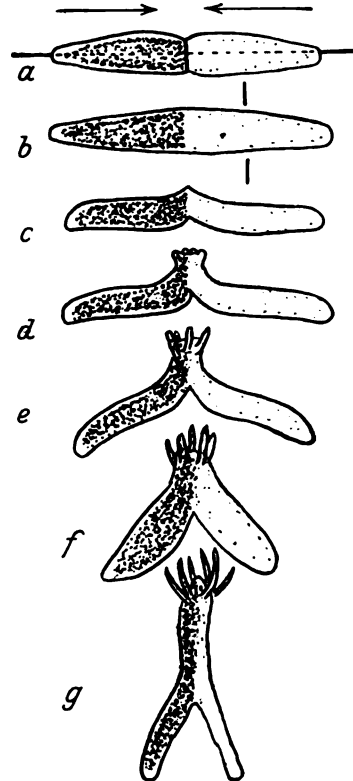


Fig. 2a: Vereinigung zweier Unterenden in antipolarer Lage; b: Verwachsung vollkommen; c: und d: Ausbildung eines gemeinsamen „Vegetationspunktes“, der schließlich alle übrigen Teile bis auf den speziellen Funktionen angepaßten Fuß „umorganisiert“.

Nur der Stielteil mit der Fußscheibe widerstrebt auch hier infolge höherer Differenzierung der Einordnung.

Die regulierenden Kräfte wirkten demnach so, daß keine Änderung der Polarität einzutreten brauchte: ähnlich wie bei der Knospungsbildung wurde eine senkrechte Achsenstellung eingenom-

men, welche es den Materialien ermöglichte, ohne polare Umstellung einzuströmen.

Anders wird es, wenn wir nach Verwachsung der beiden Hinterenden in der Art der Fig. 2a einen Schnitt so legen (Fig. 2b rechts), daß von dem einen Teil nur noch ein kleines Stück übrigbleibt. Dann entstehen in diesem unter Umkehrung der polaren Verhältnisse Tentakeln an einer Schnittfläche, die normalerweise ein Hinterende zu bilden hätte.

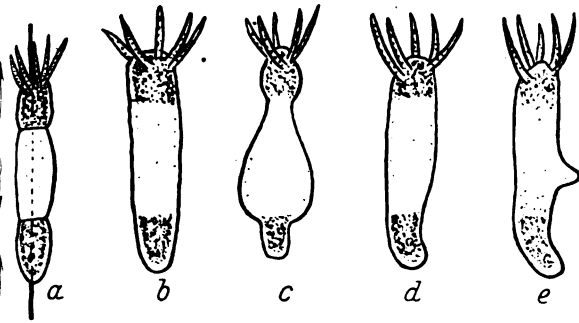


Fig. 3: Polaritäts-Umkehr eines eingesetzten hellen Mittelstückes. Nach Vereinigung (a, b) ist zunächst die umgekehrte Stellung des Mittelstückes erkennbar (c). Später wird vollkommene Einheitlichkeit hergestellt (d), mit Knospung (e).

Zur Erklärung solcher auffallender Erscheinungen konnte angenommen werden, daß durch das kleine, antipolar aufgesetzte Stück Material von dem größeren hindurchgewandert sei. Da bei diesen neuen Versuchen aber verschieden gefärbte Individuen verwandt wurden, hätte eine Materialverschiebung sichtbar werden müssen. Auch die Annahme, daß die größere Masse irgendwie die kleinere überstimmt, ist durch weitere Versuche unhaltbar geworden.

Schneidet man einer Hydra die obere und die untere Region ab und setzt an die Stelle eines Kopfes den Fuß und an die Stelle eines Fußes den Kopf eines anderen Tieres an (Fig. 3a), so findet auch hier eine allmähliche Umkehrung des eingeklemmten Mittelstückes statt, obwohl die Massenverhältnisse ungefähr gleich sind.

Entscheidende Resultate lieferten aber die Experimente, die der Fig. 4 zugrunde liegen. Ein intaktes Stielende, das in seiner Eigenschaft als Anheftungsorgan höher differenziert ist, und infolgedessen selbst keinen Kopf mehr bilden kann, wurde mit umgekehrter Polarität an die Stelle eines Tentakelkranzes eingesetzt (4a). War die Verheilung erfolgt, so zerschnitt ich das ganze System in 2 Hälften. Die Hälfte, welche eine ungestörte Polarität besaß, entwickelt in der normalen Zeit von 3—5 Tagen einen neuen Tentakelkranz; die andere, in Fig. 4c allein aufgezeichnete Hälfte bekam erst alle möglichen Aussackungen und Wülste, ehe regenerative Prozesse zu beobachten waren. Nach 7—10 Tagen bildete aber auch sie Tentakel aus: an der Stelle nämlich, an der man einen Stiel erwartet hätte (Fig. 4f, g).

Auch bei diesen Versuchen war niemals eine Durchsetzung der Teile bemerkbar, gleichgültig ob man einen grünen Stiel auf ein braunes Mittelstück aufsetzte wie in Fig. 4 oder umgekehrt.

Ein kleines hochspezialisiertes Fußteilchen, das selbst nicht entwicklungsfähig ist, vermag demnach weit größere Massen umzuorganisieren und ihnen seine Entwicklungsrichtung aufzuzwingen; und da, wie andere Versuche zeigten, auch der Tentakelkranz ähnliche Kräfte besitzt, müssen wir derartig umorganisierende Wirkungen hochspezialisierter Teile auch bei den anderen Polaritätsumkehrungen annehmen; nicht die undifferenzierte Masse, sondern die höhere Organisation siegt.

„Umstimmungen“ bei Regeneraten, die eigentlich zu etwas anderem bestimmt waren, sind neuerdings auch bei den Amphibien geglückt, nachdem es einige Zeit so aussah, als ob es dort nur herkunftsgemäße Entwicklung gäbe. Bildete sich doch beispielsweise eine junge Beinknospe auch dann zu einer Extremität aus, wenn man sie in die Augenhöhle einsetzte. Einer der letzten Versuche, bei dem die Umstimmung erfolgte, ist so schlagend, daß er allein angeführt zu werden braucht.

P. WEISS schnitt einem jungen Molch die Schwanzspitze ab. Als sich dort eine Regenerationsknospe gebildet hatte, wurde sie abgeschnitten und in die Körperwand eingepflanzt. Die Einfügung geschah nicht an die Stelle eines herausgenommenen Beines selbst, um den Einwand zu entkräften, daß vielleicht von der Wunde aus regeneratives Beingewebe eingewachsen wäre, sondern unmittelbar neben die vordere Extremität (7). Im günstigsten Fall heilte sie dort ein und lieferte einen Vorderfuß. Diese Entstehung einer Extremitätenbildung aus Schwanzmaterial illustriert wohl am besten das, was mit dem Ausdruck Wirkungs- oder Organisationsfeld gemeint ist: ein Bein wurde das noch nicht differenzierte Gewebe deshalb, weil es in das Feld eines anderen Beines geriet.

Bei dem dritten Objekt regenerativer Forschung, das seine Unsterblichkeit unter des Messers Schneide mit vielen Experimenten bezahlen muß, sind die Untersuchungen über Organisationszentren und -felder ebenfalls in Fluß gekommen: nachdem wir die Möglichkeit erfolgreicher Transplantation ausprobiert hatten, untersuchte H. GEB-

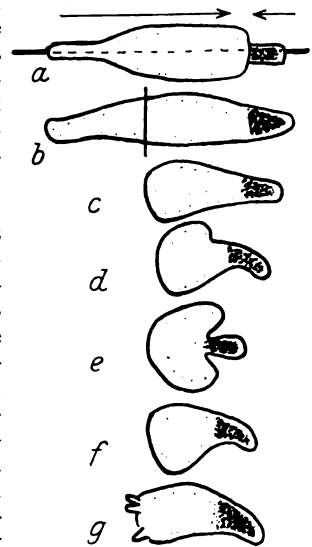


Fig. 4: Polaritäts-Umkehr durch eingesetzten Fuß. (S. Text.)

HARDT auf meine Veranlassung an den *Planarien* die Determination der Regenerate genauer (8).

Die Methode besteht bei den *Planarien* darin, daß zuerst an einem Versuchstier eine Wunde gesetzt wird, an dem die regenerativen Prozesse entweder einen Kopf oder einen Schwanz zu bilden versuchen, je nachdem ein vorderes oder ein hinteres Ende weggenommen wurde. Solche sog. Kopf- oder Schwanzknospen werden auf den verschiedenen Altersstufen abgeschnitten und in ein experimentell erzeugtes Loch eines anderen Tieres, die Unterlage, eingesetzt. Darüber gedecktes Seidenpapier und kleine Blei- und Glasstückchen pressen das Transplantat dann fest. Die Einheilung erfolgte in ungefähr 30% der Fälle und lieferte damit Resultate, wie sie sonst bei *Planarien*regenerationen nicht zu erreichen sind.

Je nach dem Alter der Knospen und der Körperregion, der sie entnommen oder in die eingesetzt wurden, zeigten sich ganz bestimmte Verhältnisse. Kopf- und Schwanzknospen, bei denen sich die Regeneration länger als 2—3 Tage ungestört auswirken konnte, ergaben in allen Körperregionen das, wozu sie bestimmt waren, d. h. Köpfe und Schwänze. Sie waren dem-

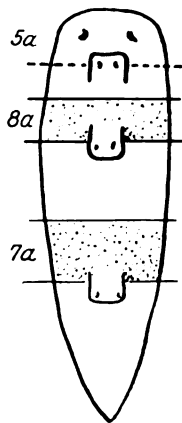


Fig. 5. „Heteromorphose“ bei *Planaria lugubris*: Ein unmittelbar hinter den Augen abgeschnittenes Vorderende (vergl. Fig. 6 bei 5a) hat einen nach hinten gerichteten Kopf mit kleinen Augen gebildet.

Fig. 6. Übersichtsbild für eine Anzahl von Transplantations-Versuchen: Eingesetzte Regenerate haben sich zu Köpfchen ausgebildet.

nach schon fest determiniert und nicht mehr umstimmbare.

Jüngere Regenerationsknospen ließen sich dagegen noch von ihrer Unterlage beeinflussen. Besonderes Interesse boten dabei die Schwanzknospen, die in die Augenregion eingepflanzt wurden (Fig. 6). Sie konnten sich nämlich in einigen Fällen zu Köpfen ausbilden, und zwar nicht nur zu regulären mit 2 Augen, sondern auch zu Monstrositäten, bei denen an jeder freien Stelle kopfartige Gebilde entstanden, wenn das Transplantat beim Einsetzen verletzt worden war (wie z. B. die Fig. 17 in der Arbeit von GEBHARDT zeigt).

Nach den bereits erwähnten Erfahrungen bei anderen Objekten werden diese Verhältnisse so erklärt werden müssen, daß die hochdifferenzierten Kopfpforten ein Organisationsfeld darstellen, in denen die noch nicht differenzierten Teile dem Einfluß des schon vorhandenen erliegen.

Daß diese Erklärung große Wahrscheinlichkeit besitzt, lehrten weitere Versuche meines Schülers Y. Ii. Bei seinen Experimenten, die Polarität bei Strudelwürmern umzukehren, spaltete er einer *Planarie* durch einen schrägen Schnitt in der Art der Fig. 9 den Kopf zum Teil ab. Nach den Erfahrungen anderer Versuche hätte man an dem Regenerationskegel, der von diesem abgespalteten Kopf schräg nach hinten ging (9b), ein Hinterende erwarten sollen, während der nach vorn gerichtete Zipfel des hinteren Stückes einen Kopf zu liefern hätte. Das letztere trat auch wirklich ein; an Stelle des erwarteten Schwanzes wurde aber ein weiterer Kopf gebildet, so daß die *Planarie* nun insgesamt 3 Köpfe besaß (9c). Auch hier läßt sich nur die eine Erklärung finden, daß das undifferenzierte Gewebe unter dem Einfluß des alten sowie des neu entstehenden Kopfes selbst zum Vorderende wurde.

Mit diesen Beobachtungen gleichzusetzen ist dann endlich eine schon längere Zeit bekannte sog. Heteromorphose. Mit diesem Namen belegte J. LOEB alle Bildungen, die an Stelle des Erwarteten etwas anderes regenerierten; so die kopfartigen Gebilde, die dann entstehen können, wenn das Vorderende unmittelbar hinter den Augen abgetrennt wird (Fig. 5). Auch hier handelt es sich um den Einfluß des Kopffeldes, das die regenerativen Prozesse in seinem Sinne gestaltet.

Wie bereits erwähnt, erlischt die Beeinflussbarkeit der *Planarien*regenerate nach ungefähr 3 Tagen. Sie sind dann soweit determiniert, daß ihre Entwicklung unbeirrt weitergeht, auch wenn man sie in andere Tiere einsetzt. Daß sie unter solchen Umständen selbst Organisatoren werden, die auf die Unterlage Einfluß ausüben, soll zum Schluß an einigen Beispielen gezeigt werden.

Setzt man eine ältere Kopfknospe in ein anderes Tier ein und entfernt nach der Einheilung den alten Kopf, wie dies in Fig. 6 durch die gestrichelte Linie angedeutet ist, so rückt das eingesetzte Stück allmählich nach vorn. Es zieht die vor oder seitlich von ihm liegenden Teile in sich ein, gerät damit an das Vorderende und übernimmt dann die Direktion des Ganzen. Durch Materialverschiebungen in den Kopfteil hinein nimmt das Vorderende bald an Größe zu, und nach kurzer Zeit kann man dem Tier in keiner Weise anmerken, daß es aus 2 Teilen zusammengesetzt ist.

Um die Aufgaben des eingesetzten Transplantates noch zu steigern, versuchte ich, ob solche Kopfknospen auch dann das Material sich unterordnen, wenn man sie mit Umkehrung der Polarität in ein anderes Tier einsetzt. Auch diese Versuche gelangen, wenn man wie in Fig. 7 und 8 nur kleine Teile an dem Transplantat stehen läßt (vergl. hierzu in Fig. 6 die mit 7a und 8a bezeichneten Teile).

Solange die eingesetzte Knospe kleine Dimensionen besitzt, ist sie den Bewegungen der Unterlage ausgeliefert, die sich stets von neuem anzuheften

und in dieser Lage zur Regeneration zu schreiten sucht. In der Fig. 8e ist dies auch gelungen, und ein neuer Kopf wurde gebildet. Trotzdem suchte hier und noch mehr in dem Versuch der Fig. 7c der eingesetzte kleine Kopf die Direktion sofort an sich zu reißen, als er sich genügend mit Material gesättigt hatte, um auch quantitativ der Unterlage die Wage zu halten (8d und 7d). Durch energische Kriechbewegungen wurden die alten Teile nach hinten umgeklappt, und bei 7e schon frühzeitig der Rest der Unterlage zu einem tütenartigen Gebilde zusammengekehrt und nach und nach aufgesogen.

Bei dem Versuch der Fig. 8 gelang die Umstellung allerdings nicht sofort, da ein neuer Kopf regenerierte, der nun seinerseits die Direktion an sich zu reißen suchte. Erst nachdem die neu entstandenen Regenerate durch Schnitte, die in Fig. 8e angedeutet sind, entfernt worden waren, setzten Umlagerungen ein (8f und g), die sicher auch hier mit einer Aufsaugung geendet hätten, wenn das Tier nicht zu einem Präparat verarbeitet worden wäre.

Über die genauere Wirkungsweise der Zentren, deren Erfolge wir uns hier in kurzen Zügen angesehen haben, wissen wir leider noch nichts Näheres. Es ist vermutet worden, daß hier eine mikrochemische Beeinflussung eine Rolle spielt; eine Ausdrucksweise, die allerdings nur einen

Substanz den Anreiz gibt, daß Kopfheteromorphosen in der Art der Fig. 5 und 9 entstehen. Bei Hydren ließen sich allerdings wenigstens Anzeichen einer chemischen Wirkung finden. In einer Kulturflüssigkeit, die 30—50 zerriebene Vorderenden enthielt, wurde die Ausbildung von Füßen verzögert, und umgekehrt verhinderten zerriebene Stielteile eine Zeitlang die Ausbildung von Köpfen. Da aber auch in den kleinsten Mittelstücken einer Hydra durch die Anwesenheit eines weit hineinreichenden Kopf- und Fußfeldes die Polarität gegeben ist, bleibt auch in einem Brei aus Vorder- oder Hinterenden immer ein kleines „Plus“, das schließlich doch wieder die einzelnen Teile in ihrer bestimmten Lage entstehen läßt. Nur wenn man diese selbst in den kleinsten Teilen vorhandene Polarität ausschalten könnte, ließe sich ein einwandfreies Resultat erwarten. Versuche, diese Bedingungen zu realisieren, sind bereits unternommen worden; auf sie einzugehen muß aber einer weiteren Veröffentlichung vorbehalten bleiben (9).

An der Tatsache, daß bei generativen Prozessen Organisationszentren und -felder vorhanden sind,

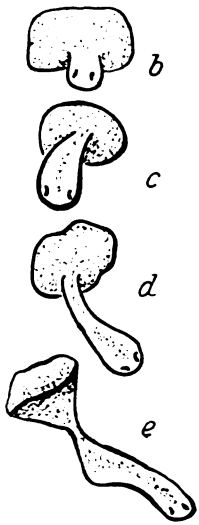


Fig. 7: Die mit verkehrter Polarität eingesetzte Kopfknospe (vergl. 7a in Fig. 6) wird mit einem schmalen Streifen der Unterlage herausgeschnitten (b). Sie wächst auf dessen Kosten (c, d) und beginnt ihn „umzuorganisieren“ (e).

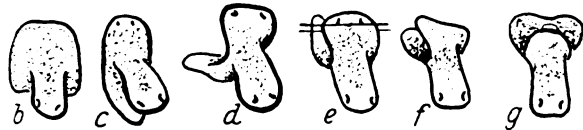


Fig. 8. Versuch ähnlich wie in Fig. 7. Vergl. hierzu 8a in Fig. 6.

Namen an Stelle einer Erklärung gibt. Läge eine chemische Beeinflussung vor, so müßte es möglich sein, an Wundflächen dadurch bestimmte Gebilde zu erzielen, daß man dort die aus den den betreffenden „Organisatoren“ gewonnenen Stoffe wirken läßt. Derartige Versuche habe ich bei Planarien und Hydren oft unternommen; ich versuchte beispielsweise, mit einem Brei, der aus einer großen Anzahl zerquetschter Vorderenden gewonnen war, an bestimmten Stellen Köpfe zu erzielen. Die Experimente haben bei den Planarien zu keinem Resultat geführt, und ich bin geneigt anzunehmen, daß nur die lebende noch mit Nerven ausgerüstete

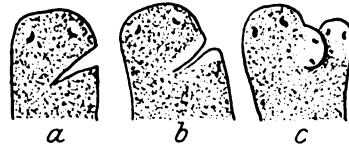


Fig. 9: Der Kopf einer Planaria lugubris wird unmittelbar hinter den Augen schräg gespalten (a). Es bilden sich sowohl aus dem nach vorn gerichteten Regenerationszapfen ein Kopf (normal) wie auch aus dem nach hinten wachsenden Kegel („Heteromorphose“). (Nach Y. Li.)

ändert natürlich unsere vorläufige Unkenntnis ihrer genauen Wirkungsweise nichts. Es fragt sich nur zum Schluß noch, ob die Organisatoren bei der Regeneration denen der Ontogenese restlos gleichzusetzen sind. Ich glaube dies nicht, und möchte die Unterschiede an einem schon an anderer Stelle von mir gebrauchten Gleichnis erläutern (6).

Bei der Entwicklung tierischer Organismen aus dem Ei stellt sich das Ausgangsmaterial dar als ein Zellhaufen, der reichlich mit Nahrung versehen wurde und vollkommen darauf eingestellt ist, irgendeine Entwicklung einzugehen. Es ist demnach einer Schar jugendlicher kraftstrotzender Menschen zu vergleichen, die noch ohne bestimmte feste Ziele darauf warten, ihrem Tatendrang Luft zu schaffen. Taucht in einer solchen Schar ein Mann mit bestimmt gerichteten Ideen auf, so wird seiner Losung begeistert gefolgt, und durch Weitergabe der Losung wird bald auch der Letzte einer bestimmten Aufgabe eingeordnet sein. In dieser Weise ist das Auftreten eines „Organisators“ im Amphibienei zu denken, wie ihn SPEMANN beschrieben hat.

Bei den regenerativen Prozessen an erwachsenen Organismen liegen die Verhältnisse anders

Dort war die Entwicklung schon abgeschlossen und alles ins Gleichgewicht gebracht. Einzelne Partien haben sich in bestimmter Richtung differenziert und zu ganz speziellen Funktionen angepaßt, für die sie allein noch geeignet sind.

Das noch vorhandene Reservematerial dient nur dazu, Abnutzungen zu ersetzen, und ist hierauf schon bis zu einem gewissen Grade vorbereitet. Wird in einem solchen System der Gleichgewichtszustand gestört und eine Wunde geschaffen, so erfährt nur die Region, die durch den Schnitt oder die Verletzung betroffen wird, eine Störung. Das eingeklemmte Reservematerial wird frei und beginnt sich auszuwirken, oft aber nur zur Wiederherstellung der vorherigen Verhältnisse. Ist dies geschehen, so hört die Entwicklung wieder auf, und nur bei stärkeren Eingriffen läßt sich eine Fernwirkung auf nicht unmittelbar betroffene Stellen erwarten.

Es ist offensichtlich, daß auf solch ausgebildetes System ein eingefügter „Organisator“ ganz anders wirken muß als auf eine Anhäufung von nur jugendlichem Material. Er wirkt etwa in derselben Weise wie ein Prophet auf eine wohl eingerichtete Gesellschaftsordnung. Es wird ihm auch dort gelingen, tatendurstige jugendliche in seiner Richtung zu bestimmen; bis tief ins Innere wird sein Einfluß aber nur sehr allmählich wirken können, wenn überhaupt eine Wirkung eintritt. Viele der Jungen, die unter anderen Umständen vielleicht folgen würden, werden auch zögern und sich lieber als Ersatz und Nachfolger der Älteren verwenden lassen, da sie sich darauf schon irgendwie eingestellt haben. Wenn es gelingt, auch da organisatorisch zu wirken und vielleicht ganze Teile loszureißen, so werden bei der gegenseitigen Verkettung dann auch Ältere mit beteiligt sein und damit einen Einfluß gewinnen.

Auf diese Weise kann es, wenn die Bewegung stark genug geworden ist und genügend Massen in Fluß gekommen sind, schließlich zu einer Koloniebildung oder sonstigen Spaltung kommen; ja es kann sogar vielleicht die Gesamtheit der neuen

Leitung folgen, was besonders dann geschehen wird, wenn die alte Organisation stark geschwächt war. Meist wird sich aber bald ein Gleichgewichtszustand ergeben, der nicht immer harmonisch zu sein braucht und nur durch die nach beiden Richtungen strebenden Kräfte bedingt sein kann.

Wir könnten, wenn wir die hier behandelten Versuche durchgingen, wohl für jedes Resultat ein der menschlichen Geschichte entnehmbares Vergleichsbild finden, das zwar wie alle Gleichnisse niemals ganz stimmen würde, aber doch die Verhältnisse im wesentlichen zu charakterisieren vermöchte. Wir müssen es uns jedoch versagen, im einzelnen zwischen organischen und politischen „Organisatoren“ ausführlichere Vergleiche anzustellen.

Eine experimentelle Bearbeitung der Frage, ob ontogenetische Organisatoren mit regenerativen Materialien verbunden werden können, ist in Angriff genommen.

Literatur:

- 1) D. BARFUTH, Zeitschr. f. wiss. Biol., Abt. D: Wilh. Roux' Arch. f. Entwicklungsmech. d. Organismen **104**, 1925.
- 2) H. SPEMANN, Über Organisatoren in der tierischen Entwicklung, Naturwissenschaften 1924, S. 1092.
- 2a) H. SPEMANN, Erzeugung tierischer Chimären, Arch. f. Entwickl.-Mech. **48**, 568. 1921.
- 3) W. GOETSCH, Neue Beobachtungen und Versuche an Hydra III, Biol. Zentralbl. **40**, 457. 1920.
- 3a) W. GOETSCH, Tierkonstruktionen. München 1925. S. 194.
- 4) W. GOETSCH, Hydra und Alge in neuer Zellsymbiose, Naturwissenschaften 1922, S. 202.
- 5) Vgl. Fig. Naturwissenschaften 1922, S. 204.
- 6) W. GOETSCH, Regeneration und Determination, Biol. Zentralbl. **45**, 641. 1925.
- 7) P. WEISS, Morphodynamik, Abh. f. theoret. Biol. 1926, H. 23.
- 8) H. GEBHARDT, Über die Determination bei Planarien und Regeneraten, Zeitschr. f. wiss. Biol., Abt. D: Wilh. Roux' Arch. f. Entwicklungsmech. d. Organismen **107**, 684. 1926.
- 9) W. GOETSCH, Untersuchungen über Polarität. Sitzungsber. d. Ges. f. Morphol. u. Physiol. München 1926.

Besprechungen.

PASCAL, PAUL, **Explosifs, Poudres, Gaz de Combat**. Paris: Librairie scientifique J. HERMANN 1925. VIII, 296 S. und 118 Abbildungen. 16 × 35 cm. Preis geh. Fr. 35.—.

Das Werk ist eine Wiedergabe der Vorlesungen an der Faculté des Sciences de Lille. Es zerfällt in vier Teile. Im ersten wird die Theorie der Explosivstoffe besprochen, das spezifische Volumen, die Verbrennungswärme, die Höchsttemperatur, der Explosionsdruck und die Kinetik der Explosionen. Hieran schließen sich experimentelle Studien über die explosive Reaktion, bei denen die Messung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit in Gasgemischen und in festen Sprengstoffen nach der Methode von MALLARD und LE CHÂTELIER als auch die von DAUTRICHE sowie die Druckmessung von SARRAU und VIEILLE, die Geschwindigkeit der Stoßwelle und diejenigen Faktoren berücksichtigt werden, die die Fortpflanzungsgeschwindigkeit

der Explosion beeinflussen. Es sind dies bei Gasen Druck und Temperatur, bei festen Explosivstoffen der physikalische Zustand, insbesondere die Dichte. Die Verbrennungsgeschwindigkeit der Treibmittel wird nach den Untersuchungen von VIEILLE besprochen. Mit der Verwendung der Pulver und Sprengstoffe endet das erste Kapitel. Die Darstellung schließt sich ganz den klassischen Veröffentlichungen von SARRAU und VIEILLE an; auf die neueren Arbeiten, selbst die französischen, ist weniger Rücksicht genommen.

Der zweite Teil gibt mit vielen interessanten Tatsachen eine kurzgefaßte Darstellung des Standes der heutigen Fabrikation von Nitroglycerin, Nitrocellulose und Nitrokörpern. Bei den letzteren ist nur auf die Herstellung der Nitroverbindungen des Toluols, Xylols, Naphthalins und der Phenole Rücksicht genommen, während die übrigen, weniger benutzten Nitrokörper nicht erwähnt werden. Im Anschluß daran werden die

Sprengstoffe mit flüssiger Luft und Panclastite sowie die Herstellung des Stickstoffperoxyds besprochen.

Der dritte Teil befaßt sich mit den Sprengstoffgemischen und bringt die Schwarzpulverfabrikation, die der Sicherheitssprengstoffe und die der militärisch wichtigen Nitrokörpergemische, wie Melinite paraffinierte, Melinite crésylite usw. Nach Besprechung der Chlorat-Sprengstoffe und der Dynamitarten wird die Herstellung des Pulvers B, des Cordits und des Balistics kurz erörtert. Die Initialzündmittel, Knallquecksilber und Bleiacid, beschließen diesen Teil.

Im vierten Teil wird ein kurzer treffender Überblick über die Kampfgase mit ihrer Herstellung und Verwendung gebracht. Ausgehend vom Chlor, Phosgen, Chlorameisensäureester werden die Reizstoffe, Bromacetone, Chlorpikrin usw., darauf folgend das Yperite und schließlich die Arsenderivate besprochen.

Das Buch ist denen, die einen Überblick über das in Frage kommende Gebiet gewinnen wollen, bestens empfohlen, für ein Spezialstudium kann es jedoch die Sonderwerke nicht ersetzen. O. POPPENBERG, Berlin.

BEYERSDORFER, PAUL, **Staubexplosionen**. Dresden u. Leipzig: Theodor Steinkopf 1925. VIII, 125 S. u. 14 Abb. 15 × 23 cm. Preis geh. RM 5.50, geb. RM 7.—.

Zum ersten Male ist das wichtige Gebiet der Staubexplosion in einem Buche zusammengefaßt worden, das sich an die Betriebsleiter in stauberzeugenden Industrien, an die Beamten der Gewerbeaufsichtsbehörden, Berufsgenossenschaften, Feuerversicherungen und Berufsfeuerwehren wendet. Es ist auch für ein weiteres Publikum interessant, da es eine sorgsame Zusammenstellung der weitverbreiteten Literatur und ein Bild der Wichtigkeit aber auch der Gefährlichkeit dieses Gebietes gibt. Es ist in der Absicht geschrieben, zu weiteren praktischen und wissenschaftlichen Forschungen anzuregen, um durch Vermeidung von Explosionen Menschenleben und wirtschaftliche Anlagen zu schützen.

Nachdem auf die Häufigkeit und Mannigfaltigkeit der Staubexplosion hingewiesen ist, wird der Begriff Staub unter Berücksichtigung der neuesten physikalischen Forschungen geklärt, um dann die Explosion und die Gefährlichkeit des Staubes unter Anführung der einschlägigen Literatur zu behandeln. Nach Erörterung der Entzündungstemperatur, von Staubluftgemischen, ihren Explosionsgrenzen werden die Untersuchungsergebnisse der verschiedenen Forscher angeführt. Interessante Probleme über die Auslösmöglichkeit von Staubexplosionen durch Wärme, statische Elektrizität, Riemenelektrizität und Staubelektrizität werden eingehend beschrieben, worauf dann die Wirkung von Staubexplosionen und Kohlenstaubexplosionen in Gruben eingehend behandelt wird. Mit der Aufgabe der Verhütung von Staubexplosionen und Weisung für die Erziehung des Personals schließt das sicherlich für alle Interessenten empfehlenswerte Buch, durch das eine dankenswerte Aufgabe gelöst ist.

O. POPPENBERG, Berlin.

HOTTENROTH, V., **Die Kunstseide**. Chemie und Technik der Gegenwart, 6 Bd., herausgegeben von W. ROTH. Leipzig: S. Hirzel 1926. XII, 492 S., 97 Abb. und 3 Taf. 15 × 23 cm. Preis geh. RM 26.—, geb. RM 28.—.

Von 9000 t im Jahre 1913 ist die Weltproduktion an Kunstseide bis 1925 auf mehr als das 7fache gestiegen. Diese Entwicklung ist nahezu ausschließlich das Werk wirtschaftlicher Kräfte, kaum technischen Fortschrittes. In der wissenschaftlichen Erkenntnis der Probleme dieser Industrie, deren Wesen physikalischer — oder, wenn man will, kolloidchemischer —

Natur ist, steht man kaum am Anfang. Diesem Zustande des Themas entspricht die Darstellung in dem vorliegenden Buche.

Im allgemeinen Teil werden nach einer kurzen Angabe der Rohstoffe — leider wird über die Gewinnung des Spezialzellstoffes für Kunstseide keinerlei Mitteilung gemacht — der Spinnprozeß und die Fertigstellung der Kunstseide besprochen. Hier findet, wer sich über den Gegenstand orientieren will, vorwiegend die Apparatur beschrieben. Der spezielle Teil bringt die Herstellungsverfahren der einzelnen Kunstseiden. Hier sind auch Hinweise auf Wege, die nicht zum Ziele geführt haben, enthalten; dies ist im Hinblick auf die allzu üppige, aber nicht entsprechend ertragreiche Erfindungsfähigkeit nützlich (der Abschnitt über die fabrizierte „Kunstseiden aus Nichtcellulosestoff“ dürfte wohl durch einige Worte ergänzt werden). Auch im speziellen Abschnitt sind die Fortschritte der Maschinentechnik im allgemeinen ausreichend berücksichtigt. Die Darstellung nach chemischer Seite entspricht dagegen nicht der Entwicklung der letzten Jahre. Immer wieder wird von dem undefinierten „Cellulosemolekül“ gesprochen und mancherlei, was erst der Klärung bedarf, allzu selbstverständlich erörtert. Die physikalisch-chemischen Fragezeichen sind an keiner Stelle gesetzt.

Dem in der Praxis stehenden Verfasser sind diese Ausstellungen nicht anzurechnen, sondern sie entspringen der skizzierten Entwicklung dieses Spezialgebietes, deren typisch kolloidchemischen Schwierigkeiten lange Zeit allein mittels Empirie und Geheimhaltung bekämpft, aber nicht gemeistert wurden. Der Chemiker älterer Richtung mag durch die Lektüre befriedigt werden, der modern Geschulte wird die Lücken fühlen. Wo sie liegen und welche außerordentlichen Schwierigkeiten sich ihrer Ausfüllung heute noch entgegenstellen, erfährt er leider an keiner Stelle.

R. O. HERZOG, Berlin.

EVANS, ULICK R., **Die Korrosion der Metalle**.

Deutsche Bearbeitung von E. HONEGGER. Zürich-Leipzig-Berlin: Orell Füssli 1926. 269 S. Preis geh. RM 14.40, geb. RM 16.80.

Das Buch von U. R. EVANS ist ein Meisterwerk. Das Gesamtgebiet der Korrosion der Metalle wird einer ganz vorwiegend prinzipiellen Erörterung unterzogen. Der Verfasser, der es so beherrscht, wie vielleicht kein anderer, versteht in jeder Einzelfrage das Allgemeine und Prinzipielle so hervorzuheben, daß die Darstellung überall im höchsten Grade anregend und zugleich belehrend ist. Während man sonst die Korrosion als eine zwar wichtige, aber etwas langweilige Angelegenheit zu betrachten gewohnt ist, liest man dieses Buch von Seite zu Seite mit spannendem Interesse. Bei der Darstellung werden auch die theoretischen Grenzgebiete der physikalischen Chemie und der Metallkunde in gleich gediegener Weise besprochen.

Der Verfasser ist als ein energischer Vertreter der elektro-chemischen Theorie der Korrosion bekannt, und im Zusammenhang damit mag die Darstellung zuweilen etwas subjektiv sein. Der Gesamtstoff ist vom Verfasser jedoch so erschöpfend durchdacht und er versteht ihn so beherrschend zu meistern, daß man dieses subjektive Element nirgends als unberechtigt empfindet. Mehr und angenehmer als in diesem Buch kann man über das Gesamtgebiet der Korrosion nirgends lernen.

Auch die Übersetzung und die Anmerkungen des Übersetzers verraten eine gute Beherrschung des Gebietes, so daß der Text seine unmittelbare Frische durch die Übersetzung nicht verloren hat. Öfters spürt man in der Sprache Anklänge an das englische Original.

G. MASING, Berlin

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Die Apfelsäure als Stufe des Aufbaues der Kohlenhydrate. Durch die neuen Untersuchungen NEUBERGS und vieler anderer Chemiker über den stufenweisen Abbau der Kohlenhydrate bei den Gärungsprozessen ist auch die alte Beobachtung der Sauerstoffabscheidung bei Abwesenheit von Kohlensäure aus dickblättrigen Gewächsen zu neuer Bedeutung gekommen. Geschicht der Abbau der Zucker in verschiedenen deutlich unterscheidbaren Stufen, z. B. Glycerin oder Brenztraubensäure, die man zum Teil durch „Abfangvorrichtungen“ festlegen kann, so wird auch — das leuchtet nun ein, obgleich es eigentlich von jeher chemisch selbstverständlich war — der *Aufbau stufenweise* erfolgen, obgleich die jeweils zu beschreitenden Stufen nicht gerade dieselben zu sein brauchen. Die alte pflanzenphysiologische Grundgleichung

Kohlensäure + Wasser → Stärkemehl

hatte doch eigentlich vom Standpunkte des Chemikers von jeher nur einen provisorischen oder wenigstens den Charakter einer Generalbilanz oder einer Pauschsumme und wurde nur von den treuen Anhängern des auf diesem Gebiete bahnbrechenden JULIUS SACHS festgehalten, obgleich schon bald eine Bresche in diese Festung gelegt war dadurch, daß man sich genötigt sah, an Stelle des Stärkemehls das kleinere Molekül des Traubenzuckers, der Glucose, zu setzen. Der Einbruch von LIEBIG in dies pflanzenphysiologische Heiligtum verübt, dadurch, daß er die Kohlensäure sich in Pflanzensäuren, zunächst die sauerstoffreicheren, Ameisensäure, Oxalsäure, und dann stufenweise in die dem Zucker in ihrem Gehalte an Sauerstoff näherstehenden reduzieren ließ, wurde von seiten der Pflanzenphysiologie mit Erfolg zurückgeschlagen. Der Angriff LIEBIGS entbehrte denn auch einer jeglichen experimentellen Stütze und beruhte lediglich auf theoretischen Erwägungen, die uns heute als wenig tiefgründig erscheinen. Nur vom Sauerstoffgehalte war die Rede, die nähere chemische Struktur kam nicht in Frage und konnte bei dem damaligen Stande der Wissenschaft nicht in Frage kommen.

Es geschah denn auch nicht um LIEBIGS willen — gegen diesen Verdacht habe ich am wenigsten Grund, mich zu verteidigen —, sondern auf Grund eines ganz bestimmten und mir selbst unerwarteten experimentellen Ergebnisses, daß ich — keineswegs die Pflanzensäuren im allgemeinen — sondern die besondere Säure der dickblättrigen Gewächse, der sog. Succulenten, und diese gerade im Gegensatz zu anderen Säuren, ganz besonders der weit verbreiteten Oxalsäure, die bei LIEBIG gleichfalls als Stufe auf der Treppe zum Zucker erscheint, als der Reduktion zu Zucker (innerhalb der grünen Zelle und unter den Bedingungen des Assimilationsprozesses) fähig erkannte. Die Entdeckung geschah mittels der eudiometrischen Methode in dem in Gemeinschaft mit VON WOLKOFF konstruierten Apparate¹⁾, mit dem zuvor zahlreiche Pflanzenatmungsversuche erfolgreich durchgeführt worden waren und der aus diesem Grunde mir auch heute noch vor allen anderen Atmungsapparaten für derartige Versuche empfehlenswert erscheint, weil man mit Hilfe desselben die Atmungsgröße auf elegante Weise an der Menge des verschwundenen Sauerstoffs und nicht des erzeugten Kohlenstoffdioxids mißt und der erstere wenigstens der bessere energetische Maßstab für die Intensität der zu be-

obachtenden Erscheinung ist, obschon natürlich erst die Beobachtung beider eine vollständige Einsicht in die Natur des betreffenden chemischen Umsatzes gewährt.

Die Tatsache, um die es sich handelt, war, daß im geschlossenen, durch Kalilauge entkohlensäurten Räume alle Pflanzen und Pflanzenteile das Volum der eingeschlossenen Luft vermindern, und zwar an Sauerstoff vermindern — mit Ausnahme der grünen Pflanzenteile der Succulenten (Crassulaceen, Cacteen) im Sonnenlichte, und daß diese Pflanzenteile zu gleicher Zeit die in ihnen gespeicherte Säure verlieren und dafür Kohlenhydrate erzeugen. Diese Säure, genauer Isoäpfelsäure genannt, weil sie sich von der gewöhnlichen Äpfelsäure durch mehrere Eigenschaften unterschied, aber später durch FRANZEN und OSTERTAG²⁾ als mit jener identisch gefunden, wird durch die nächtliche Atmung wieder ergänzt, und der Vorgang hat für die dickblättrigen Gewächse den handgreiflichen biologischen Vorteil, daß diese, auf trockenen Standort eingestellt und deshalb durch kleine Oberfläche und geringe Durchlässigkeit der Verdunstung nach Kräften geschützt, auch die für Wachstum nötige Kohlensäure nur schwierig aufnehmen, daher ihnen dann ihr Atmungsprodukt für neue Assimilation (oder besser Reduktion) gespart wird. Zugleich aber läßt dieser Notbehelf einen Blick in das Wesen dieser letzteren Erscheinung für die Gesamtwelt der grünen Pflanze tun, und dies hervorzuheben ist der Zweck dieser nochmaligen Mitteilung.

Diese erscheint aber auch deshalb notwendig, weil die Tatsache, um die es sich handelt, nicht sicher in den Schatz der Wissenschaft übergegangen, genau gesagt, seitdem aus demselben wieder verlorengegangen ist, trotz mehrfacher wissenschaftlicher Bestätigung von namhafter Seite, unter welchen vor allem zu nennen ist G. KRAUS³⁾, O. WARBURG³⁾ und der Franzose MANGIN⁴⁾, welcher sogar der Nicht-Succulenten Evonymus dreiprozentige Äpfelsäure einspritzte und danach eine bedeutende Steigerung der Sauerstoffausscheidung beobachtete. Es gelang nämlich einem der Schüler von JULIUS SACHS der auch von ihm bis zu einem gewissen Grade anerkannten Sache eine andere Wendung zu geben, in Folge deren die klassische Auffassung des Assimilationsprozesses:

Kohlensäure + Wasser → Stärkemehl

in unveränderter Form aufrecht zu erhalten möglich erschien. Dies geschah durch einige Beobachtungen über Entstehungs- und Zerstörungsbedingungen der Pflanzensäure in einer Arbeit⁵⁾, die auch sonst des beachtenswerten einiges enthält, von dem Holländer H. DE VRIES, der sich später zu einer Autorität auf dem Gebiete der Botanik und Physiologie auswachsen sollte.

Zwei Ergebnisse sind die Frucht dieser Arbeit, die hier in Betracht kommen, und die von dem Autor verwendet wurden, meine Schlußfolgerungen in Zweifel zu ziehen: Erstens der Nachweis, daß die in den Succulenten bei nächtlicher Weile sich bildende *Säure* auch im Dunkeln langsam wieder schwindet. Zweitens, daß die *Pflanzensäuren* auch außerhalb der grünen Organe in verdünnter wässriger Lösung durch das

¹⁾ Chemische Berichte 55, 2925.

²⁾ Abh. naturf. Gesellsch. Halle, 16.

³⁾ Untersuch. a. d. bot. Inst. Tübingen, II, 53.

⁴⁾ Cpt. rend. des séances de la soc. de biol. 109, 716.

⁵⁾ Botan. Ztg. 42, 337.

¹⁾ Abgebildet in meinem Lehrbuch der Agrikulturchemie, I. 7. Vorl.

Sonnenlicht Zersetzung erleiden und daß hierbei Kohlensäure entsteht. Mithin war das Verschwinden der Säure gar kein endothermischer Prozeß, bei dem das Licht als Hubkraft dient, sondern eine Oxydation, wie sie überall erfolgen kann, und die von mir beobachtete Tatsache gar keine Neuigkeit, sondern nur eine launige Kombination von dieser Lieferung des Rohmaterials für die Assimilation mit der Assimilation selber, die durch diese gelegentliche Quelle der Kohlensäure in der chlorophyllhaltigen Zelle selber bedeutend gefördert wurde. Damit war die Gefahr einer Neuerung durch eine elegante Gruppierung der nicht mehr abzuleugnenden Tatsachen abgewendet. Die SACHSsche Schule war befriedigt, und so stand es denn zu lesen in den klassischen Lehrbüchern von den achtziger Jahren an bis auf den heutigen Tag, und ich ließ es dabei bewenden, nur in den jeweiligen Neuauflagen meiner Agrikulturchemie (I, Vorl. 4) in einer großen Fußnote meine Proteste dagegen erneuernd.

Nun ist aber durch die neuen, mit ungeheurem experimentellem Aufwand unternommenen Arbeiten von HARDEN und YOUNG, MEYERHOF, NEUBERG und deren Mitarbeiter über den Abbau der Kohlenhydrate bei der Gärung und ähnlichen Erscheinungen während der Muskelarbeit, durch welche der Abbau in einer ganzen Reihe von chemisch wohl unterscheidbaren Stufen zerfällt, die ganze Angelegenheit wieder in den Brennpunkt wissenschaftlichen Interesses gelangt, indem nun auch für den Aufbau ähnliche Zwischenstufen wahrscheinlich werden, und da der Urheber jener dahingehörigen Anschauung zufällig noch am Leben ist, so erscheint es ihm als Pflicht, noch einmal seine Stimme zu erheben und ganz kurz die Gründe darzulegen, die ihn veranlaßt haben, sich nicht mit der Deutung der einst so mächtigen und jeden Widerstand niederschlagenden SACHSschen Schule einverstanden erklären zu können.

Meine These galt nicht den *Pflanzensäuren* als Gattung, wie einst die LIEBIGsche, der sie allesamt als Übergangsstufen zu den Kohlenhydraten betrachtete, sondern einer Species, einem chemischen Individuum, der Apfelsäure allein und geradezu im Gegensatz zur Oxalsäure, die ja in meinen Versuchen ein ausgesprochen negatives Resultat gab. Die von DE VRIES nachgewiesene Leichtzersetzbarkeit im Lichte gilt dagegen gerade für die letztere im ausgezeichneten Maße. Citronen-, Wein- und Apfelsäure zersetzen sich 5–7mal langsamer und gerade die letztere am langsamsten. Wenn man also aus solchen Versuchen leichthin den Schluß macht, daß *Pflanzensäuren sich auch so im Lichte leicht zersetzen* und diesen Satz auf das Verschwinden der Säure in den grünen Teilen der Succulenten anwendet, so handelt man dialektisch gewandt, schlägt aber der gesunden Logik ein Schnippchen.

Und dann, wenn man das Licht nicht in Anspruch nimmt, wenn man den Säureschwund, wie er in der Succulenten tatsächlich auch im Dunkeln, zumal bei hoher Temperatur, erfolgt, dann ist dieser Schwund *in der fernsten Ferne nicht ausreichend, um die wirkliche Erscheinung zu erklären*. Auch dieser Punkt, über den ich mich jüngst in den Jahrb. f. wiss. Botanik ausgelassen und zahlenmäßig erörtert habe¹⁾, macht die bisher beliebte Deutung meines Erachtens unmöglich. Natürlich habe ich aber nichts dagegen einzuwenden, daß aus der Apfelsäure in der grünen Zelle auch zunächst Kohlensäure abgespalten wird, aber ich protestiere dagegen, daß dieser Vorgang irgendwie aus-

reichen sollte, die ganze Erscheinung zu erklären. Vielleicht daß nach Abspaltung derselben Milchsäure übrig bleibt, die eine sehr annehmbare Zwischenstufe wäre, da sie 3mal Formaldehyd ist, das ja schon von BAEYER als erste Stufe des Assimilationsprozesses in Aussicht genommen war. 0,3proz. Milchsäure wird von der leicht beschaffbaren Succulente *Sedum* sehr wohl ertragen, wie ich gefunden habe, während MANGIN seine Injektionsversuche an Nicht-Succulenten mit 3proz. Lösungen gemacht hat.

Auch der Rhabarber wäre für Erörterung der Frage des Aufbaues der Kohlenhydrate mit Erfolg heranzuziehen, denn diese Pflanze erzeugt Säuren im Lichte, die nach der Wurzel abwandern, vermutlich zur Erzeugung von aromatischen Substanzen, deren Besitz die Pflanze offiziell gemacht hat. Es müßte zunächst festgestellt werden, um welche Säuren es sich hierbei handelt.

ADOLF MAYER.

Aus der Insulinliteratur. 1. Krystallinisches Insulin. In früheren Arbeiten, über die bereits berichtet wurde (Naturwissenschaften 1926, H. 14, S. 300), konnten ABEL und GEILING zum ersten Male eine für das Insulin offenbar charakteristische chemische Eigenschaft angeben, nämlich seinen Gehalt an leicht abspaltbarem Schwefel. Sie stellten sich durch wiederholtes Fällen mit Pyridin und Auflösen in verdünnter Essigsäure Präparate her, bei denen ca. 40% des Gesamtschwefels schon durch Kochen mit verdünnter Sodalösung in Freiheit gesetzt wird. Die physiologische Wirksamkeit dieser Präparate ging ihrem Gehalt an leicht abspaltbarem Schwefel völlig parallel.

Weitere Fortsetzung der Pyridinfällung und Entfernung inaktiver Verunreinigungen durch Bruzinacetat führt ABEL schließlich zu Produkten, die mit Pyridin bereits in fein krystallinischer Form ausfielen. (Proc. of the nat. acad. of sciences [U. S. A.] 12, 132. 1926). Eine bessere Krystallisation erhält man, wenn man die essigsäure Insulinlösung vorsichtig bis zur gerade beginnenden Trübung mit $\frac{1}{15}$ -Dinatriumphosphat versetzt und über Nacht stehen läßt. Man gewinnt dann reichlich große und stark lichtbrechende Krystalle, die dem hexagonalen System angehören und einen scharfen und konstanten Schmelzpunkt bei 233° besitzen, nachdem sie bei 215° sich zu bräunen begonnen haben. Auch dieses krystallinische Insulin zeigt noch positive Eiweißreaktionen. Wir haben es also offenbar mit einem krystallinischen Eiweißkörper zu tun. $\frac{1}{100}$ – $\frac{1}{125}$ mg dieses krystallinischen Insulins entspricht ungefähr der jetzt gebrauchten klinischen Einheit. Da die reinsten im Handel befindlichen Insulinpräparate pro Einheit mindestens 0,1 mg Trockensubstanz aufweisen, so enthält das handelsübliche Insulin höchstens 10% reine Substanz und 90% Verunreinigungen, die allerdings für seine klinische Wirkung bedeutungslos, beim praktischen Gebrauch sogar in mancher Hinsicht ganz vorteilhaft sind. Dagegen wird es notwendig sein, einen großen Teil der Arbeiten, die sich mit den physiologischen Wirkungen des Insulins beschäftigen, mit reinen Insulinlösungen zu wiederholen, um sicher zu sein, daß die früher beobachteten Erscheinungen wirklich für Insulin spezifisch sind.

2. *Das Schicksal pankreasloser Hunde, die mit Insulin am Leben gehalten wurden.* MACLEOD und seinen Mitarbeitern (Americ. Journ. of physiol. 76, 210. 1926) ist es geglückt, bei vorsichtiger, möglichst fettarmer Diät Hunde nach vollständiger Entfernung des Pankreas über 2 Jahre am Leben zu halten, nur durch täglich 2 malige Injektion von je 16 Einheiten Insulin. Ein weibliches Tier machte hierbei sogar eine

¹⁾ Jahrb. f. wiss. Botanik 65, 636.

normale Gravidität durch. Diese Versuche zeigen wieder in überzeugender Weise, daß von außen zugeführtes Insulin imstande ist, die innere Sekretion des Pankreas restlos zu ersetzen. Es kann aber nicht dem Organismus die verlorene Fähigkeit zur Zuckerverwertung wieder neu schaffen. Sobald in den obigen Versuchen den pankreaslosen Hunden das Insulin entzogen wurde, traten sofort wieder schwere Krankheitserscheinungen auf.

3. Das Schicksal des unter der Einwirkung des Insulins verschwundenen Zuckers. Im Vordergrund der Insulinwirkung steht bekanntlich die häufig von Krämpfen begleitete Blutzuckersenkung, die es bei nüchternen Tieren hervorruft. Die Frage, was aus dem verschwundenen Zucker wird, konnte bisher noch nicht sicher beantwortet werden. Zusammen mit zwei anderen Mitarbeitern hat BEST, einer der beiden Entdecker des Insulins, nunmehr auch dieses Problem im Londoner medizinischen Nationalinstitut seiner Lösung wesentlich näher gebracht (Proc. of the roy. soc. of London, Ser. B, 700, S. 32, 1926). Sie benutzten hierbei eine von BURN und DALE angegebene Methode, wobei die Muskulatur enthaupiteter Katzen durch künstliche Durchblutung überlebend gehalten wird, während alle Eingeweide, mitunter die Leber ausgenommen, entfernt werden. Auf diese Weise bleibt ein großer Teil der sich in der Muskulatur abspielenden Stoffwechselvorgänge erhalten, besonders wenn man durch regelmäßige, künstliche Zuckerezufuhr für eine normale Höhe des Blutzuckers sorgt. Läßt man gleichzeitig mit dem Traubenzucker Insulin nachströmen, so tritt Verminderung des Blutzuckers ein, während sich der Glykogengehalt der Muskulatur erhöht. Die Glykogenzunahme der Muskeln, die sich durch vergleichende Untersuchungen der rechten und linken Extremitäten vor und nach der Insulinzufuhr erkennen ließ, deckt aber noch nicht die Hälfte des unter der Insulinwirkung aus dem Gefäßsystem verschwundenen Zuckers. Es wurde daher in neuen Versuchen, an denen sich auch DALE beteiligte, auch noch der Gaswechsel bestimmt, der eine Erhöhung des Sauerstoffverbrauchs nach Insulin ergab. Jetzt geht die Rechnung innerhalb der methodischen Möglichkeiten glatt auf. Nur muß berücksichtigt werden, daß während der Versuche von der Leber, die bei dieser Anordnung im Tier belassen wurde, dauernd etwas Zucker ans Blut abgegeben wird.

Das Insulin wirkt also in doppelter Weise auf den Blutzucker. Einmal stapelt es ihn als Glykogen in der Muskulatur, gleichzeitig führt es ihn aber auch einer gesteigerten Verbrennung zu. Da mit der Herabsetzung des Blutzuckers stets eine Verminderung der anorganischen Phosphorsäure des Blutes einhergeht, die auch in den beschriebenen Versuchen wieder bestätigt wurde, so ist für die Insulinwirkung eine Mitbeteiligung der Phosphorsäure anzunehmen. Eine Vermehrung des EMBDENschen Lactacidogens ließ sich in der Muskulatur allerdings nicht nachweisen, auch nicht, wenn man durch vermehrten Nachschub den Phosphatspiegel des Blutes in gleicher Weise hochhält, wie seinen Zuckergehalt, worüber in einer ergänzenden Mitteilung berichtet wird.

Wie dem auch sei, die Befunde liefern jedenfalls zum ersten Male einen klaren Einblick in das Wesen der Insulinwirkung, der um so interessanter ist, als wir aus den bekannten Untersuchungen von MEYERHOF

wissen, daß gerade in der Muskulatur Verbrennung der Milchsäure mit ihrem Aufbau zu Glykogen eng verbunden ist. Diese beiden gekoppelten Reaktionen werden demnach durch das Pankreashormon gefördert.

Unabhängig von den englischen Autoren sind etwa zu gleicher Zeit von BISSINGER und LESSER (Biochem. Zeitschr. 168, 398, 1926) dieselben Befunde an hungernen Mäusen erhoben worden. Auch nach ihrer Ansicht beschleunigt das Insulin den „MEYERHOF-Prozeß“, d. h. die mit Traubenzuckeroxydation gekoppelte Glykogensynthese.

Über den feineren Mechanismus der sich hierbei abspielenden Vorgänge werden uns die auf diesem Gebiete tätigen Forscher wohl bald noch weitere Aufklärungen verschaffen (Aus den Ber. über die ges. Physiol.).

F. LAQUER.

Über das Leuchten von festem Stickstoff. Mit dem Problem der Kathodolumineszenz des festen Stickstoffs beschäftigt sich eine Note von Prof. MC. LENNAN, Toronto, die in der „Nature“ 116, 408, 1926 erschienen ist. MC. LENNAN benutzt für seine Versuche neuerdings ein Rohr, das von COOLIDGE konstruiert ist. Die mit 125 000 Volt beschleunigten Elektronen durchdringen eine dünne Nickelfolie und treten dann in einen Vakuumraum ein, der als Thermosflasche ausgebildet ist und an dessen mit flüssigem Wasserstoff gekühlten Wänden fester Stickstoff niedergeschlagen wird. Das durch ein Fluoritfenster austretende Licht wird mit verschiedenen Spektrographen analysiert. Von den vier charakteristischen Banden, die im sichtbaren Spektralbereich liegen und die VEGARD mit N_1 , N_2 , N_3 und N_4 bezeichnet, kann MC. LENNAN die Bande N_3 (diffuses Band mit Maximis bei $\lambda = 6565$ und $6377 \text{ \AA}$.) nicht finden. Dagegen bestätigt er, daß N_4 eine relativ scharfe Linie bei $\lambda = 5945$ ist. Die Bande N_1 , die von VEGARD mit der Nordlichtlinie identifiziert wird, zeigt sich bei diesen Versuchen wieder als ein breites verwaschenes Band mit Intensitätsmaximis bei $\lambda = 5554$, 5617 und 5658 (die Wellenlänge der Nordlichtlinie ist $\lambda = 5577.35$). Das Band N_2 löst sich bei diesen Aufnahmen mit großer Dispersion des Spektrographen in ein System von acht Einzelbanden auf, deren Wellenlängen zwischen 5204.4 und 5240 liegen. Außerdem beobachtet MCLENNAN eine Reihe von diffusen Banden zwischen $\lambda 4500$ und 2460 . Diese Banden sind teils identisch mit den von VEGARD letzthin angegebenen (siehe dies. Zeitschr. 14, 888, 1926), teils gehören sie zu dem zweiten positiven Bandenspektrum des N_2 -Moleküls. Im Nachleuchten, also nach Abstellen des Elektronenbombardements, beobachtet MCLENNAN nur N_2 und N_4 , und zwar einige Minuten lang, während N_1 sofort verschwunden ist. Zwischen N_1 einerseits und N_2 und N_4 andererseits zeigt sich auch insofern ein Unterschied, als N_1 nur dann stark in der Emission vorhanden ist, wenn frische Oberflächen von festem Stickstoff bombardiert werden. Nach einiger Zeit nimmt die Intensität von N_1 stark ab, während N_2 und N_4 in ihrer Stärke unbeeinflusst bleiben. MCLENNAN schließt daraus, daß es zwei Formen A und B des festen Stickstoffs geben müsse, von denen A, charakterisiert durch das Auftreten von N_1 im Spektrum, die Form ist, in der sich Stickstoff an den Wänden niederschlägt, während B, charakterisiert durch N_2 und N_4 , erst durch das Elektronenbombardement entsteht und die Eigenschaft hat, zu phosphoreszieren.

W. GROTRIAN.

Die Rolle des Kerns im Zellgeschehen¹⁾.

Von PAUL KRÜGER, Berlin.

(Aus dem Zoologischen Institut der Universität.)

Eine der bedeutsamsten Errungenschaften auf biologischem Gebiete war die Erkenntnis, daß alle Organismen sich aus Zellen aufbauen bzw. aus einer einzelnen solchen bestehen. Die ersten Anfänge hierzu gehen bis in die Mitte des 17. Jahrhunderts zurück, aber erst 1833 wurde von dem englischen Botaniker ROB. BROWN der Zellkern entdeckt. Daß diesem Gebilde eine besondere Bedeutung für das Zelleben zukommen müsse, ergab sich aus den Untersuchungen von SCHLEIDEN (1838) über das ständige Vorkommen des Kerns in jugendlichen Pflanzenzellen. Für tierische Objekte wurde seine allgemeine Verbreitung von SCHWANN (1839) nachgewiesen. Wenn die beiden Begründer der Zellentheorie auch die Notwendigkeit des Kerns für die Zelle, insbesondere für ihr Entstehen, erkannten, so hielten sie doch die Zellmembran für den wesentlichsten Teil derselben. Sie nahmen an, daß diese durch ihre physikalisch-chemischen Eigenschaften den Stoffwechsel der Zelle regeln solle; eine Ansicht, die durch die modernen Untersuchungsmethoden wieder mehr an Berechtigung gewonnen hat. Erst in den 70er und 80er Jahren wurde die zentrale Stellung des Kerns im Zellgeschehen — wenigstens zunächst für die Teilung und Befruchtung — voll erkannt. Dies führte zu der Erweiterung des VIRCHOWSchen Satzes „*Omnis cellula e cellula*“ durch FLEMMING (1882) in „*Omnis nucleus e nucleolo*“. Die Rolle des Kerns im Zellstoffwechsel ist erst in neuester Zeit sichergestellt, im einzelnen allerdings — wie schon hier nicht verschwiegen werden soll — bestritten worden.

Der Frage, inwieweit der Kern für die Übertragung der Erbfaktoren allein in Betracht kommt, oder ob auch das Zellplasma mitbeteiligt ist, soll hier nicht nachgegangen werden. Wir wollen allein untersuchen, welche Momente für seine Tätigkeit im Zellstoffwechsel sprechen und welche Schlüsse daraus auf diese Funktion gezogen werden können.

Das Vorkommen von *zweierlei* Kernen bei Infusorien, von denen der eine, der sog. Mikronucleus, zuerst bei der Zellteilung bzw. allein bei der Konjugation oder Kopulation zweier Individuen in Funktion tritt, spricht für eine Bedeutung des sog. Makronucleus für die vegetativen Leistungen der Zelle auch da, wo er nicht von dem generativen Kern gesondert ist, also bei den übrigen Pflanzen und Tieren.

Wenn wir von besonderen Faktoren, wie z. B.

¹⁾ Erweiterte Fassung eines als Antrittsvorlesung gehaltenen Vortrags, 20. Juli 1926.

den Nahrungsvakuolen verdauender Zellen, den contractilen Vakuolen der Protozoen oder stark differenzierten Zellen, wie älteren Pflanzen- oder Muskelzellen, absehen, so läßt die Betrachtung lebender Zellen häufig den Kern als ein stärker lichtbrechendes Bläschen erkennen; als ein solches hatten ihn die älteren Autoren auch angesprochen, wie noch der Ausdruck „*Keimbläschen*“ der Anatomen bezeugt. Als solches dokumentiert er sich eben bei schwächerer Vergrößerung als einzige, scharf umschriebene Differenzierung der Zelle. Diese Absonderung vom Cytoplasma durch eine Membran, das verschiedene optische Verhalten seines Inhaltes gegenüber diesem lassen darauf schließen, daß ihm eine Sonderrolle bzw. wenigstens andersgeartete Beschaffenheit seiner Substanz zukommt. Das wird noch deutlicher, wenn man findet, daß in Zellen mit auch äußerlich sich kund tuender intensiver Stoffwechseltätigkeit, wie z. B. Drüsenzellen, die *Form des Kerns* von der normalen runden bis ovalen äußerst abweicht, indem seine Gestalt hirschgeweihähnlich oder netzartig wird. (Fig. 1.) Darauf werden wir noch zurückkommen, wenn wir von bestimmten Zellfunktionen zu sprechen haben. Eine weitere auffallende Tatsache tut sich bei etwas eingehenderem Studium der verschiedenen Zellarten kund, nämlich die, daß die Größe des Kerns im allgemeinen zu der Zellgröße in einer gewissen Beziehung steht. Es sei zunächst an die rosenkranzförmigen Kerne bei den Infusorien *Stentor* und *Spirostomum* gegenüber denen von *Colpidium* oder *Paramecium* z. B. erinnert. Größere und zugleich breite oder gar kugelige Formen sind häufig vielkernig, wodurch die Masse wie auch die Oberfläche der Kernsubstanzen ansteigt, z. B. *Pelomyxa*, *Actinosphaerium*, Radiolarien, *Opalina*. (Fig. 2.) Daß diese Beziehung eine fester begründete ist, konnte experimentell gezeigt werden und führte zu dem Begriff der *Kernplasmarelation*. Künstliche Verkleinerung der Protoplasamasse zieht bei *Amoeba proteus* eine Volumenabnahme des Kerns nach sich, die erst ausgeglichen wird, wenn die Zelle den Verlust vollständig ersetzt hat. Umgekehrt kommt es zu einer Vergrößerung des normalen Zellvolumens, wenn die Kernmasse vermehrt wird. Das ließ sich einwandfrei feststellen bei der künstlichen Erzeugung von Pflanzen mit vermehrter Chromosomenzahl, z. B. bei Moosen und Nachtschattengewächsen. Auch die in der freien Natur gefundenen Riesenformen von *Oenothera* zeichnen sich durch höhere Chromosomenzahl, dadurch bedingt größere Kerne und Zellen, aus. Schließlich sei

auch erwähnt, daß bei parasitärem Befall von Zellen (Lymphocystis der Kaulbarschbindegewebszellen, *Nosema* in den Ganglienzellen von *Lophius*, Mikrosporidien im Fettkörper von Tipulidenlarven) es zu einer mächtigen Hypertrophie

dokumentiert sich neben anderem auch in der Größe der Kerne.

Wir hatten vorhin aus dem andersgearteten optischen Verhalten des Zellkerns gegenüber dem Cytoplasma darauf geschlossen, daß seine stoff-

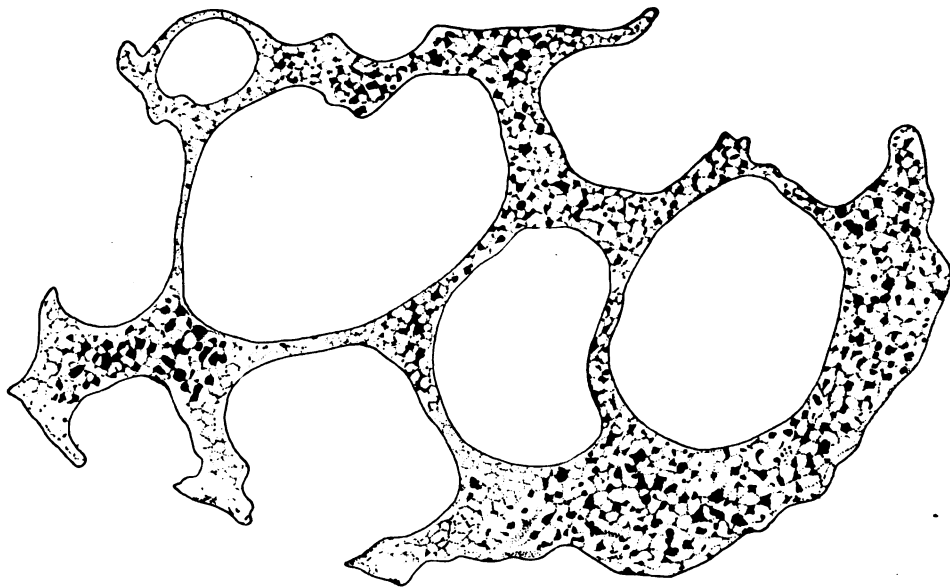


Fig. 1. Stück eines großen verästelten Kernes einer Nährzelle des Ovariums von *Bombus* (Hummel). Nach BUCHNER, 1915, aus HARTMANN, Allg. Biol. 1925.

der Zelle und im Gefolge davon auch des Kerns kommt. (Fig. 3.) Wenn auch die Kernplasma-relation keine unbedingt gesetzmäßige Erscheinung darstellt, so ist doch die Tatsache, daß eine solche Beziehung in einer ganzen Reihe von ihren

Bedingungen nach genauer bekannten Fällen vorhanden ist, für unser Problem bedeutungsvoll genug. Eine sehr interessante Abweichung, die aber gerade für die Bedeutung des Kerns für die Zellfunktionen spricht, ist die, daß die relative Kernmasse der Herzmuskulatur etwa das Fünffache der Kerne der Kaumuskeln beträgt. Die ständige Tätigkeit der Herzmuskelzelle gegenüber der nur gelegentlichen der Skelettmuskulatur

liche Beschaffenheit gleichfalls eine abweichende sein müsse. Leider sind wir nun in die analytische Chemie beider Zellbestandteile nur in geringem Maße eingedrungen. Einmal können wir den Kern negativ charakterisieren: von physiologisch wichtigen Ionen fehlen ihm das K^+ , Cl^- , PO_4^{4-} - und CO_3^{2-} -Ion; weiterhin scheinen die Kerne im allgemeinen kein Glykogen und Fett zu speichern. Umgekehrt lassen sich aber auch positive Merkmale heranziehen: es ist das einmal der wahrscheinlich ausschließliche Besitz an

Nucleoproteiden, die nach neuesten Untersuchungen im wesentlichen auf das Chromatin lokalisiert sind, außerhalb des Kerns nur in den Nisslkörpern — die aber ziemlich sicher aus dem Kern stammen — nachgewiesen wurden; schließlich ist mikro-

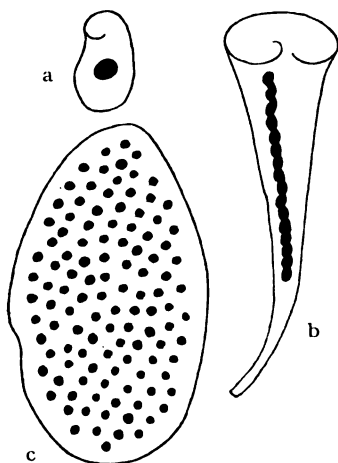


Fig. 2. a) *Colpidium colpoda*; b) *Stentor coeruleus*; nach SCHOENICHEN-KALBERLAH, 1909, vergr.; c) *Opalina ranarum*, nach ZELLER, 1877. Alle drei Infusorien ca. 120mal vergr.

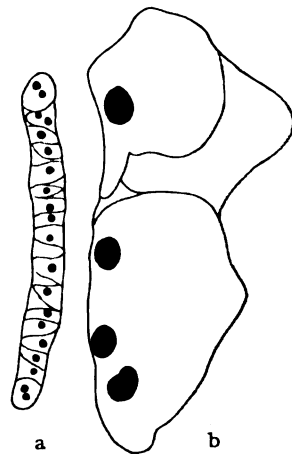


Fig. 3. Schnitte durch den Fettkörper von *Tipula lateralis* (Schnake). a) Durch ein nichtinfiziertes Stück; b) durch mit *Thelohania tipulae* infizierte Zellen. Vergr. a) und b) 310mal.

chemisch gefunden worden, daß als Fe-Träger in erster Linie die Zellkerne in Frage kommen. Diese Verschiedenheiten gegenüber dem Plasma sind für die Ionen sicher, für das Glykogen wahrscheinlich auf die *Impermeabilität der Kernmembran* für diese Ionen bzw. den Traubenzucker zurückzuführen. Es ist zu beachten, daß die K^+ -, $PO_4^{'''}$ - und $CO_3^{''}$ -Ionen durch die Zellmembran leicht zu diffundieren vermögen; Cl^- findet sich ja im allgemeinen nur in den Säften, nicht in den Zellen. Für diese auswählende Beschaffenheit der Kernmembran sprechen auch Färbungsversuche. Bei Intravitalfärbungen von Zellen bleiben die Kerne ungefärbt. Dieses völlige Farblosbleiben — bei Anwendung verdünnter Farbstoffe — „muß als in höchstem Maße charakteristisch angesehen werden“. Andererseits geht aus der Beobachtung, daß unter der Einwirkung von Narkotika der Kern noch Bewegungserscheinungen zeigen kann, wenn das Cytoplasma bereits gelähmt ist, hervor, daß — da ja die Narkotika lipoidlöslich und lipoidlösend sind und wirken — die Lipide in der Kernmembran in besonderem Zustand vorliegen müssen, und daß die Kernkolloide außerordentlich empfindlich gegen irgendwelche Zustandsänderungen sind. Auf jeden Fall sprechen alle diese Befunde für ein Bestreben (so wollen wir einmal der Kürze halber sagen), den Kern in gewisser Hinsicht aus dem Zellgetriebe herauszulösen. Es kündigt sich also auch dadurch seine Sonderrolle an. In anderer Weise macht sich diese verschiedene Beschaffenheit bei der *Einwirkung von Radium- und Röntgenstrahlen* auf die Zelle bemerkbar. Während der Kern durch diese außerordentlich leicht geschädigt wird, erweist sich das Cytoplasma als wenig empfindlich. Bedeutsam in dieser Beziehung ist auch, daß sich die kernlosen Erythrocyten gegenüber den durchdringenden Strahlen erheblich resistenter verhalten. Die Schädigungen des Kerns zeigen sich zunächst in einer Minderung der Fortpflanzungsfähigkeit: Samenkörner keimen — nach nicht zu intensiver Einwirkung — nur langsam oder liefern nur verkümmerte und schwächliche Pflänzchen; Seeigelspermatozoen verlieren ihr Befruchtungsvermögen, während ihre Beweglichkeit noch voll erhalten sein kann. Auf dem Verlust der Teilungsfähigkeit der Zellen beruht wahrscheinlich auch die heilende Wirkung bei bösartigen Geschwülsten. Stärkere Bestrahlung führt zu einem Zerfall des Kerns, wie an Protozoen und allerneuestens auch an Hefezellen gezeigt werden konnte. Die Versuche über die Wirkung der Röntgenstrahlen auf lebendes Gewebe geben uns gleichzeitig noch einen Einblick über das Vorhandensein bestimmter Stoffe im Zellkern: nach einer solchen Bestrahlung kernreicher Gewebe — wie sie auch die Geschwülste darstellen — finden sich „nucleinspaltende Fermente und Nucleinabbauprodukte in ganz besonders reichem Maße im Blut“.

Man könnte ja nun annehmen, daß mit der nur bedingt durchlässigen Membran tatsächlich

eine völlige Isolierung des Kerns gegen das Cytoplasma herbeigeführt werden soll, um ihn für seine Aufgabe bei der Zellteilung unberührt von sonstigen Vorgängen in der Zelle zu bewahren. Hiergegen sprechen zunächst einmal *Isolierungsversuche*, bei denen also Kern und Cytoplasma irgendwie voneinander getrennt werden. Das allgemeine Ergebnis ist, daß das Cytoplasma ohne Kern eine beschränktere Lebensdauer besitzt als in der normalen Verbindung mit dem Kern. Die bemerkenswerte längste Lebensdauer haben die natürlich kernlos gewordenen roten Blutkörperchen der Säuger. Es ist deshalb denkbar, daß es bei den künstlichen Isolierungsversuchen zu einer Schädigung des Plasmas kommt, die für die Hinfälligkeit des isolierten Cytoplasmas verantwortlich zu machen ist. Hierbei ist aber zu beachten, daß die nachweisbaren Lebenserscheinungen der kernlosen Erythrocyten sich auf die spezifische Permeabilität ihrer Membran beschränken. Die Aufnahme und Abgabe des Sauerstoffs ist nicht an die lebende Zelle gebunden. Andere freibewegliche Zellen zeigen nach Entfernung des Kerns wohl noch eine Zeitlang Bewegungserscheinungen, auch Nahrungsaufnahme und Verdauung in gewissem, immer mehr abnehmendem Grade, alle Wachstumsprozesse — also auch Regeneration und Teilungen — erlöschen jedoch sofort. Enthält aber das abgetrennte Cytoplasma nur ein Stück des Kerns, so tritt bald Neubildung des Verlorengegangenen und Aufnahme der normalen Zelltätigkeit wieder ein.

Man wird nicht umhin können, aus der Tatsache der Notwendigkeit des Kerns für Verdauungs- und Wachstumsprozesse zu schließen, daß der Kern irgendwie regulatorisch oder stimulierend eingreift, möglicherweise unter Abgabe von Fermenten oder Hormonen. Diese Vermutung werden wir jetzt noch zu prüfen haben. Wir können zunächst einige Beobachtungen anführen, die eine Abgabe von Stoffen oder eine sonstgeartete Beteiligung des Kerns bei der Bildung bestimmter Zellprodukte mindestens wahrscheinlich machen.

Im Gegensatz zum lebenden Zellkern zeichnen sich die fixierten Kerne — abgesehen von gewissen Vorbereitungsstadien der Reifung der Geschlechtszellen — durch eine intensive *Färbbarkeit* aus. Diese geht z. B. den Kernen der Submaxillardrüse fast völlig verloren, wenn die Drüse mittels des Sympathicus erschöpfend gereizt wird. Es scheint also, als ob die färbbaren Bestandteile des Kerns, die Nucleoproteide, bei der Herstellung der Schleimstoffe verbraucht werden. Beide Arten von Eiweißstoffen sind kohlenhydrathaltig, so daß eine Umwandlung vielleicht relativ leicht möglich ist. — Sehr eindrucksvoll für die Ansicht der Beteiligung des Kerns an bestimmten Leistungen der Zelle sind *Verlagerungen, Wanderungen des Kerns* nach dem Ort der stärksten Zelltätigkeit. Solche konnten vor allem bei Pflanzen nachgewiesen werden. Die exzentrische Lage des Kerns in einseitig wachsenden Zellen auf der Seite dieses Wachstums könnte vielleicht durch ein passives

Transportiert werden durch das Plasma, das sich an den gleichen Stellen konzentriert, erklärt werden; wenn aber bei der Regeneration künstlich herbeigeführter Verletzungen an *Vaucheria* die Kerne mit dem Plasma gegen die Wundstelle vorwandern, die Chlorophyllkörner aber zurückgezogen werden, so spricht das doch sehr für ein aktives Wandern des Kerns an den Ort, wo seine Mitwirkung unbedingt erforderlich ist. [Bei Verwundungsversuchen an Blättchen von *Mnium* traten in den die Wunde umgebenden Zellen deutliche Kern- und Nucleolusvergrößerung ein. (HEITZ, 1925.)] Ganz kürzlich ist durch eingehendste Zählungen (6470 Zellen) festgestellt worden, daß in den Sekretkanälen der Umbelliferen der Kern fast immer (zu rund 94%) der inneren Zellmembran anliegt; eine Tatsache, die — auch nach Ansicht des Untersuchers — „mit der Harzsekretion, der typischen speziellen Funktion dieser Zellen, in engste Beziehung gebracht werden“ muß. (K. PIRSCHLE, 1926.) Ähnliche Kernverlagerungen sind auch in tierischen Zellen beobachtet worden, z. B. bei der Chitinbildung während der Häutung der Insekten.

Nun gibt es aber eine große Zahl von Beobachtungen, bei denen es sich histologisch und färbereich nachweisen ließ, daß der Kern tatsächlich *Stoffe an das Zellplasma abgibt*. Das gilt in erster Linie für *Drüsenzellen*, bei denen wir ja gerade eben — für die Harzzellen der Umbelliferen — die Ortsveränderungen des Kerns mit der Abscheidung der spezifischen Stoffe in Verbindung gebracht haben. Ganz allgemein läßt sich sagen, daß die Anteilnahme des Kerns an der sekretorischen Funktion der Zelle sich durch Vergrößerung (Drüsenzellen besitzen durchschnittlich große Kerne), Amöboidie, Annäherung an den Ort der Abscheidung, außerordentliche Vermehrung der Nucleolarmasse, Austritt von stark färbbaren Produkten unter Auflösung der Kernmembran kund tut. Nach M. HEIDENHAIN rührt die erste Mitteilung über den „Übertritt geformter Bestandteile aus dem Kern in das Plasma“ von OGATE (1883) her, „welcher beim Pankreas die Auswanderung der Nucleolen („Plasmosomen“) aus dem Kern beschrieb“. MACALLUM (1891) versichert, daß „im Pankreas Auswanderung der Nucleolen als normaler Prozeß vorkommt“. HUIE zeigte 1917, daß in den Ferment abscheidenden Zellen von *Drosophila* der Kern während und nach der Verdauung charakteristische Veränderungen eingeht, die nicht anders als Fermentproduktion, Abgabe dieser Stoffe an das Zellplasma gedeutet werden können. Nach neueren Untersuchungen (E. GRECHIK, 1915) ist allen Formen der bläschenförmigen Sekretion der nucleäre Ursprung des Sekretes gemeinsam. Der größere Teil der bei der Sekretion hinausbeförderten Masse ergibt sich aus den Nucleolen; deren Substanz nimmt flüssigen Charakter an und sammelt sich um eine zentrale Chromatinmasse in Form eines Hofes. In diesem löst sich auch Chromatin. „Wenn nun

genügend Substanz in Lösung ist, begibt sich ein Strom gegen die Oberfläche der Zelle. Entweder muß der Strom durch die Kernmembran hindurchdiffundieren, oder aber diese ist nicht mehr zu beobachten. Bei diesem Vorgang erschöpft sich der Kern, bis nur noch ein Nucleolus übrigbleibt.“ — Wenn wir nun zu den Drüsenzellen im engeren Sinn des Wortes übergehen, so mögen hier nur zwei der überzeugendsten Beispiele etwas genauer geschildert werden. Für die Spinnrüsen der Schmetterlingsraupen gibt MAZIARSKI (1910) folgende Beobachtungen wieder¹⁾: „Der Kern spielt eine wichtige Rolle beim Sekretionsprozeß; er nimmt direkt Anteil an der Bildung des Sekretionsproduktes. Es ist die Nucleolensubstanz, die das

Material für den Sekretionsprozeß liefert. Die Nucleolensubstanz wird entweder in Form einzelner Körperchen oder einer Flüssigkeit,

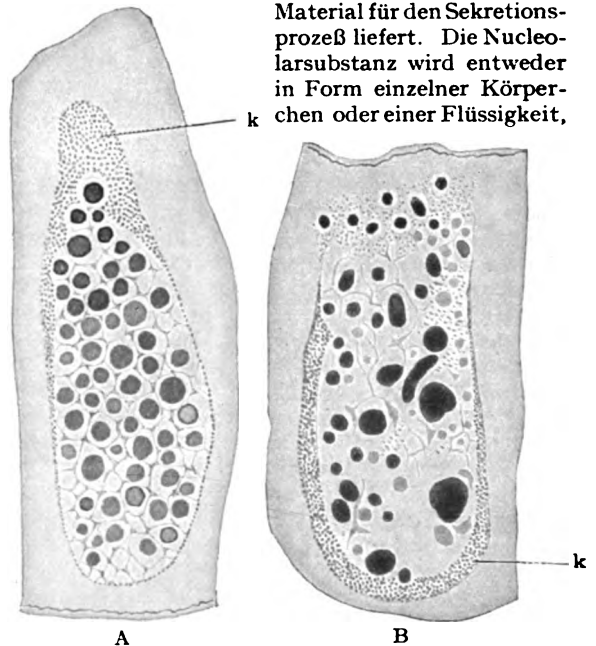


Fig. 4. Drüsenzellen aus der Spinnrüse eines Lepidopteren. A = der Kernraum ist von nucleolenartigen Körpern fast völlig ausgefüllt; k = Chromatin. B = Kernmembran aufgebrochen, der Kerninhalt sich in das Cytoplasma ergießend. (Nach MAZIARSKI aus GURWITSCH, Vorles. allg. Hist. 1913.)

die im Innern des Kerns infolge Auflösung der Nucleolen entsteht, aus dem Kern ausgestoßen. Mit Zunahme der Drüsentätigkeit wird die Zahl der Nucleolen außerordentlich vermehrt; sie durchbrechen die Kernmembran an der Spitze fadenförmiger Ausläufer und gelangen so ins Cytoplasma. Der Seidenfaden bildet sich auf Kosten der Nucleolarsubstanz; er zeigt die gleichen Faraffinitäten wie die intranucleolären und intraprotoplasmatischen Nucleolen.“ (Fig. 4.) Das andere, genauer untersuchte Objekt sind die Zementdrüsen der Cirripeden (P. KRÜGER, 1923), deren Zellen neben manchen Ei- und Ganglienzellen die größten tierischen Zellen sind: bis 0,3 mm Durch-

¹⁾ Übersetzt.

messer mit Kernen von 0,12 : 0,2 mm. Auch bei diesen stammt das Sekret aus den Nucleolen. Ihre Zahl nimmt während der Vorbereitung in größtem Maße zu. Dann werden sie nach der Innenfläche des Kerns transportiert, und zwar stets nach der Seite des Ausführungsganges. Dort lösen sie die Kernmembran auf und gelangen so in das Plasma der Zelle und den Ausführungsgang. (Fig. 5.) — Ähnliche Beobachtungen liegen — gerade aus neuester Zeit — für die verschiedensten Drüsenarten vor. Es sei nur noch auf einige hingewiesen. In den Hinterleibsdrüsen von *Priapulidus caudatus* (*Sipunculoidea*) entstehen nach O. D. HAMMARSTEN und J. RUMSTRÖM (1918) im Kern Vakuolen und Granula; „infolge Auflösung der Kernmembran werden diese ins Protoplasma ausgestoßen und liefern dann wahrscheinlich das

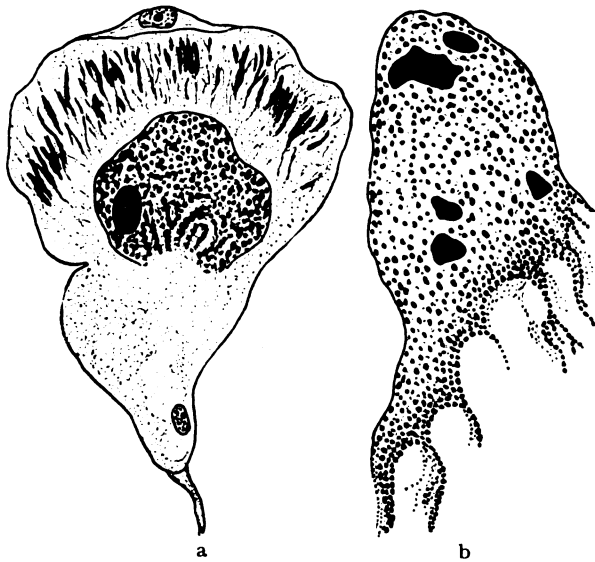


Fig. 5. Zementdrüsenzelle eines Cirripeds (*Scalpellum*). a) Sekretionspause: ein Nucleolus; auf der dem Ausführungsgang entgegengesetzten Seite des Kernes Basalfilamente (Verdichtungen des Protoplasmas, verursacht durch hineindiffundierende Flüssigkeitsströme). b) Kern einer in vollster Tätigkeit befindlicher Zelle: nur noch wenige Nucleolen, Kernmembran nach der Seite des Ausführungsganges aufgelöst. (Aus KRÜGER, Tierphys. Üb. 1926.)

Sekret der Drüsenzellen oder sind bei der Bereitung desselben tätig.“ In den Analdrüsen von *Citrellus Richardsonii* (amerikanische Zieselart) beschreibt SLEGGs (1926) gleichfalls Ausstoßung des Kerns im Zusammenhang mit der Drüsentätigkeit. JACOBS (1925) konnte in den Zellen des Duftorgans und der Hautdrüsen der Honigbiene, wie auch anderer Apiden, im Leben eine aktive Verlagerung des Kerns auf die Zellinnenblase zu beobachten. Nach K. E. SCHREINER liefert in den Bildungszellen wie Drüsenzellen der Haut von Myxine der Kern Bildungsmaterial für die Plastosomen. Die Abgabe erfolgt sowohl von den Kernen wie von

ihren Nucleolen. Und schließlich sollen auch die Mitochondrien nucleären Ursprungs sein (FRANKENBERGER, 1924, Fermentzellen der Speicheldrüsen von Gastropoden). Schließlich seien auch noch einige pflanzliche Objekte herangezogen. Drüsenzellen zeichnen sich in der Regel durch den Besitz relativ großer Kerne aus, so z. B. die Hydrathoden und die Calciumoxalat absondernden Zellen. Bei der Commeliacee *Campelia Zanonii* haben „die Zellen, die Kieselkörper absondern, in ihrer Jugend stark amöboide Nuclei, während alle Zellen ohne Exkret die gewohnten kugeligten Kerne besitzen“ (MOLISCH, 1918). Interessanterweise verändert auch bei Sacharomyceten 24 Stunden nach Gärungsbeginn der Kern „von Minute zu Minute wie eine Amöbe seine Gestalt“ (HENNEBERG, 1915). Ähnliche Beobachtungen liegen u. a. für die Tapetenzellen der Pollensäcke, die Suspensoren des jungen Embryo, die vor der Befruchtung tätigen Antipoden, die nach der Befruchtung arbeitenden Embryosackhaustorien, die Kleberschicht im reifenden Samen vor.

Wenn alledem gegenüber nun von Autoren bei der Untersuchung von typischen Drüsenzellen, wie noch kürzlich z. B. bei den Spinnrüden der Arachnoiden (J. MILLOT, 1926), betont wird, daß eine Beteiligung des Zellkerns sich nicht beobachten ließ, daß also „eine nucleäre Herkunft für die Drüsengranula nicht erwiesen sei“ (A. v. TSCHERMAK, 1924), so sind doch einmal die eben erwähnten Befunde — und sie ließen sich noch wesentlich vermehren — nicht wegzuleugnen, andererseits die scheinbare Nichtbeteiligung des Kerns doch wohl eher auf eine noch nicht genügend ausgebildete Methodik bzw. eine Sekretion, die sich unseren heutigen Mitteln der Darstellung entzieht, zurückzuführen. Die Ausscheidung der Nucleolarsubstanz ins Plasma braucht nicht immer in so großen Schollen und Tropfen wie in den Zementdrüsen der Cirripeden zu erfolgen. K. E. SCHREINER hatte in seinen Untersuchungen „über Kern- und Plasmaänderungen in Fettzellen während des Fettansatzes“ (bei Myxine, 1915) festgestellt, „daß die färbbaren Plasmastäbchen, aus denen die Granula hervorgehen, welche zur Bildung der Fettvakuolen Anlaß geben, aus Kernbestandteilen, und zwar aus Nucleolarsubstanz gebildet werden“. Über das „Wie“ konnte er nichts sicheres aussagen. Es traten „stets nur kleine Nucleolarteile“ durch die Kernmembran. — Es muß doch auffallen, daß auch bei der Bildung des *Chitins* und der *Zellulosemembran* der Pflanzenzellen ganz außerordentliche Veränderungen des Kerns nachweisbar sind. Auf die hierbei erfolgenden Kernverlagerungen ist ja bereits hingewiesen worden. Wenn man die Beschreibungen und Abbildungen KORSCHELTS (1887 und 1891) über die Bildung der Eistrahlen von Nepa und Ranatra (Fig. 6) oder der schon erwähnten Untersuchungen von WILLERS (1915) über die zellulären Vorgänge bei der Häutung der Insekten mit dem weiter oben geschilderten Verhalten der Kerne in den Spinn- und Zementdrüsen

vergleicht, so ist man von der durchgängigen Gleichheit der Bilder überrascht: Zunahme der Nucleolarmasse, Amöboidie und Schwund der Kernmembran auf der Seite der Abscheidung. Ja, das gleiche gilt auch für die Entstehung der Kapselanlage im Cnidoblasten der Coelenteraten (TH. MOROFF, 1910. L. WILL, 1910. A. EWALD, 1916) und die Bildung der Trichocysten der Protozoen (C. TÖNNIGES, 1914). Nach neuesten Unter-

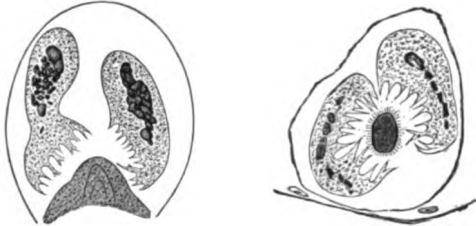


Fig. 6. Chitinabscheidende Doppelzellen aus dem Eifollikel von *Nepa cinerea* (Hemiptere). (Nach KORSCHULT aus HERTWIG, Allg. Biol. 1909.)

suchungen dürfte feststehen, daß in kernlosen Pflanzenzellen „die Produktion von Zellulose oft ganz unterbleibt, im übrigen wohl nur als Nachwirkung auftritt“. (G. HABERLANDT, 1918.) Das völlige Analogon zu den obengeschilderten Vorgängen in tierischen Drüsenzellen findet sich bei der sekretorischen Funktion des Kerns bei den Mykorrhizen. Wir können deshalb eine eingehende Schilderung hier unterlassen. Wie die Funktion

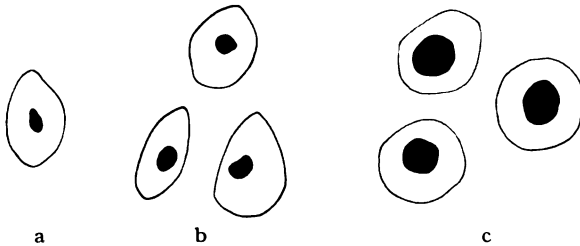


Fig. 7. *Funaria hygeometrica* (Moos). a) Normaler Kern; b) Kerne nicht regenerierender; c) Kerne regenerierender Zellen nach 12tägiger Kultur des Blattes. Die drei Kernvolumina verhalten sich wie 1 : 4 : 5, die Volumina der Nucleolen wie 1 : 3,5 : 12! (Nach HEITZ, 1925.)

des Kerns bei der Celluloseabscheidung — im Hinblick auf seine Glykogenarmut in tierischen Zellen — im einzelnen zu denken ist, bleibt noch unbekannt. Möglicherweise verhalten sich die pflanzlichen Zellkerne anders, da HEITZ die Größenzunahme von Kern und Nucleolen in regenerierenden Zellen (abgeschnittener Blattstückchen) auf Stauung von Zucker zurückführt. (Fig. 7.) (Solche Permeabilitätsunterschiede finden sich ja sogar bei homologen Zellen verschiedener Pflanzen; möglicherweise könnten auch Wundreize od. dgl. Änderungen des Durchlässigkeitsvermögen zur Folge haben.) Gleiche Verhältnisse wie bei den Mykorrhizen — Zunahme der Nucleolarmasse,

Anlagerung derselben an die Kernmembran, häufig Auflösung dieser an der Seite der Zellulosebildung und Substanzverluste des Kerns — sind neuerdings auch an den Bakteroidengallen der Leguminosen, an tierischen Gallen sowie an den Wirtszellen der Haustorien gefunden worden. — Schließlich wurde kürzlich (R. H. LUDFORD, 1925) gezeigt, daß beim Verhornungsprozeß der Säugerhaut Verzweigungen und Fragmentierungen des

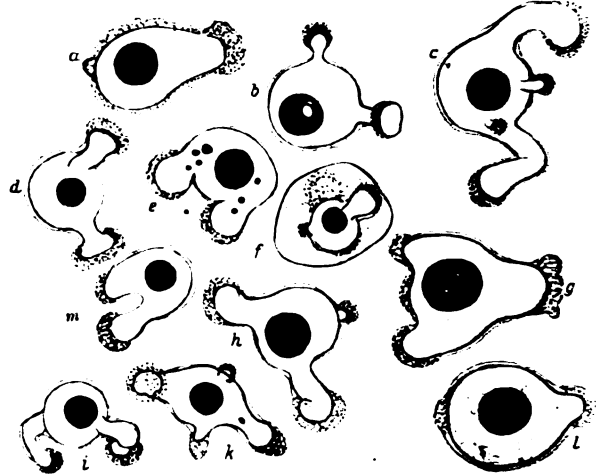


Fig. 8. *Geophilus* spec. (Tausendfüßler). Lebende Kerne mit Kernknospen. (Nach KOCH, 1925.)

Kerns vorkommen, daß die Keratinkörperchen nucleolären Ursprungs sind, daß aber der eigentliche Verhornungsprozeß eine Funktion des Cytoplasmas ist.

Von anderen Zellen nicht drüsigen Charakters zeigen vor allem Ei- und Ganglienzellen eine erhöhte Tätigkeit in Kernveränderungen an, die durchaus denen in Drüsen entsprechen. Die Abgabe von Stoffen aus dem Kern an das Plasma der Eizellen während ihres Wachstums ist in einer solch großen Zahl von Fällen beschrieben worden, daß wir uns auf zwei der allerneuesten beschränken wollen. Bei Chilopoden konnte A. KOCH (1925) eine ganz außerordentlich reiche Knospenbildung des Kerns (Fig. 8). Zunahme und Verteilung („Zerstäubung“) der Nucleolarmasse an den lebenden Zellen beobachten. Wenn er auch einen Durchtritt dieser Stoffe durch die Kernmembran nicht einwandfrei nachweisen konnte, so ist er seiner Meinung nach doch sicher vorhanden, wie besonders aus dem wechselseitigen (innen — außen) Auftreten der beiden, sich gleichfärbenden, Substanzen (Nucleolarmasse, sog. Kugelsekret) auf einer ganz eng begrenzten, kleinen Partie der Kernmembran hervorgeht. Beachtenswert ist auch, daß große Kerne multinucleolär, kleine Kerne fast rein mononucleolär sind. — Das andere eingehend untersuchte Objekt stellen die Säugereier (Ratte und Maus) während ihrer Wachstumsperiode und der Ausbildung der Vorkerne im befruchteten Ei

(J. KREMER, 1924) dar. Danach stehen auch die Dotterkerne mit den ausgewanderten Nucleolen in genetischem Zusammenhang (Fig. 9). Bei der Ausbildung der Vorkerne zeigt sich die Tätigkeit derselben an der mächtigen Zunahme der Nucleolarsubstanz, die dann in das Eiplasma eliminiert wird, wo sie „allem Anschein nach zur Bildung für die Ökonomie der Eizelle besonders wertvoller Substanzen verwandt werden dürfte“. — Erst vor einigen Jahren (H. KUNZE, 1921) wurde an den großen Ganglienzellen von *Helix pomatia* nachgewiesen, daß der Kern Amöboidie zeigt, wobei die pseudopodienartigen Lappen „besonders stark an der Seite des Kerns ausgebildet sind, die der Ansatzstelle des Zellfortsatzes zugewandt ist“. Am gleichen Objekt hat man (E. ROHDE, 1898) nun auch ein Auswandern der sehr zahlreichen Nucleolen feststellen können. Sehr eingehende Untersuchungen über die morphologischen Veränderungen der Ganglienzellen während ihrer

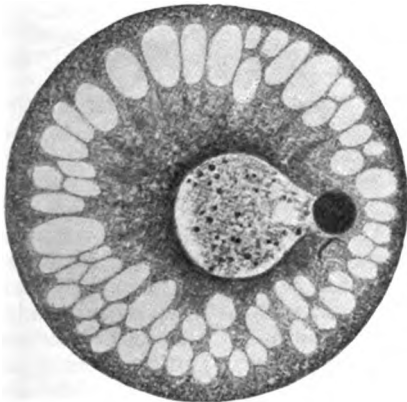


Fig. 9. Ei aus einem GRAAFSchen Follikel der Ratte mit auswanderndem Nucleolus. Derselbe hat die Kernmembran bereits durchsetzt und befindet sich fast inmitten des Ooplasmas. (Nach KREMER, 1924.)

Tätigkeit verdanken wir E. HOMGREN (1899). Er faßt seine und anderer Ergebnisse an elektrisch oder physiologisch gereizten Nervenzellen wie folgt zusammen: „Der morphologische Ausdruck der Arbeit der Nervenzellen besteht in einer Volumsvergrößerung des Zelleibes und des Kerns, in einer Verkleinerung und diffusen Verteilung der Tigroidsubstanz und in einer Verschiebung des Kerns gegen die Peripherie der Zelle. Der Nucleolus wird bei der Arbeit der Zelle vergrößert. Die Erschöpfung manifestiert sich durch eine Volumsverkleinerung des Zelleibes und des Kerns. Die Einkerbungen der streckenweise nicht wahrnehmbaren Kernmembran backen mit dem ausgewanderten Nucleolus zusammen und sind wie eine langgestreifte basophile Schlange in dem Achsenzyylinder mehr oder weniger weit verfolgbar.“

Welche Bedeutung den Kernen bzw. den Kernsubstanzen für den Ablauf des *Gesamtstoffwechsels* zukommt, soll noch durch die Schilderung der Vorgänge beim Fettstoffwechsel, insbesondere den

histologischen Erscheinungen während der Insektenmetamorphose, bei der Melaninbildung und bei der Abscheidung von Exkreten erwiesen werden. Wie wollen uns wiederum nur auf einige besonders gut untersuchte Beispiele beschränken. G. H. BISHOP (1922, 1923) kommt bei seinen Untersuchungen über den Zellstoffwechsel im *Fettkörper der Insekten* (Honigbiene) zu folgenden Ergebnissen¹⁾. „Das Hauptspeicherorgan der Larve ist der Fettkörper. Er macht bei der erwachsenen Larve dreiviertel des Gesamtgewebes und zweidrittel des gesamten Körpergewichts aus. Während des Puppenstadiums geht in den Fettzellen ein katabolischer Prozeß in dem Sinne vor sich, daß das während des anabolischen Prozesses aufgespeicherte Material in Protoplasma umgewandelt wird. Während der anabolischen Phase wird Fett in kugeligen Vakuolen abgelagert; das Cytoplasma ist von gleichförmiger Struktur und Konsistenz, der Zellkern ist groß, oval und angefüllt mit sich schlecht färbenden basophilen Granula. Während der katabolischen Phase verschwinden das Fett und die cytoplasmatische Grundsubstanz im stärksten Maße, und die Zelle füllt sich mit zahlreichen „Albuminoidkugeln“, die schließlich unter Bruch der Zellmembran in die Körperflüssigkeit gelangen. Der Kern wird fadenförmig dünn und seine basophile Substanz zum größten Teil reduziert. Beim Übergang des ersten Stadiums in das letzte findet ein Wiederaufbau des Zellmaterials statt, insbesondere eine Wiederherstellung der Kernplasmarelation. Die Kernmembran verschwindet unter *Anzeichen* von Diffusion zwischen Kern und Cytoplasma; der Kern streckt sich, und seine großen basophilen Granula, die wahrscheinlich aus den Nucleolen stammen, verstreuen sich im Cytoplasma. Der Kern bildet dann seine Membran wieder aus, ohne seine ovale Gestalt wieder zu erlangen. Die Granula vergrößern sich auf Kosten des Cytoplasmas und bilden die Albuminoidkugeln. Aus den Färbungsreaktionen der Albuminoidkugeln lassen sich drei mögliche Funktionen ableiten: 1. Exkretion von Abfallstoffen aus dem Kern, die wahrscheinlich nur zufällig mit der Funktion der Kerngranula im Cytoplasma verbunden sind; 2. Verdauung von Eiweiß unter dem Einfluß von Kerngranula; 3. Umwandlung von Fett. Bei der Untersuchung verschiedener Insekten ergab sich die wahrscheinliche Korrelation zwischen dem Grad der Gestaltsveränderung und Auflösung des Kerns und den Bedingungen der Larvenernährung und der Entwicklungsgeschwindigkeit, in dem Sinne, daß die mit schnellster Verwandlung die größten Kernveränderungen zeigen.“ J. KREMER (1925) faßt seine Befunde an den *metamorphotischen Vorgängen* (im besonderen der Muskulatur) bei *Insekten* in folgenden Sätzen zusammen. „Alle histolytischen Erscheinungen laufen deshalb zuguterletzt auf eine intensive Chromatinsynthese hinaus, und sämtliche histogenetischen Prozesse nehmen aus diesem so gewonnenen chromatischen Kern-

¹⁾ Übersetzt.

material die Elemente, deren sie zu ihrem geweblichen Ausbau fortgesetzt benötigen. Im Chromatin haben wir deshalb den Grundstoff für jedwede tierische Organisation zu erblicken.“ — In diesem Zusammenhang wäre wohl auch der *Melaninbildung* zu gedenken. „Im Anschluß an

substanz aus normalen intermediären Eiweißstoffwechselprodukten“. (O. GANS und G. LUTZ, 1925.) — Zum Schluß sei noch darauf hingewiesen, daß auch in Zellen von typischem *Exkretcharakter*, wie den MALPIGHISCHEN Schläuchen der Insekten, die Kerne bestimmter Organab-

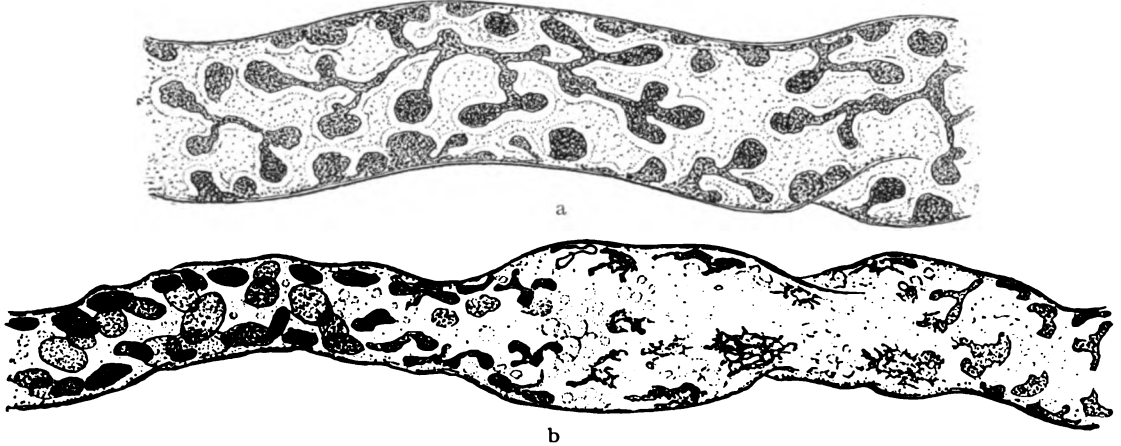


Fig. 10. Harnschläuche von Insekten mit verzweigten Kernen. a) *Bombyx rubi* (Spinner); b) *Carausius morosus* (Stabheuschrecke). (Aus KRÜGER, Tierphys. Üb. 1926.)

HERTWIGS Feststellungen (1904) der Pigmententstehung bei Aktinosphären führt RÖSSLE (1904) die Pigmentbildung in Melanosarkomen auf eine Überproduktion der Nucleolarsubstanz des Kerns zurück. MEIROWSKY (1908 bis 1925) leitet auf Grund seiner ausgedehnten morphologischen und experimentellen Forschungen über die Pigmententwicklung an überlebender Haut

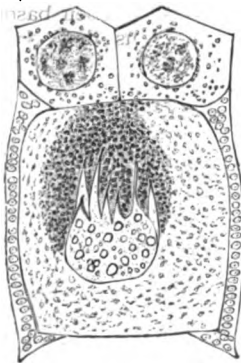


Fig. 11. Ein Eifollikel von *Dytiscus marginalis* (Schwimmkäfer) mit angrenzendem Nährfach, in welchem eine reichliche Körnchenabscheidung stattfindet. Der Eikern sendet Fortsätze nach der Richtung der Körnchenanhäufungen. (Nach KORSCHULT aus HERTWIG, Allg. Biol. 1909.)

leitenden Eiweißverbindung wahrscheinlich gemacht wird.“ Nach den Untersuchungen von THANNHAUSER und WEISS (1922) und MONCORPS (1924) bildet „die Pigmentzelle selbst die Mutter-

schnitte Amöboidie in ausgesprochenstem Maße zeigen. In den Harnschläuchen der Stabheuschrecken zersplittern die Kerne geradezu an den Stellen, wo die Abscheidung der Harnsäure und des kohlen sauren Kalkes beginnt. (Fig. 10.)

Dürfen wir somit eine intensive aktive Beteiligung des Kerns an den Lebenserscheinungen der Zelle, speziell der Stoffwechselvorgänge, als sicher ansehen, so bleibt uns nur noch zu untersuchen, ob denn auch für eine *Stoffaufnahme des Kerns* sich Anhaltspunkte finden. *Isolierte Kerne* allein sind ebenso wenig existenzfähig wie Plasma ohne Kern. Es genügt allerdings eine sehr geringe Menge Cytoplasma in Verbindung mit dem Kern, um in kurzer Zeit eine vollständige Zelle wieder aufzubauen: bei *Amoeba* etwa $\frac{1}{10}$ des ursprünglichen Plasmavolumens, bei *Stylonychia* gar nur $\frac{1}{27}$; Seeigeleifragmente von nur $\frac{1}{8}$ des Ausgangsvolumens vermögen noch Pluteuslarven zu bilden. Was nun die *Nahrungsaufnahme des Kerns* aus dem Cytoplasma anbelangt, so geht diese schon aus dem oben geschilderten Verhalten der Kerne beim Fettstoffwechsel der Honigbienenlarve hervor, und KREMER schildert eingehend, wie die „starke Zunahme der chromatischen Kernsubstanz auf Kosten der ooplasmatischen und cellulären Einschlüsse“ erfolgt. M. J. GUTHRIE (1925) wies nach, daß in den Eiern von Teleostiern „Dotter, Neutralfette und Lipide in neues, mitochondrienhaltiges Cytoplasma, welches das Material für die Kernbestandteile liefert“, übergeführt werden. Manche Eizellen zeigen während des Wachstums Pseudopodienbildung der Kerne. Die überzeugendsten Bilder verdanken wir den Untersuchungen KORSCHELTS an den Ei- und Nähr-

zellen von *Dytiscus*. (Fig. 11.) Aus den Abbildungen erkennt man einmal den Stofftransport von den Nährzellen zum Ei und an den nach dieser Seite gerichteten Fortsätzen des Kerns die Aufnahmebereitschaft desselben. In den Zementdrüsenzellen der Cirripeden sprechen Differenzierungen des Cytoplasmas auf der dem Ausführungsgang entgegengesetzten Seite des Kerns, die sog. Basalfilamente, für die Richtung des Stromes der den Kern ernährenden Stoffe. (Fig. 5a.) Erwähnt mag hier noch werden: die Anlagerung und Fortsatzbildung des Kerns der Wurzelzellen von *Neottia nidus avis* an die intracellular ein-

geschlossenen Reste parasitierender Pilzhyphen (W. MAGNUS, 1900) und das Verhalten der Kerne in den sog. Verdauungszellen des Rhizoms von *Psilotum triquetrum* (K. SHIBATA, 1902).

Zusammenfassend können wir also sagen, daß — wie nicht anders zu erwarten — die Bedeutung von Kern und Cytoplasma eine wechselseitige ist, daß aber doch dem Kern eine überragende Rolle für den geregelten Ablauf der Zellfunktionen zukommt, sei es, daß in ihm wichtige Stoffwechselprozesse ablaufen, sei es, daß er regulierend oder stimulierend in Vorgänge, die im Cytoplasma erfolgen, eingreift.

Zweiter Internationaler Kongreß für Technische Mechanik in Zürich.

(12. bis 17. September 1926.)

Von TH. PÖSCHL, Prag.

Parallel mit der großen Entwicklung der Physik, die wir miterleben, und in vieler Beziehung von ihr beeinflußt und abhängig, geht ein bemerkenswertes Anwachsen des Interesses für technische Mechanik, worin alle Probleme und Methoden zusammengefaßt erscheinen, die in der Technik unmittelbar oder mittelbar Verwertung finden. Dieses vermehrte Interesse bekundet sich nach außen hin in dem Bedürfnis zur Veranstaltung eigener internationaler Kongresse, von denen der erste 1924 in Delft stattgefunden hat, während der zweite soeben in Zürich seinen Abschluß fand. Auch dieser zweite Kongreß, der unter dem Schutze der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich und unter tatkräftiger Förderung durch die schweizerischen, kantonalen und städtischen Behörden stattfand, darf sowohl nach der Anzahl der Teilnehmer wie auch nach Reichhaltigkeit und Inhalt der Vorträge als voll gelungen bezeichnet werden. 22 Staaten waren mit folgenden Teilnehmerzahlen vertreten: Schweiz 79, Deutschland 70, Frankreich 22, England, Holland je 12, Tschechoslowakei 8, Italien, Österreich, Polen je 6, Japan, U. S. A. je 5, Schweden 4, Belgien, Rumänien je 3, Norwegen, Türkei je 2, Ägypten, Argentinien, Bulgarien, Griechenland, Niederländisch-Indien, Spanien je 1, zusammen 251. Die Zahl der Vorträge betrug über 80, die an 4 Halbtagen in allgemeinen Sitzungen und außerdem an 5 Halbtagen in gleichzeitigen Sitzungen dreier Sektionen abgehalten wurden, von denen die erste allgemeinen Fragen und der rationalen Mechanik, die zweite der Elastizitäts- und Festigkeitslehre sowie der Strukturtheorie der Materie, die dritte der Hydro- und Aeromechanik gewidmet war. — Mit dem Kongreß war eine Reihe von gesellschaftlichen Veranstaltungen verbunden, von denen die vom Züricher Organisationskomitee und die von den Behörden des Kantons und der Stadt Zürich veranstalteten Bankette besonders hervorgehoben seien, die zu natürlichen Höhepunkten der Kongreßwoche wurden.

Über den Inhalt der Vorträge, die auch ehestens

ausführlich gesammelt herausgegeben werden, unterrichtete die Teilnehmer ein Band mit den Vortragsauszügen, der ihnen — ganz nach dem Delfter Muster — zu Beginn des Kongresses eingehändigt wurde. Für die Leser dieser Zeitschrift dürfte eine Übersicht über die behandelten Fragen von Interesse sein, die hier zusammenfassend gegeben werden soll, ohne daß auf Einzelheiten eingegangen werden kann. Wenn dabei nicht alle Vorträge genannt werden — ein wenig ausführlicher sind nur die allgemeinen behandelt —, so soll damit in keiner Weise ein Werturteil ausgesprochen, oder besser gesagt: verschwiegen sein.

Den Reigen der allgemeinen Vorträge eröffnete der Präsident des Züricher Organisationskomitees Prof. E. MEISSNER mit einem Vortrage: Elastische Oberflächen-Querwellen. In Weiterführung eigener früherer Untersuchungen auf diesem Gebiete (s. insbesondere Vierteljahrsschr. d. naturforsch. Ges. in Zürich 66, 1921) wurde die Frage behandelt, wie das Dispersionsgesetz derartiger Wellen von der Heterogenität der Erdkruste abhängt und eine Anzahl neuer Fälle heterogener Dichteverteilung vorgeführt, die sich vollständig diskutieren und mit dem heute vorliegenden, für solche Überprüfungen freilich noch recht mangelhaften Beobachtungsmaterial vergleichen lassen. Es wird der Begriff der *kryptheterogenen* Medien eingeführt, die dadurch gekennzeichnet sind, daß in ihnen die Laufgeschwindigkeit trotz veränderlicher Dichteverteilung konstant ist.

E. JOUGUET, Paris, sprach über die thermodynamische Theorie der Fortpflanzung der Explosionen, wobei der Vortragende eine vollständige Analyse der dabei auftretenden physikalischen und chemischen Vorgänge entwickelte. Die Fortpflanzung der Explosionen kann nach den beiden extremen Arten der Verbrennung (déflagration) und der Verpuffung (détonation) erfolgen. In beiden Fällen hat man zu unterscheiden zwischen gewöhnlichen Wellen, die eine Unstetigkeit der Beschleunigung fortpflanzen, und Stoß- und Verbrennungswellen, die eine Unstetigkeit der Ge-

schwindigkeit und des physikalischen und chemischen Vorganges fortpflanzen. Die Verbrennung bringt eine Art chemischer Elastizität ins Spiel. Diese Wellen erzeugen einerseits eine Kondensation des Mittels, welche die Verpuffungen, andererseits eine Dilatation, welche die Verbrennungen erklärt. Die Unterschiede der nach dieser Theorie erhaltenen Werte für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit gegen die beobachteten stellen sich als sehr gering heraus.

Besonderem Interesse begegnete der Vortrag von TH. V. KÁRMÁN, Aachen: Über elastische Grenzzustände. Nach einem kurzen Bericht über die Grundvorstellungen der Plastizitätstheorie gab der Vortragende eine Formulierung der notwendigen und hinreichenden Bedingungen, die zur vollständigen Kennzeichnung der Probleme, bei denen plastische Gebiete auftreten, erfüllt sein müssen. Die Probleme werden zurückgeführt auf Variationsprobleme mit Bedingungs-Ungleichungen. Ein solches Problem liegt auch in der Theorie des Erddruckes vor, für das bisher nur die sog. RANKINESchen Lösungen bekannt waren, die, auf praktische Fälle angewendet, zu Widersprüchen und Unstimmigkeiten führen. Diese Unstimmigkeiten verschwinden, sobald die vollständigen Lösungen der Grundgleichungen ermittelt werden, indem die darin auftretende Singularität in richtiger Weise behandelt wird. Die Wand erscheint dabei als eine Enveloppe von Gleitlinien und für den Erddruck erhält man Werte, die übrigens auch zahlenmäßig sehr gut mit der einfachen COULOMBSchen Theorie übereinstimmen.

Die Beziehungen zwischen der Festigkeitslehre und den Molekularvorstellungen der modernen Physik entwickelte P. DEBYE, Zürich, in einem Vortrag über Molekularkräfte. Die Molekularkräfte, die den Zusammenhang der Körper herstellen, werden in bekannter Weise als elektrische gedeutet, und die Gesetze, welche diese Kräfte befolgen, werden (für größere Entfernungen) zu einer Folge des COULOMBSchen elektrostatischen Grundgesetzes. Durch Entwicklung des Potentials der statischen Ladungen nach negativen Potenzen der Entfernung gelangt man zu der Reihenfolge: Ionen, Dipole, Quadrupole usw. Jedem Gliede dieser Folge entsprechen gewisse Arten von Kräften, die bei bestimmten Erscheinungsgruppen für sich in Wirkung treten. So die Ionenkräfte bei Lösungen von Salzen, die in Ionen zerfallen sind, und bei festen Salzen vom Typus Steinsalz, wo sie im wesentlichen die Festigkeit bedingen usw. Die abstoßenden Kräfte, die für kleine Entfernungen auftreten, müssen durch Verfolgung des dynamischen Charakters des Ladungssystems gedeutet werden; ihre Eigenschaften scheinen mit den Quantengesetzen zusammenzuhängen, die an Stelle der bezüglichen Gesetze der klassischen Mechanik zu treten haben.

G. I. TAYLOR, Cambridge (England), untersuchte in seinem Vortrage über die Verzerrung von Metalleinkrystallen die Frage, was durch äußere Messungen eines verzerrten Metallkristalls

über den Verzerrungszustand im Innern ausgesagt werden kann. Der Vortragende beschreibt in großen Zügen eine allgemeine Methode zu ihrer analytischen Behandlung. Es werden zunächst die Neigungen aller Geraden bestimmt, welche bei der Verzerrung ihre Länge unverändert beibehalten. Diese Richtungen bilden einen Doppelkegel, der häufig sehr nahe in ein Ebenenpaar zerfällt, von denen jede als Gleitfläche betrachtet werden kann und von denen eine gewöhnlich mit den Krystallachsen assoziiert ist, im allgemeinen also selbst eine Krystallebene ist. Die Gleitrichtung ist senkrecht zu der Schnittlinie zweier möglicher Gleitebenen und wird gewöhnlich mit einer kristallographischen Hauptachse zusammenfallend gefunden. Der Nutzen der Methode, die auch Geltung hat, wenn die Voraussetzungen nicht ganz zutreffen, wurde an mehreren instruktiven Beispielen erläutert.

P. W. BRIDGEMAN, Cambridge (Mass., U. S. A.), sprach über die Wirkung des hydrostatischen Druckes auf die mechanischen Eigenschaften der Stoffe, sobald hohe Drucke von der Größenordnung 10 000 kg/qcm in Betracht gezogen werden. Zunächst wird gezeigt, daß die Zusammendrückbarkeit, die bei verschiedenen Gasen und Flüssigkeiten bei niederen Drücken sehr verschieden ist, bei hohen Drücken merklich die gleiche wird; selbst das am meisten zusammendrückbare *Metall*, das Caesium, hat bei so hohen Drücken dieselbe Zusammendrückbarkeit wie die Flüssigkeiten. — Des weiteren werden die *Hysteresis* bei Formänderungen, die zuweilen in umgekehrtem Sinn auftritt, und die *Brucherscheinungen* bei hohen Drücken ausführlich behandelt, wobei sich ergibt, daß keines der gewöhnlichen Kriterien für den Eintritt des Bruches über einen sehr eingeschränkten Belastungsbereich hinaus noch Gültigkeit behält. Die am stärksten variierende Eigenschaft von allen, die bisher untersucht wurden, ist die *Zähigkeit* der Flüssigkeiten, die mit zunehmenden Drücken um so stärker zunimmt, je komplizierter der chemische Bau des Moleküls der betreffenden Flüssigkeit ist.

Die zweite Reihe der allgemeinen Vorträge eröffnete L. PRANDTL, Göttingen, mit einem bedeutungsvollen Vortrage „Über die ausgebildete Turbulenz“. Trotz wertvoller Ansätze ist den vielfachen Versuchen, dem Turbulenzproblem analytisch beizukommen, bisher der Erfolg versagt geblieben. Der Vortragende geht daher darauf aus, *Rechnungsregeln* zu suchen, die zutreffende Aussagen über die Verteilung der mittleren Geschwindigkeit und der Drücke und Reibungskräfte in turbulenten Strömungen ergeben sollen. Als plausibler Ansatz wird vorgeschlagen, die Geschwindigkeitsschwankungen beider Komponenten einer Strömung proportional dem Geschwindigkeitsgefälle senkrecht zur Strömungsrichtung zu setzen. Der Proportionalitätsfaktor wird als eine charakteristische Länge — der Mischungsweg — eingeführt, und zwar als jener quer zur Strömung gerichtete

Weg, der zu durchlaufen ist, bevor ein Flüssigkeitsballen sich mit seiner neuen Nachbarschaft vermischt. Für die Schubspannung in der Strömungsrichtung ergibt sich damit ein dem Quadrat dieses Mischungsweges und des Geschwindigkeitsgefälles proportionaler Ausdruck, der, in die hydrodynamischen Differentialgleichungen eingeführt, einen dem Quadrate der Geschwindigkeit proportionalen Strömungswiderstand liefert. Die Größe des Mischungsweges wird rückwärts durch Ausrechnung aus Beobachtungen ermittelt, in einfachen Fällen der „freien Turbulenz“ sind jedoch auch theoretische Aussagen darüber möglich, und diese führen auf Geschwindigkeitsverteilungen, die mit den Beobachtungen recht genau übereinstimmen. Auch für die turbulente Schicht in der Nähe von festen Wänden lassen sich auf Grund der bekannten Ansätze Aussagen über die Größe des Mischungsweges machen, die den Vorzug haben, daß sie z. B. die eigentümliche Spitze in der Rohrmitte deutlich wiedergeben. Die eigentümlichen Geschwindigkeitsverteilungen in nicht-kreisförmigen (dreieckigen u. dgl.) Rohren werden durch Sekundärbewegungen in anschaulicher Weise erklärt.

C. CAMICHEL, Toulouse, entwickelte in seinem Vortrage über die Theorie des Widerstoßes eine Analyse der Stoßvorgänge, die in Rohrleitungen unter Berücksichtigung der Zusammendrückbarkeit des Wassers und der Elastizität der Rohrwandungen auftreten, wobei er vor allem über seine eigenen Untersuchungen über diesen Gegenstand berichtete. Als Einzelergebnis sei hier angeführt, daß die auftretende Resonanz einen Druckanstieg bis auf das doppelte des statischen Druckes hervorrufen kann. Die Theorie gestattet u. a. auch, die Tatsache zu erklären, daß in einer Rohrleitung Wellen mit zwei verschiedenen Perioden auftreten: eine, die dem Hin- und Rückgange von einem Ende zum anderen über alle Stränge hinweg entspricht, aus welchen die Rohrleitung zusammengesetzt ist, und eine andere, die man dadurch erhält, daß man die Wellen in den einzelnen Rohrstücken für sich betrachtet. Die erzielten Ergebnisse wurden an ausgeführten Anlagen mit verschiedengestalteten Rohrsträngen geprüft und mit großer Genauigkeit bestätigt gefunden.

Dem Gebiete der Flugtechnik gehörte der Vortrag von P. M. JONES, Cambridge (England), an, der sich mit der Prüfung der Wirkung von Steueranschlägen auf die Flugzeugbewegung beschäftigte. Vorwiegend sollte das Verhalten eines „aufgezogenen“ Flugzeuges unmittelbar vor der Landung untersucht werden, also mit großem Anstellwinkel. Es wird das Ziel verfolgt, die aus Beobachtungen an wirklichen Flugzeugen gefundenen Ergebnisse, für die der Vortragende auch eine qualitative Theorie entwickelte, zahlenmäßig durch Messungen im Windkanal zu verfolgen, wobei tunlichst dieselben Bedingungen (Übereinstimmung der REYNOLDSschen Zahl) angestrebt werden. Aus den Ergebnissen werden typische Flugzeugbewegungen

herauszuschälen gesucht, deren Verlauf auch qualitativ erklärt wird.

Der analytischen Mechanik war der letzte Vortrag der allgemeinen Sitzungen gewidmet: T. LEVICIVITÀ, Rom, über die Zusammenstöße in dem Problem der drei Körper. Es wird der Begriff des Zusammenstoßes in der Himmelsmechanik erklärt und die wesentliche Frage, auf deren exakte Beantwortung es weiterhin ankommt, wie folgt formuliert: Endigen die Planetenbahnen beim Dreikörperproblem (sofern sie nicht geschlossen sind) immer durch Annäherung aneinander oder durch Entfernung ins Unendliche (also durch eine plötzliche Katastrophe oder durch fortschreitende Erstarrung)? Oder gibt es Anfangszustände, welche bei beliebiger Fortsetzung der Bewegung das Ausbleiben von Zusammenstößen oder das Verweilen in einem vorgegebenen Gebiet gewährleisten? Der Vortragende entwickelt die Ergebnisse, die er bei der Beantwortung dieser Frage für das restringierte Dreikörperproblem (problème retreint) erhalten hat.

Was die Sektionsvorträge betrifft, so müssen wir uns hier auf eine schlagwortartige Kennzeichnung der behandelten Gegenstände beschränken. In der *Sektion I* handelte es sich vorwiegend um solche Fragen, die in sachlicher oder methodischer Hinsicht mit den theoretischen Teilen der Mechanik in Beziehung stehen. Hierbei sei zunächst hingewiesen auf die Vorträge über Potentialtheorie, Anwendung der Integralgleichungstheorie und des Riccikkalküls, Statik der Raumbachwerke, ferner insbesondere auf die praktisch außerordentlich wichtigen Methoden zur angenäherten Lösung von physikalischen Problemen, die aus einem Variationsproblem ableitbar sind, auf die Methoden zur wirklichen Berechnung zweidimensionaler elastischer Systeme u. dgl. Ausführlich kam die Lehre von den Schwingungen zur Sprache sowie auch deren Bedeutung für die Stabilitätsfrage; es wurden mechanische Systeme der verschiedensten Art betrachtet, wie Stäbe mit veränderlichem Querschnitt, Drähte, Turbinenscheiben, Tragflügel von Luftfahrzeugen, rotierende Wellen, der Schlingertank, Wasserfahrzeuge usw. Von Sonderproblemen seien des weiteren hervorgehoben: die Theorie des Riemmentriebs, der Schlagwerkzeuge, das Torsionsproblem, durch Zerreißvorgang entstandene geologische Störungszonen, Berechnung von Masten aus Eisenbeton, Aufnahmen von Geschossen bei Tageslicht und Messung ihrer Geschwindigkeiten, Anwendung der Theorie des Zufalls auf die Bestimmung der Leistungsmaxima mehrerer zusammenarbeitender elektrischer Anlagen.

Aus der *Sektion II* sind zunächst die Vorträge über verschiedene Fragen der Strukturtheorie zu nennen. An eine Einführung in die geometrische Theorie der Krystallstruktur reihten sich Vorträge über die Entstehung der Gleitflächen, die Bestimmung des Gleitwiderstandes, plastische Dehnung von Krystallen, röntgenologische Untersuchung von Metallkrystallen, Einfluß hoher Temperaturen auf die kristallographischen Eigen-

schaften der Stoffe. — Auf dem Gebiete der Elastizitätstheorie wurden behandelt: Verschiedene Fragen aus der Theorie der Bogenträger und des Brückenbaues, die Theorie und Biegung von Wellen unter dem Einfluß periodisch veränderlicher Kräfte, die sog. singulären Punkte in elastischen Kraftfeldern, die Theorie der Platten und Schalen, Spannungen in Eisenbahnschienen, die Spannungserhöhung durch Bohrungen und Hohlräume im Innern elastischer Körper, die Beanspruchung unregelmäßiger Trägerquerschnitte. Von mehreren Forschern wurde das Knickungsproblem behandelt und dabei eingehend die Frage erörtert, in welcher Weise die Ergebnisse der Versuche für die Vorschriften der Praxis zu verwerten sind. An Einzelproblemen aus diesem Gebiete seien noch genannt: Die Knickung von Stäben mit Schneidenlagerung und die Einbeulung des belasteten Kreisringes. Schließlich wurde die Auflösung von sog. statisch-unbestimmten Systemen durch Messung an Modellen vorgeführt. — Aus der Festigkeitslehre seien hervorgehoben: Die Vorträge über den Einfluß wiederholter Belastungen von Eisen und Eisenbeton, die Dämpfung bei der Schwingungsbeanspruchung von Metallen in Abhängigkeit von der Verformungsgeschwindigkeit, Verfestigung, Fließgrenze, Verteilung des Druckes im Baugrunde, Festigkeit von Schrumpfverbindungen, Metallerosion durch Wasser und Dampf, das Härteproblem und die Bruchtheorien.

Die *Sektion III*, der Hydro- und Aeromechanik gewidmet, war verhältnismäßig mit der kleinsten

Zahl von Vorträgen ausgestattet, aber mit nicht geringerem Interesse besucht wie die beiden anderen. Der Inhalt der Vorträge betraf zunächst Fragen der theoretischen Hydromechanik, wie der Anwendung funktionen- und potentialtheoretischer Methoden, die möglichen Singularitäten, die Fortpflanzung von Einzelwellen, Stoßwellen, Kielwasserwellen, Transformation hydrodynamischer Probleme, eine experimentelle Methode zur Auflösung der Bewegungsgleichungen der Flüssigkeiten, eine chronophotographische Methode zur Bestimmung der Geschwindigkeiten. In mehreren Vorträgen wurden die für die Turbinentheorie wichtigen Strömungsvorgänge behandelt, wobei insbesondere die Bildvorführungen des Altmeisters der Strömungslehre, Prof. PRÁŠIL, Zürich, zu spontanen Beifallsäußerungen Anlaß gaben. Ferner sind zu nennen: Unstetige Strömungen längs gekrümmter Wände und krummer Platten. Schließlich folgten aus der Theorie der Bewegung zäher Flüssigkeiten Vorträge über die turbulente Strömung in Röhren, neue Fälle von Grenzschichtabsaugung und über die KÁRMÁNSche Wirbelstraße.

Aus diesen kurzen Angaben mag die Mannigfaltigkeit der Probleme erschen werden, die zur Besprechung gelangten, und die, im Verein mit der ganzen Aufmachung des Kongresses, das schon heute vorhandene Interesse für den für August 1930 nach Stockholm geladenen 3. Internationalen Kongreß für Technische Mechanik verständlich erscheinen lassen.

Das Bevölkerungsproblem Deutschlands für die nächsten 50 Jahre.

Von P. RIEBESELL, Hamburg.

In dem neuesten Heft der Statistik des Deutschen Reiches (Bd. 316, Berlin 1926) geht das Statistische Reichsamt zum ersten Male über seine sonstige lediglich registrierende Tätigkeit hinaus und gibt einen Ausblick in die Zukunft. Das ist außerordentlich dankenswert, zumal die Voraussage auf genauen Beobachtungen der Vergangenheit beruht, und wenn sie auch nicht in allen Punkten befriedigt, so gibt sie doch so wichtige Fingerzeige für die Behandlung aller wirtschaftlichen und sozialen Fragen, die das deutsche Volk angehen, daß man nur wünschen kann, daß die Resultate weitgehend bekannt werden, wenigstens in solchen Kreisen, die derartige Voraussagen mit der nötigen Kritik aufnehmen können und keine voreiligen Schlüsse aus ihnen ziehen.

Als Grundlage für die Berechnung der Weiterentwicklung der Bevölkerung Deutschlands dient der Stand am 1. Januar 1925, der durch Fortschreibung aus dem Volkszählungsergebnis vom 8. Oktober 1919 gewonnen wurde. Sodann wurde zunächst für die nächsten 50 Jahre der *Abgang* ermittelt. Hierbei wurde angenommen, daß die Sterblichkeitsverhältnisse dieselben bleiben wie in

den Jahren 1921—1923. Diese Annahme ist selbstverständlich problematisch. Vergleicht man die Volkszählungen der früheren Jahre miteinander, so sieht man, daß die Sterbeziffern sich pro Jahrzehnt um rund 10% erniedrigt haben. Man wird daher auch in Zukunft mit einer Besserung der Sterblichkeitsverhältnisse, also einer Verringerung des Abgangs, rechnen müssen. Leider sind hier vom Statistischen Amt nicht mehrere Annahmen der Berechnung zugrunde gelegt. Für den zukünftigen *Zugang* sind dagegen *drei Annahmen* gemacht. Bei der Annahme I wird die jährliche Zahl der ehelich Lebendgeborenen von 1925—1975 als konstant angenommen und zwar gleich der Zahl der im Jahre 1923 ehelich Lebendgeborenen. Die Zahl der unehelich Lebendgeborenen, die zur Zeit etwa 10% aller Lebendgeborenen ausmacht, wurde bei allen Annahmen als konstant angenommen. Bei Annahme II wurde die eheliche Fruchtbarkeit als konstant angenommen und zwar so groß, wie sie sich aus der Lebendgeborenenzahl des Jahres 1923 für den Durchschnitt der Jahre 1924 und 1925 ergibt. Bei Annahme III wurde die eheliche Fruchtbarkeit als sinkend angenommen. Und zwar soll sie bis zum Jahre 1955

mit abnehmender Geschwindigkeit (in Anlehnung an eine Kurve 3. Ordnung) um 25% abnehmen und dann konstant bleiben.

Nach diesen 3 Annahmen würde sich die **zukünftige Zahl der Lebendgeborenen**, die maßgebend ist für unsere Einrichtungen auf dem Gebiete des Gesundheitswesens, des Schulwesens usw., folgendermaßen gestalten:

im Durchschnitt der Jahre	Zahl der Lebendgeborenen		
	Annahme I	Annahme II	Annahme III
1929—30	1 298 000	1 373 000	1 254 000
1934—35	1 298 000	1 492 000	1 257 000
1944—45	1 298 000	1 377 000	1 094 000
1954—55	1 298 000	1 477 000	1 098 000
1964—65	1 298 000	1 526 000	1 067 000
1974—75	1 298 000	1 592 000	1 002 000

Die **zukünftige Gesamt-Bevölkerung** würde ihrer Zahl nach in Tausend bei den 3 Annahmen folgendermaßen aussehen:

Jahr	Annahme I	Annahme II	Annahme III
1925	62 313	62 313	62 313
1935	66 063	66 802	65 791
1945	68 653	70 523	67 359
1955	70 132	73 029	67 174
1965	70 677	75 184	66 007
1975	70 381	76 904	63 676

Die Fig. 1 gibt die Entwicklung in den 3 Fällen graphisch wieder. Beim Fall I strebt der Zustand einer stationären Bevölkerung von rund 69 Millionen zu. Nur beim Fall II haben wir eine ständig steigende Bevölkerung, während beim Fall III bereits vor 1985 der Stand von 1925 unterschritten ist.

Interessant ist eine Untersuchung über den **Ausgleich der Kriegsverluste**. Welche Änderung im Aufbau der Bevölkerung der Krieg verursacht hat, zeigt die Fig. 2. Die gestrichelte Kurve gibt den Altersaufbau des Jahres 1910, während die ausgezogene Kurve den des Jahres 1919 liefert, und zwar für die männliche Bevölkerung. Man sieht sofort die beiden großen Lücken bei der ausgezogenen Kurve, einmal die durch den Geburtenausfall veranlaßte in den ersten Lebensjahren und weiter die durch die Kriegsverluste veranlaßte in den Altersjahren 20 bis 40. Die Lücke in den niedrigen Altersjahren tritt natürlich in gleicher Weise auch beim weiblichen Geschlecht auf, da der Geburtenrückgang dort in gleicher Weise gewirkt hat, nicht aber die Lücke in den Altern 20 bis 40. Im Jahre 1925 betrug die Minderbesetzung des männlichen Geschlechts noch etwa 1,9 Millionen. Bis zum Jahre 1975 würde dieser Überschuß fast ganz verschwinden.

Durch die dauernde Besserung der Sterblichkeitsverhältnisse vor 1925 ist für die Zukunft mit einer immer stärker werdenden Besetzung der höheren Altersklassen, einer **Überalterung der Bevölkerung**, zu rechnen. Wie sich das auswirkt, ist aus der folgenden Aufstellung zu sehen, in der der **Altersschwerpunkt**, d. h. das durchschnitt-

liche Alter der Gesamtbevölkerung, errechnet ist. Dieses beträgt:

Jahr	Annahme I Geschlecht		Annahme II Geschlecht		Annahme III Geschlecht	
	männl.	weibl.	männl.	weibl.	männl.	weibl.
1925	29,54	30,75	29,54	30,75	29,54	30,75
1935	31,21	32,85	30,89	32,54	31,33	32,97
1945	32,53	34,20	31,86	33,54	33,04	34,71
1955	33,54	35,25	32,71	34,40	34,61	36,33
1965	34,26	35,76	33,15	34,61	35,72	37,25
1975	34,60	35,69	33,25	34,29	36,41	37,55

Außerordentlich wichtig sind die Ergebnisse über die zukünftige Entwicklung der erwerbsfähigen Bevölkerung. Die häufig wiederholte Behauptung, daß in Zukunft ein Mangel an Arbeits-

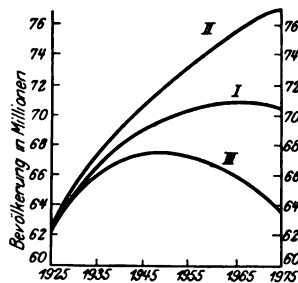


Fig. 1. Entwicklung der Gesamtbevölkerung.

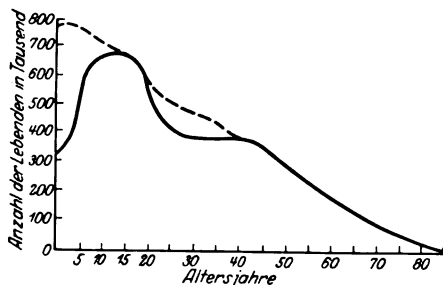


Fig. 2. Einfluß des Krieges auf den Altersaufbau.

kräften entstehen wird, wird durch die Berechnungen nicht als richtig erwiesen. Man muß also, namentlich wenn man an die Rationalisierung der ganzen Wirtschaft denkt, hinsichtlich der Beseitigung der Arbeitslosigkeit außerordentlich trübe sehen. Die Zahlen der Lebenden im Alter von 15 bis unter 65 Jahren würden (in 1000) folgende Entwicklung zeigen:

Jahr	Annahme I	Annahme II	Annahme III
1925	42 514	42 514	42 514
1930	45 095	45 095	45 095
1935	44 910	44 910	44 910
1945	46 889	47 044	46 800
1955	47 744	48 985	46 996
1965	47 501	49 752	45 482
1975	45 795	49 271	42 201

Bedenklich ist die außerordentliche Zunahme der Zahl der über 65 Jahre alten Personen. Da diese Zahl von der Annahme über die Geburten-

häufigkeit in den nächsten 50 Jahren unberührt bleibt, ergeben sich für alle 3 Annahmen die gleichen Zahlen. Diese sind (in 1000):

Jahr	Zahl	1925 = 100 gesetzt
1925	3480	100
1930	3878	111
1935	4351	125
1945	5442	156
1955	6066	174
1965	6854	197
1975	8264	237

Aus dieser Aufstellung geht hervor, in welchem Maße unsere Soziallasten, sei es durch die Sozialversicherung, sei es durch die Wohlfahrtsämter, steigen müssen, zumal die Eigenkapitalien durch die Inflation vernichtet sind. Das geht mit erschreckender Deutlichkeit aus der folgenden Aufstellung hervor, bei der angegeben ist, wieviel Nichterwerbstätige (Kinder, Ehefrauen, Greise) auf 100 Erwerbstätige (erwerbsfähige Männer und unverheiratete Frauen) kommen. Die 3 Annahmen würden folgendes Bild ergeben:

Jahr	Annahme I	Annahme II	Annahme III
1925	110,7	110,7	110,7
1930	104,6	105,1	104,3
1935	116,3	118,7	115,4
1945	118,7	123,5	115,2
1955	124,7	125,5	120,3
1965	132,4	133,0	130,2
1975	139,5	140,0	140,7

Welche von den 3 Annahmen für das ganze Problem zutreffen wird, ist natürlich schwer zu sagen, ebenso ob nicht noch ein weiterer Rückgang in der ehelichen Fruchtbarkeit stattfinden wird. In Deutschland kamen auf 1000 verheiratete gebärfähige Frauen im Jahre 1880 etwa 310 ehelich Lebendgeborene. 1890 waren es noch 300, von da an begann ein rasches Absinken, so daß 1910 die Zahl 220 und 1923 sogar nur 150 betrug. Damit ist der Tiefstand, den Frankreich schon seit 2 Jahrzehnten innehat, nahezu erreicht. Es wird eine Frage der Gestaltung der wirtschaftlichen Verhältnisse sein, ob nicht ein weiteres dauerndes Absinken eintreten wird. Jedenfalls hat die Annahme III eine große Wahrscheinlichkeit für sich.

Besprechungen.

KORN, A., und E. NESPER, **Bildrundfunk**. Berlin: Julius Springer 1926. IV, 102 S. und 65 Abb. 14 × 22 cm. Preis RM 5.40.

In einem kurzen einleitenden Abschnitt bespricht NESPER die Ziele, welche die Bildübertragung verfolgt, nämlich das eigentliche Telegraphieren von Bildern, das Fernkino und das Fernsehen, sowie die Gebiete, für die der Bildrundfunk Bedeutung haben kann; als solche werden angeführt die Übertragung von Wetterkarten, Zeichnungen und Bildern, Wirtschaftsnachrichten, ferner Übertragungen im Interesse von Polizei, Medizin und Reklame. Der zweite Abschnitt ist von KORN bearbeitet; er behandelt die Methoden, welche für den Bildrundfunk grundsätzlich in Betracht kommen. Der Verfasser gibt eine übersichtliche Zusammenstellung der Wege, welche unsere Kenntnis der physikalischen Grundlagen gangbar erscheinen läßt, um einen praktischen Bildrundfunk zu verwirklichen. Hier ist besonders die Vorsicht zu bemerken, die der erfolgreiche Bearbeiter des Gebietes walten läßt, um übertriebenen Vorstellungen von der Ausführbarkeit der vielen denkbaren Konstruktionen zu begegnen. Gegliedert ist dieser Abschnitt nach Sende-, Empfangs- und Synchronisierungsmethoden, und den Schluß bildet eine besonders beachtenswerte Zusammenstellung der Grundprinzipien für den Bildrundfunk. In welchem Umfang man bereits von einer technischen Verwirklichung des Bildrundfunks sprechen kann, zeigt der dritte, von NESPER verfaßte Abschnitt; er ist überschrieben: „Die Systeme für Bildrundfunk und das Fernkino“ und bringt die Beschreibung der Apparate

VON KORN, BAKER, DIECKMANN, BELIN, NESPER, JENKINS, BAIRD und KAROLUS mit Proben von übertragenen Bildern. Gegenüber anderen Büchern über Bildtelegraphie betont das vorliegende ihre Bedeutung für den Rundfunk. Die Darstellung ist leicht verständlich dank der reichlichen Ausstattung mit guten Bildern.

F. KIEBITZ, Berlin.

EICHHORN, G., **Wetterfunk, Bildfunk, Television (drahtloses Fernsehen)**. Leipzig und Berlin: B. G. Teubner 1926. VI, 82 S. und 36 Abb. 14 × 21 cm. Preis kartoniert RM 3.20.

Auch dieses Buch behandelt die Bildübertragung mit besonderer Berücksichtigung der Bedürfnisse des Rundfunks. Die Aussichten und die physikalischen Möglichkeiten werden weniger ausführlich erörtert als in dem vorstehend besprochenen Buche, dafür mit einem stärkeren Glauben an die Wunder der Technik. Ein besonders ausführlicher Abschnitt ist dem Wetterfunk von DIECKMANN gewidmet; dies wird vielen Lesern besonders willkommen sein, weil ja diese Art, Wetterkarten funktentelegraphisch zu verbreiten, in Bayern tatsächlich im praktischen Gebrauch ist. Als das zur Zeit aussichtsreichste System des Bildfunks hat das von KAROLUS ausgearbeitete ebenfalls eine besonders ausführliche Darstellung erfahren. Aufsätze aus der Tagespresse, Patentschriften und Äußerungen anderer Autoren werden gelegentlich ausführlich angeführt; auch einige unterhaltende Erzählungen historischer Art sind eingestreut. Das Buch dürfte in erster Linie dem Geschmack der Rundfunkamateure gerecht werden.

F. KIEBITZ, Berlin.

Zuschriften.

Der Herausgeber hält sich für die Zuschriften nicht für verantwortlich.

Aseptische Aufzucht von Blütenpflanzen.

Die von mir und meinen Mitarbeitern seit langem fortgesetzten Bemühungen zur absoluten Reinkultur photoautotropher pflanzlicher Lebewesen haben bis jetzt bei Cyanophyceen, Diatomeen, Flagellaten,

Konjugaten und anderen Algen sowie bei Moosen zum Erfolg geführt. Nur an solchen, von fremden Organismen freien Kulturen können Versuche über die Ausnutzung organischer Substanzen und ihre Verwendung im Stoffwechsel einwandfrei angestellt werden. Immer wieder zeigte es sich, daß ältere, ohne Einhaltung dieser

Bedingungen ausgeführte Untersuchungen zu Irrtümern geführt hatten. Aber auch die Kultur in rein anorganischen Nährsalzlösungen führt mit ganz anderer Sicherheit zu immer wiederholbaren gleichartigen Ergebnissen, wenn Bakterien und Pilze ferngehalten werden. Mit ihrer Hilfe konnte dem Vorurteil begegnet werden, daß die in der Natur aufgefundenen Entwicklungsverhältnisse sich künstlich nicht erzielen ließen, und daß in der Kultur Degenerationserscheinungen auftreten müßten, die in Wirklichkeit nur ungeeigneten Kulturbedingungen ihren Ursprung verdanken.

Aus diesen Erfahrungen ergab sich folgerichtig die Aufgabe die Methoden der absoluten Reinkultur auch auf Blütenpflanzen anzuwenden. An Versuchen in dieser Richtung hat es nicht gefehlt, und sie führten hier und da auch zu bemerkenswerten Erfolgen. Bisher war es aber so schwierig die absolute Keimfreiheit zu erzielen und zu erhalten, daß eine große Menge von Problemen unbearbeitet geblieben ist. Den Ausgangspunkt solcher Reinkulturen bilden immer Samen, und es boten sich zwei Möglichkeiten solche keimfrei zu erhalten. Man konnte von noch geschlossenen Früchten ausgehen und die in ihnen enthaltenen keimfreien Samen unter aseptischen Bedingungen zu gewinnen und auszusäen trachten. Diese Methode ist recht mühsam und auf bestimmte Fälle beschränkt. Auch wird schon die geringe Menge des auf diese Weise ohne unverhältnismäßige Anstalten zu gewinnenden Samenmaterials größere Kulturreihen und besonders stoffwechselphysiologische Versuche, die bisher immer an der Mitwirkung von Bakterien kranken, unmöglich machen.

Eine andere Möglichkeit ist die durch Behandlung mit Desinfizienten die an den Samen haftenden Keime abzutöten ohne die Keimkraft des Saatgutes zu schädigen. Das hat man bisher mit mehr oder weniger großem Erfolg mit Kupfersulfat, Sublimat, Silbernitrat, Brom und Chlor zu erreichen gesucht. Seit mehreren Jahren in meinem Institut ausgeführte Nachuntersuchungen haben gezeigt, daß man mit den drei letzten Substanzen bei manchen Samen und Früchten in der Tat zu einem ziemlich hohen Prozentsatz „steriler“ Keimlinge kommen kann. Alle diese Desinfizienten hatten aber folgende Nachteile: 1. Eine 100proz. Keimfreiheit war nirgends mit Sicherheit zu erzielen. 2. Nur einige ausgesuchte Objekte vertrugen die Behandlung ohne Schädigung. War das Saatgut stark verunreinigt, was man ihm nicht ansehen kann, so mußte Konzentration oder Einwirkungsdauer so erhöht werden, daß das Keimprozent sehr herunter ging. 3. Da die betreffenden Substanzen für die Keimlinge selbst sehr giftig sind, so mußte ein gründliches Waschen, womöglich mit ausfallenden Lösungen folgen, das die Gefahr der nachträglichen Fremdinfektion stark erhöhte und ein umständliches Arbeiten notwendig machte.

Ein großer Fortschritt gelang dann als wir uns die Erfahrungen der modernen Saatgutbeizung zunutze machten. Indem sie die verschiedenen im Handel befindlichen Naßbeizmittel durchprüfte, konnte Fräulein Dr. A. NIETHAMMER zeigen, daß wir im Uspulun (Chlorphenolquecksilber) eine Substanz besitzen, die nicht nur die in der Praxis vor allem zu bekämpfenden Brandpilzsporen abtötet, sondern eine *Totaldesinfektion* des Saatgutes ermöglicht. Und zwar ist dieses Mittel für viele Objekte so ungiftig, daß eine Konzentration, die alle anhaftenden Keime abtötet, in kleinen Mengen am Korn haften bleiben darf ohne nach Übertragung ins Keimbett die weitere Entwicklung merklich zu stören. Eine Waschung o. dgl. ist also nicht nötig. Auch konnte eine Desinfektion nahezu aller hierfür einigermaßen geeigneter Samen und Früchte erzielt werden. Diese

Methode eröffnet die Möglichkeit eine große Anzahl von Problemen neu oder von neuem in Angriff zu nehmen, womit wir denn auch begonnen haben.

Hier sei nur auf das eingangs erwähnte Problem und seine Lösung hingewiesen. Es genügt nicht die Samen sterilisiert zu haben, man muß sie auch unter Ausschluß fremder Keime zur Weiterentwicklung und womöglich zur Blüten- und Fruchtbildung bringen. Da die Versuchspflanzen in geschlossenen Gefäßen bald nicht mehr Platz hatten, man auch wohl glaubte, daß das für ihr Gedeihen notwendig sei, hat man bisher die oberirdischen Teile — meist durch einen Watteverschluß — ins Freie geführt. Abgesehen davon, daß auf diese Weise die Gewinnung keimfreier Sprosse nicht möglich war, kranke die Methode an einer großen Unsicherheit und zu kleinen Versuchsreihen. Ich habe deshalb zu Pflanzen gegriffen, die wegen ihrer kleinen Dimensionen die Kultur in Erlenmeyerkolben mit Watteverschluß möglich machten. Am besten bewährt hat sich bis jetzt das Hungerblümchen, *Erophila verna*. Die Anfang Juni desinfizierten und auf Agar ausgesäten Samen haben sich in den Kölbchen unter einer Glasglocke am Nordfenster zu Pflanzen entwickelt, die ganz normal und sehr kräftig aussehen. Die Wurzeln sind in den Agar eingedrungen und haben sich am Boden ausgebreitet. Am 18. September wurden die Kulturen an künstliches Licht gebracht. Nach 11 Tagen zeigten sich Blütenknospen, die sich gut entwickelten. Es bleibt abzuwarten, ob auch die Früchte und Samen eine günstige Entwicklung nehmen werden.

Prag, den 7. Oktober 1926. E. G. PRINGSHEIM.

Die Bandenspektren der Kupferhalogenide in Absorption.

Die Bandenspektren von CuJ, CuBr, CuCl und CuF wurden in Absorption photographiert und die Kanten eingeordnet. Dabei zeigte sich, daß die Absorptionsspektren starke Unterschiede zeigen gegen die von anderen in Emission erhaltenen Spektren, insbesondere die von MULLIKEN mit aktivem Stickstoff angeregten CuJ-Banden. Zwar ist der Bau im ganzen der gleiche, dagegen erreichen die Absorptionsbanden höhere Oscillationsquantenzahlen des Anfangszustandes schon bei niedrigen Werten der Endquantenzahl. Alle untersuchten Spektren zeigen den Isotopieeffekt, der sich gut messen läßt und den beiden bzw. 4 möglichen Molekülarten entspricht. Auch die Intensitätsverhältnisse stimmen mit der theoretischen Erwartung überein.

Ein ausführlicher Bericht, in dem auch die thermische Entwicklung der Spektren behandelt wird, erscheint in der Zeitschr. f. Physik.

Bonn, Physikalisches Institut der Universität, den 12. Oktober 1926.

RUDOLF RITSCHL.

Zu der Bemerkung von R. Mecke über die optische Bestimmung der Dissoziationswärme der Halogene.

Zum ersten Punkt: Die mir nicht zugängliche Abhandlung von W. F. MEGGERS und C. G. PETERS wurde von mir genau so zitiert, wie sie Herr MECKE in seiner Abhandlung S. 107 angegeben hat. Aus seiner Berichtigung habe ich erschen, wie der diesbezügliche Satz in seiner Abhandlung aufzufassen war. Jedenfalls ist es aber ein Irrtum, wenn Herr MECKE sagt:

„Die Messungen von W. F. MEGGERS und C. G. PETERS waren mir unbekannt.“

Zu 2. Daß die Bestimmung der Konvergenzstelle der Bandenkantenserien von Jod durch Herrn MECKE auf Berechnung beruht, ist nicht zuerst von mir angenommen worden, sondern von Herrn H. KUHN in seiner erwähnten Zuschrift. Dazu sei bemerkt, daß man doch nur mit Hilfe einer Formel die Konvergenzstelle ermitteln kann; denn wenn irgendwo durch die kontinuierliche Absorption hindurch schwache Banden sich abzeichnen, läßt sich ohne besondere und schwierige Untersuchungen (z. B. Fluoreszenzbeobachtungen) nicht sagen, ob diese Banden wirklich zu den Kantenserien gehören.

Die Annahme, daß die Konvergenzstelle beim Absorptionsmaximum liegt, worauf zuerst K. VOGT und der Unterzeichnete hingewiesen haben, stützt sich auf die von uns zitierten Studien von HOLTMARK und von anderen Forschern über Serienspektren und kontinuierliche Absorption, die A. SOMMERFELD in seinem Buch „Atombau und Spektralanalyse“ Kap. 9, § 7 eingehender dargestellt hat. Diese Überlegungen hatten wir geglaubt ohne weiteres auf Bandenspektren übertragen zu können, weil bei diesen neben den Rotations- und Rotationsschwingungsspektren als drittes auch noch der Elektronensprung für die nichtpolare Molekel (s. SOMMERFELD, l. c., Kap. 9, § 3) in Frage kommt. Offenbar steht auch das Ergebnis von J. FRANK über die Dissoziationswärme, auf das H. KUHN sich stützt, damit in gewissem Zusammenhang. Daß von einer etwaigen Verlegung durch die Dämpfung abgesehen, die Stelle maximaler kontinuierlicher Absorption mit den Grenzen der Kantenserien zusammenfallen muß, schien uns daher selbstverständlich, und die Annahme ist meines Erachtens durch unsere experimentellen Beobachtungen genügend gestützt worden. Da der Gegenstand nur einen kleineren Leserkreis interessieren dürfte, so möchte ich meinerseits auf alle Fälle die Diskussion darüber schließen.

Freiburg i. B., den 14. Oktober 1926.

J. KOENIGSBERGER.

Über die Spannweite von Sauerstoffbrücken.

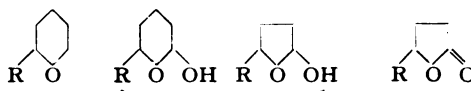
Den folgenden Vergleich der Bildungstendenz verschiedener Oxydoringe habe ich im Unterrichte mehrfach herangezogen. Er könnte mit Rücksicht auf den derzeitigen Stand der Zuckerchemie, für den der Mangel einer sicher begründeten Traubenzuckerformel kennzeichnend ist, für weitere Kreise von Interesse sein.

Das 1,5-Dioxypentanol liefert bei der Wasserabspaltung mit verdünnter Schwefelsäure das zugehörige 1,5-Oxyd, dessen Konstitution A. FRANKE und F. LIEBEN¹⁾ festgelegt haben durch Oxydation zur Glutarsäure, die sehr glatt vonstatten geht. Ganz entsprechend entsteht das 1,5-Oxydohexan aus Hexandiol-1,5. Das 1,6-Dioxyhexan liefert aber kein 1,6-Oxyd, sondern unter „Ringverengerung“ eine Anhydroverbindung, die in den physikalischen Konstanten und den Produkten des oxydativen Abbaues mit 1,5-Oxydohexan übereinstimmt. Die Untersuchungen von A. FRANKE und F. LIEBEN²⁾ und von A. FRANKE und

O. LIEBERMANN¹⁾ haben ergeben, daß hier eine allgemeine Reaktion vorliegt, da auch 1,8-Dioxyoctan, 1,9-Dioxynonan, 1,10-Dioxydecan, ja sogar das 1,18-Octadecandiol bei der Wasserabspaltung in 1,5-Oxyde übergehen, wie der oxydative Abbau der Oxyde ergab.

Bei der Bildung von Oxyden aus höheren Diolen ist somit die Entstehung von Sechseringen ungemein bevorzugt. Handelt es sich wie bei den Zuckern und vielen ihrer Derivate um die Hydroxylgruppe, die sich ein Oxyaldehyd beim Übergang ins Cycloacetal aus einer größeren Anzahl von OH-Gruppen auswählt, so scheint es, wie die Erfahrung lehrt, mit Vorliebe zur Bildung von Fünf- oder Sechseringen zu kommen. Stehen endlich einer Oxydsäure in größerer Zahl OH-Gruppen bei der Lactonbildung zur Verfügung, wie es für die Carbonsäuren der Zucker zutrifft, so tritt — dies ist der Inhalt der Lactonregel von C. S. HUDSON²⁾ — anscheinend nur Bildung des Fünfringes, γ -Lactonbildung, ein.

Wir stehen, wie mit steigendem Sauerstoffgehalt des Moleküls die Ringbildungstendenz vom 6-Ring zum 5-Ring drängt:



Indem die Zucker als Lactole zwischen den bevorzugten 6-Ring der Oxyde und den bevorzugten 5-Ring der Lactone zu stehen kommen, wird die Mannigfaltigkeit ihrer Reaktionsweisen verständlich, zugleich aber auch die Schwierigkeit, die wechselseitigen Übergänge ihrer furoiden und pyroiden Formen zu erfassen.

Zürich, Chem. Laboratorium d. Eidgen. Techn. Hochschule, den 12. Oktober 1926. R. KUHN.

Röntgenographische Bestimmung des linearen Wärme-Ausdehnungskoeffizienten.

Nach dem DEBYE-SCHERRER-Verfahren läßt sich der lineare Wärmeausdehnungskoeffizient dadurch leicht bestimmen, daß auf einen Film das Röntgenogramm der zu untersuchenden Substanz bei einer bestimmten Temperatur und dann das Röntgenogramm derselben Substanz bei Zimmertemperatur entworfen wird. Aus der Differenz der korrespondierenden Gleitwinkel läßt sich der lineare Wärmeausdehnungskoeffizient nach allen Achsenrichtungen leicht bestimmen.

Es wurden folgende kubisch kristallisierende Substanzen untersucht:

Substanz	Gittertypus	Temperaturgebiet	Lineare Wärmeausdehnungsk.
W	kubisch raumzentriert	18 – 2200° C	7,5 · 10 ⁻⁶
W	„	18 – 1750° C	6,6 · 10 ⁻⁶
W	„	18 – 1380° C	5,8 · 10 ⁻⁶
ZrO ₂	Flußspatttypus	18 – 1300° C	4,5 · 10 ⁻⁶
Nernstmasse	„	18 – 2000° C	10,7 · 10 ⁻⁶
Si	Diamanttypus	18 – 950° C	3,55 · 10 ⁻⁶
SiC	„	18 – 1200° C	6,25 · 10 ⁻⁶

Berlin, Studiengesellschaft für elektrische Beleuchtung (Osram-Konzern), den 16. Oktober 1926.

K. BECKER.

¹⁾ Monatsh. f. Chem. 43, 225. 1922; Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss., Wien. Mathem.-naturw. Kl. IIb 131, 177. 1922.

²⁾ A. FRANKE und F. LIEBEN, Monatsh. f. Chem. 35, 1431. 1914 und 43, 225. 1922.

¹⁾ Monatsh. f. Chem. 43, 589. 1922; Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss., Wien. Mathem.-naturw. Kl. IIb, 131, 541. 1922.

²⁾ Journ. of the Americ. chem. soc. 32, 338. 1910.

89. VERSAMMLUNG

DER

GESELLSCHAFT

DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE
ZU DÜSSELDORF VOM 19. BIS 25. SEPTEMBER 1926

*

VORTRÄGE DER ALLGEMEINEN SITZUNGEN UND
DER SITZUNGEN DER HAUPTGRUPPEN

Inhalt:

Allgemeine Sitzungen.

	Seite
Gedächtnisrede auf JOSEPH FRAUNHOFER, BERNHARD RIEMANN und FELIX KLEIN. Von WALTHER VON DYCK, München	1039
Wissenschaft, Technik und Wirtschaft. Von A. VÖGLER, Dortmund	1044
Die moderne Forschung auf dem Gebiete der Nichteisenmetalle, insbesondere der Leicht- metalle. Von ALFRED PETERSEN, Frankfurt a. M.	1049
Stand der Chemotherapie. Von B. NOCHT, Hamburg	1059
Neuzeitliche Bekämpfung tierischer Schädlinge. Von K. ESCHERICH, München	1065
Das morphologische Bedürfnis. Von PAUL ERNST, Heidelberg	1075
Heilkunst und Naturwissenschaft. Von F. SAUERBRUCH, München	1081
Über Genußgifte. Von WALTHER STRAUB, München	1091

Sitzung der Naturwissenschaftlichen Hauptgruppe.

Die Bedeutung der Koordinationslehre für die organische und physiologische Chemie. Von PAUL PFEIFFER, Bonn	1100
Die Lage der quantitativen Spektralanalyse. Von H. KONEN, Bonn	1108
Beiträge zur Erprobung der quantitativen Spektralanalyse. Von A. REIS, Karlsruhe	1114
Über den Nachweis kleinster Bleimengen in Organen auf chemischem und spektrographi- schem Wege. Von MAX KLOSTERMANN, Halle a. S.	1116
Die quantitative Röntgenspektralanalyse. Von PAUL GÜNTHER, Berlin	1118

Sitzungen der Medizinischen Hauptgruppe.

Vitaminforschung. Von WILHELM STEPP, Breslau	1124
Physiologie der Capillaren. Von U. EBBECKE, Bonn	1131
Die Pathologie der menschlichen Capillaren. Von OTFRIED MÜLLER, Tübingen . . .	1137
Kropfverhütung. Von J. WAGNER-JAUREGG, Wien	1141
Über Kropfprophylaxe. Von F. DE QUERVAIN, Bern	1147
Über die chemischen Grundlagen und die Entwicklungsgeschichte des Plasmochins. Von H. HÖRLEIN, Elberfeld	1154
Die Wirkung des Plasmochins auf die Vogel malaria. Von W. ROEHL, Elberfeld . . .	1156
Prüfung des Plasmochins bei der Impfmalaria der Paralytiker. Von F. SIOLI, Düsseldorf- Grafenberg	1160
Die Behandlung der natürlichen menschlichen Malaria-Infektion mit Plasmochin. Von P. MÜHLENS, Hamburg	1162

Gedächtnisrede auf Joseph Fraunhofer, Bernhard Riemann und Felix Klein.

Von WALTHER VON DYCK, München.

Die Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte erfüllt einen Akt der Pietät, wenn sie zur Einleitung ihrer wissenschaftlichen Vorträge das Andenken dreier Männer wachruft, die für die Entwicklung, Vertiefung und Ausbreitung der Naturwissenschaften und der Mathematik von ganz besonderer Bedeutung gewesen sind.

Der eine, JOSEPH FRAUNHOFER, ist vor hundert Jahren dahingegangen; der andere, BERNHARD RIEMANN, ist, fast auf den Tag genau, vor hundert Jahren geboren worden; der dritte, FELIX KLEIN, der uns persönlich und durch sein Wirken für die Ziele unserer Gesellschaft besonders nahestand, ist vor Jahresfrist von uns geschieden.

Ich beginne mit einer Charakteristik JOSEPH FRAUNHOFERS und BERNHARD RIEMANNs.

Beide in sich gekehrte, feinsinnige Gelehrten-naturen, nach außen scheu und weltfremd, wenig geschickt, sich mitzuteilen, noch weniger, sich geltend zu machen, die in der Stille ihres Arbeitsfeldes ihr Genüge und ihren inneren Reichtum fanden, deren Gedanken, wie von fernen Welten kommend, nur langsam den Weg zu den Menschen fanden, dann aber um so machtvoller wirksam wurden, Gedanken, die fortentwickelt immer neue Tiefen, immer umfassendere Ausblicke schauen ließen, die ganz neue Wege eröffnet haben, auf denen die mathematischen und die Naturwissenschaften noch heute und gerade heute fortzuschreiten haben.

Beide, von zartem Körper, haben frühe ihren Lauf vollendet und in nur wenigen Abhandlungen und in knappen Worten die Fülle ihrer Ideen niedergelegt.

Joseph Fraunhofers

Lebensgeschicke sind so bekannt, daß ich sie kaum hier anzuführen wage.

Sohn eines Glasermeisters, früh verwaist, kam er zu Ausgang des 18. Jahrhunderts zu einem Hofspiegelmacher und Glasschleifer in München in harte Lehre; die Feiertagsschule war ihm als Zeitverschwendung verboten, des Rechnens und Schreibens war er 12jährig noch nahezu unkundig, nur ganz verstohlen beim Schein eines verdeckten Lichtchens konnte er seinem Drang zu lernen nachgehen. Beim Zusammensturz des Hauses seines Lehrherrn verschüttet und wunderbar gerettet, fand er im Kurfürsten MAXIMILIAN-JOSEPH seinen Beschützer, in JOSEF UTZSCHNEIDER, dem arbeitsfreudigen, in vielerlei industriellen Unternehmungen tätigen Patrioten, und in dem verdienstvollen sorglichen Astronomen SCHIEGG seine Gönner und Förderer.

FRAUNHOFERS Sinn stand darauf, ein tüchtiger Optiker zu werden. Er war wie Saul, der Sohn des Kis, der auszog, seines Vaters Eselin zu suchen und ein Königreich fand.

Mit dem feurigen, tatkräftigen REICHENBACH, nachmals weiter noch berühmt durch seine Wassersäulenmaschinen zum Betrieb der bayrischen Salinen, hatte UTZSCHNEIDER ein mathematisch-optisches Institut errichtet zur Herstellung geodätischer und astronomischer Instrumente. Sie waren in den feinfühligsten Händen REICHENBACHs mit Hilfe seiner genial erdachten Kreisteilmaschine zu Präzisionsinstrumenten von damals unerreichter Genauigkeit geworden. Aber es fehlten die Gläser, die wegen der von NAPOLEON über die Britischen Inseln verhängten Kontinentalsperre von England nicht mehr wie früher zu beschaffen waren. Versuche, mit Hilfe eines aus Frankreich verschriebenen Fachmannes das nötige Crown- und Flintglas selbst herzustellen, ergaben nur ungenügende Resultate.

Da erinnerte sich UTZSCHNEIDER seines Schützlings FRAUNHOFER und berief den Schüchternen zu sich. Er und REICHENBACH erkannten schon nach kurzer Tätigkeit: „Das ist gerade der Mann, den wir brauchen, der wird schaffen, was uns noch fehlt.“

Drei Aufgaben stellte sich FRAUNHOFER: Durch sorgfältigste Schmelzprozesse ein von Wellen, von Streifen und von Schlieren freies homogenes Flint- und Crown Glas von durchweg gleichem Lichtbrechungsvermögen in großen Stücken herzustellen; das jeweilige Brechungsvermögen sicher und genau zu bestimmen und endlich die für eine verlangte optische Wirkung nötigen Krümmungen der Linsen genau zu berechnen und die Linsen danach mit höchster Genauigkeit zu schleifen und zu polieren.

FRAUNHOFER überwand, von frühester Jugend an geübt, die in den praktischen Aufgaben liegenden großen technischen Schwierigkeiten auf Kosten seiner Gesundheit, die bei den tage- und nächtelangen Versuchen und Beobachtungen an den Schmelzöfen untergraben wurde. Aber es öffnete sich ihm von diesen Untersuchungen ausgehend der Weg zu seinen höheren Zielen.

Nur eine kleine Arbeit, der holländischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Haarlem mit dem Motto „La nature parle par les experiences“ vorgelegt, hat FRAUNHOFER über Eigenschaften des Glases veröffentlicht. Sie zeigt, mit welcher Sorgfalt und Umsicht, alle Nebenumstände und

Begleiterscheinungen berücksichtigend, er bei seinen jahrelangen Versuchen vorgegangen ist.

„Möchten“, schließt er bescheiden seine Ausführungen, „die Naturforscher die Gelegenheiten zu solchen Versuchen und Beobachtungen — es handelt sich um Versuche im großen und bei hohen Temperaturen! — häufiger aufzusuchen Veranlassung finden, damit nicht nur die Kunst, Glas zu machen, sicherer gegründet, sondern *vielleicht auch die Naturwissenschaften in diesem Teile noch bereichert würden!*“

Welche Bereicherung eben der Naturwissenschaften hatte aber FRAUNHOFERs genialer Blick für das wesentliche und entscheidende einer Erscheinung gebracht bei dem zweiten technischen Problem, das er behandelt hat, bei — so lautet der Titel — der *„Bestimmung des Brechungs- und Farbenzerstreuungsvermögens verschiedener Glasarten in bezug auf die Vervollkommenung achromatischer Fernröhre“*.

Ich kann mir nicht versagen, einige Worte aus der Einleitung zu dieser berühmten Abhandlung, in der die Grundlagen der Spektralanalyse niedergelegt sind, mitzuteilen. Zwar handelt es sich um heute ganz bekannte Dinge; die *Art* aber, wie sie hier zum ersten Male dargestellt werden, führt uns, glaube ich, den bescheidenen Mann bei seiner Arbeit am besten vor die Seele.

„Bey Berechnung achromatischer Fernröhre“, so schreibt er, „setzt man die genaue Kenntnis des Brechungs- und Farbenzerstreuungsvermögens der Glasarten, die gebraucht werden, voraus. Die Mittel, welche man bisher zur Bestimmung desselben angewendet hat, geben Resultate, die unter sich oft sehr bedeutend abweichen; daher bey aller Genauigkeit in Berechnung achromatischer Objektive, die Vollkommenheit derselben zweifelhaft ist, und zum Teil auch deswegen selten den Erwartungen entspricht. Mehrjährige Erfahrungen in diesem Fache führten mich auf neue Methoden, das Brechungs- und Zerstreuungs-Vermögen zu finden, die ich hier, *weil mehrere Gelehrte es wünschen*, bekanntmache.“ Nun folgt die Beschreibung seines Vorgehens, um die Erscheinungen der Brechung und der Farbenzerstreuung voneinander zu trennen.

„Es würde sehr vorteilhaft seyn“, berichtet er weiter, „wenn man in jeder Glasart das Zerstreuungsvermögen für jede Farbe besonders finden könnte, allein da im Spektrum die verschiedenen Farben keine bestimmte Grenze haben, so ist dieses unmittelbar aus dem Farbenbild nicht abzuleiten.“

Er versucht durch gefärbte Medien, durch farbiges Glas, gefärbte Flüssigkeiten, durch farbige Flammen, einfarbiges Licht zu erhalten, doch sie geben, durchs Prisma gesehen, kein einfarbiges Licht.

„Jedoch fand ich bei diesen, wie auch mit Öl- und Talglichte und überhaupt mit dem Lichte des Feuers im Farbenbild *zwischen der roten und gelben Farbe einen hellen, scharf begrenzten Streifen,*

der bei allen genau an demselben Orte ist und in der Folge sehr nützlich wurde. Dieser helle Streif scheint durch Lichtstrahlen gebildet zu werden, die durch das Prisma nicht weiter zerlegt werden und folglich einfach sind.

Auch in der grünen Farbe findet sich ein ähnlicher Streif, der jedoch nicht so scharf begrenzt und ungleich schwächer ist.“

Nachdem so eine feste Linie im Spektrum gefunden war, folgt die genaue Bestimmung der Brechungs- und Zerstreuungsverhältnisse für verschiedenfarbige Strahlen, für Flint- und Crown-glas und Wasser als brechendes Medien. Dann läßt — man liest die schlichten Worte mit wachsender Spannung — FRAUNHOFER *Sonnenlicht* auf seine Prismen fallen:

„Ich wollte suchen, ob im Farbenbild von Sonnenlicht ein ähnlich heller Streif zu sehen sey wie im Farbenbild vom Lampenlicht, und fand anstatt desselben mit dem Fernrohr *fast unzählig viele starke und schwache vertikale Linien, die aber dunkler sind als der übrige Teil des Farbenbildes; einige scheinen fast ganz schwarz zu seyn.*“

Nahezu 600 solcher Linien hat FRAUNHOFER damals schon bestimmt und für die Berechnung der Brechungsverhältnisse benützt.

Das Problem erweitert sich durch die Untersuchung des Lichtes der Planeten und hell leuchtender Fixsterne und die Vergleichung mit dem Licht der Sonne.

Nach Abschluß seiner Versuche über die Brechung schritt FRAUNHOFER zu neuen Methoden für die Erforschung des Lichtes fort und konnte 5 Jahre später die Resultate seiner Versuche *über die Beugung des Lichtes* vorlegen und über die Herstellung der Beugungsspektren mit Hilfe feiner in Glas geritzter, technisch in wunderbarer Vollendung ausgeführter Gitter. — „Von gänzlicher Vollkommenheit“, so schreibt er bei Schilderung des Verfahrens und der Genauigkeit, „kann, so wie bei allem, was Menschenhände hervorbringen, nicht die Rede seyn . . . Wer aber mit kleinen Größen nicht bloß in Zahlen, sondern bei Experimenten zu tun hatte, wird diese Genauigkeit zu würdigen wissen und einen Begriff haben, wie schwer sie zu erreichen ist.“

FRAUNHOFERs *technische Leistungen* erreichen ihren Höhepunkt mit der Konstruktion des großen, im Jahre 1824 vollendeten Refraktors für die Sternwarte in Dorpat, bei dessen Bau er all die praktischen Errungenschaften seiner jahrelangen Arbeit zusammengefaßt hat und die auf lange Zeit hieraus bestimmend für den Instrumentenbau gewesen sind.

Seine *wissenschaftliche Arbeit* aber, stets angeregt und geleitet von jenen Aufgaben der Praxis, bildet die wichtigste Grundlage, auf die sich die heutige Anschauung über die Struktur der Materie stützt. KIRCHHOFF hat sie durch Aufstellung der Beziehung zwischen Emission und Absorption des Lichtes zum Ausgangspunkt der Spektralanalyse gemacht, die noch in seinen und

BUNSENS Händen zur Entdeckung neuer Elemente und zur Einsicht in die chemische und physikalische Beschaffenheit der Himmelskörper, vor allem der Sonne, geführt hat. Die wahre Einsicht in die Entstehung der FRAUNHOFERSchen Linien und damit die ganze Tragweite der spektroskopischen Methoden bot sich aber erst, als sich für die ungeheure Zahl der Spektrallinien elementarer Spektren eine gesetzmäßige Gruppierung aufstellen ließ, erstmals in der BALMER-Formel für die Anordnung der Linien im Wasserstoffspektrum. Sie führte zu jenem wunderbaren Zusammenhang zwischen solchen Serienanordnungen und der Struktur der Atome mit ihren den Kern umkreisenden Elektronen, wie sie, von BOHRS genialen Entwürfen ausgehend, die neuere und neueste Forschung aufgestellt hat.

Man fühlt sich fast versucht, von diesen kühnen Gedankengängen der heutigen Physik und ihren in Reihen rationaler Zahlen ausgedrückten Gesetzmäßigkeiten aus den Blick noch weiter rückwärts schweifen zu lassen zu Ideengängen PLATOS und der Pythagoräer, die eine gewisse Analogie darbieten. Ich meine die Vorstellung von dem nach den Verhältnissen ganzer Zahlen geordneten Bau der Welt und einer Harmonie der Sphären ihres Planetensystems, die dort aus den nach ganzen Zahlen geordneten Verhältnissen der Umlaufgeschwindigkeiten begründet wird. Man könnte sie vergleichen mit einer Harmonie der in den gruppenweise geordneten schwarzen Tasten des Sonnenspektrums angeschlagenen Akkorde der verschiedenen Elemente. — Doch ferne sei ein Übergang zu mystischen Betrachtungen, durch die man heute wieder in Kreisen, denen Experiment und Rechnung allzu beschwerlich und entbehrlich scheinen, die reine Forschung ersetzen zu können glaubt. FRAUNHOFERS Arbeitsweise ist gerade dadurch so wirksam geworden, daß seine Fragestellungen und die Methode, sie zu lösen, sich auf eine naturgemäße Weise entwickeln, von Forderungen der Praxis ausgehend und unter sorgfältigster objektiver Prüfung der bei den Versuchen beobachteten physikalischen Erscheinungen.

Bernhard Riemann

ist in dem Frieden eines ländlichen Pfarrhauses aufgewachsen. Schon früh trat seine außerordentliche Begabung zur Mathematik zutage. Verständige Leiter der Schule gewährten ihm die Gunst, sich frei seiner Neigung hingeben zu können, und so hat er sich schon damals mit der höheren Analysis aus EULERS und LEGENDRES Werken vertraut gemacht. Nachmals, in den Universitätsjahren in Göttingen und Berlin, folgte das Studium der klassischen Werke von D'ALEMBERT, LAGRANGE, POISSON, FOURIER und vor allem von CAUCHY und von GAUSS. In Berlin waren wohl DIRICHLETS Vorlesungen über bestimmte Integrale und über partielle Differentialgleichungen von Einfluß auf seine eigenen Studien, während

er nach Göttingen zurückgekehrt, dort vorzugsweise philosophische und naturwissenschaftliche Vorlesungen besuchte und dabei in WILHELM WEBER einen treuen Freund und Berater fand.

In seinen mathematischen Arbeiten aber, die er 1851 mit der berühmten Dissertation über die „*Grundlagen für eine allgemeine Theorie der Funktionen einer veränderlichen komplexen Größe*“ eröffnete, ist er wohl nur wenig persönlich beeinflusst seinen eigenen Gedanken nachgegangen, die er in stiller Arbeit vertieft und zur Reife gebracht hat. Als er mit dieser Promotionschrift und 2 Jahre darauf mit der Habilitationsschrift „*Über die Darstellbarkeit einer Funktion durch eine trigonometrische Reihe*“ und der gleichzeitigen Antrittsvorlesung „*Über die Hypothesen, welche der Geometrie zugrunde liegen*“ hervortrat, waren es durchaus neue Ideen, um die er in analytisch-methodischer Hinsicht und aus geometrischen und physikalischen Anschauungen heraus die mathematischen Wissenschaften bereicherte. GAUSS erkannte ihre Bedeutung, war er doch selbst mit ähnlichen Gedanken beschäftigt, die er, damit noch nicht zu Ende, in sich verschlossen hielt.

Zwei Beziehungen, die in ihren Ansätzen auf CAUCHY und GAUSS zurückgehen, sind es, mit deren Einfügung in die analytische Behandlung RIEMANN die Funktionentheorie neu gestaltet hat. Einmal die Verbindung analytischer Probleme mit *geometrischen*, besonders *lagengeometrischen Vorstellungen*, die in ihrer Anschaulichkeit den Weg zu einer übersichtlichen Gruppierung analytischer Funktionen weisen und zur Aufdeckung ihrer grundlegenden Eigenschaften führen — andererseits die schon von den obengenannten französischen Mathematikern eingeführte Hereinziehung *physikalischer Probleme*, wie der Strömung wirbelfreier inkompressibler Flüssigkeiten, elektrischer und thermischer Ströme, welche RIEMANN als Bilder für das Verhalten analytischer Funktionen gebraucht.

Es ist unmöglich, ohne mathematisches Rüstzeug diese Gedankengänge RIEMANNs darzulegen. Nur ein Beispiel mag sie andeuten: Die Wärmeverteilung im Innern eines Körpers hängt ab von dem Wärmeleitungsgesetz im Innern, außerdem von der auf seiner Oberfläche zugeführten und der dort nach außen abgegebenen Wärmemenge sowie von Wärmequellen und Abflußstellen im Innern des Körpers. Die Erfahrung zeigt, daß diese Bedingungen den Temperaturzustand im Innern vollständig bestimmen. So ergab sich für RIEMANN die Idee, eben jene Grenz- und Unstetigkeitsbedingungen zum Ausgangspunkt der mathematischen Behandlung zu nehmen und von ihnen aus die Eigenschaften, welche die zugrunde zu legenden, den Wärmezustand beschreibenden Funktionen besitzen müssen, zu entwickeln und die für die Berechnung geeignetsten auszuwählen. Es ist der Weg, der von den physikalischen (oder geometrischen) Problemen ausgeht und die jeweils

zweckmäßigsten Instrumente für die Lösung wählt; der umgekehrte geht ohne Rücksicht auf etwaige Anwendungen von der analytischen Definition bestimmter Funktionen aus, als den Instrumenten für die mathematische Behandlung und untersucht genau die Eigenart derselben und ihre Reichweite.

Indem RIEMANN den ersten Weg beschritten, konnte er eine Reihe naturwissenschaftlicher Probleme, physikalischer, physiologischer unter gemeinsamen Gesichtspunkten zusammenfassen und hat dadurch namentlich für physikalische Fragen einen Weg gewiesen, dessen Bedeutung sich erst allmählich Geltung verschaffen konnte und der noch lange nicht zu Ende gegangen ist.

Es ist charakteristisch, was der bekannte Aachener Physiker WÜLLNER gelegentlich erzählt, wie WEIERSTRASS, der in die Tiefe dringende Schöpfer und Vertreter der zweiten, mathematisch strengen Richtung, und HELMHOLTZ sich in der Lektüre der RIEMANNschen Dissertation zusammenfanden, die dem ersteren nur schwer zugänglich war und seiner rein analytischen Denkweise erhebliche Schwierigkeiten darbot, während RIEMANNs Schlußweisen der lebendigen geometrischen und physikalischen Anschauung von HELMHOLTZ unmittelbar einleuchteten.

Ein weiteres, mit weitgreifenden philosophischen Fragen enge verbundenes Gebiet behandelt RIEMANN in seiner Probevorlesung „Über die Hypothesen, welche der Geometrie zugrunde liegen“.

Es handelt sich hier zunächst um eine Verallgemeinerung des als innere Eigenschaft einer Fläche definierten GAUSSschen Krümmungsmaßes auf mehr dimensionale Mannigfaltigkeiten. Von hier ausgehend, stellt RIEMANN die Frage nach der Gültigkeit der Voraussetzungen der Geometrie im Unendlichkleinen, die ihn in das Gebiet der Physik und zu den letzten Prinzipien der Naturerkenntnis führt. Mit divinatorischem Blick erkennt er, „daß bei einer diskreten Mannigfaltigkeit das Prinzip der Maßverhältnisse schon in dem Begriffe dieser Mannigfaltigkeit enthalten ist, bei einer stetigen aber anderswoher hinzukommen muß. Es muß also entweder das dem Raume zugrundeliegende Wirkliche eine diskrete Mannigfaltigkeit bilden oder der Grund der Maßverhältnisse außerhalb, in darauf wirkenden binden den Kräften, gesucht werden.“

Zu einer „Umarbeitung und weiteren Ausführung“ dieser Gedanken, die RIEMANN sich vorgenommen, ist es nicht gekommen. Erst in unseren Tagen ist durch die Gravitationstheorie EINSTEINS, durch die Quantenhypothese von PLANCK die tiefe Bedeutung der Gedankengänge RIEMANNs in die Erscheinung getreten.

Schwer nur haben die Werke RIEMANNs, erstmals 10 Jahre nach seinem Tode von HEINRICH WEBER zusammengefaßt, Eingang in die Arbeitsgebiete der Mathematiker und Weiterführung gefunden. Aber indem wir überblicken, wie lang-

sam die kostbare Saat herangereift ist, die RIEMANN in der kurzen Frist, die ihm vergönnt war, gesät hat, haben wir vor allem eines Mannes zu gedenken, der sie vor anderen in ihrer ganzen Tragweite ermessene, sie mit neuen bleibenden Gedanken bereichert, sie erweitert und dem allgemeinen Verständnis zugänglich gemacht hat, des würdigen Nachfolgers von GAUSS und RIEMANN auf dem Göttinger Lehrstuhl:

Felix Klein,

dessen ich bei den Toten des vergangenen Jahres schon Erwähnung tun mußte und dem ich als einer seiner ältesten Schüler auch von dieser Stelle aus Dank- und Gedächtnisworte widmen möchte.

Der Vortrag über RIEMANN, den KLEIN auf der Naturforscherversammlung in Wien im Jahre 1918 gehalten, zeigte, wie er RIEMANNs Werke aufgefaßt wissen wollte und es war für jedermann ersichtlich, ohne daß er es mit einem Worte angedeutet hätte, wie in seiner Darstellung die eigenen Ideen mit denen von RIEMANN ineinander gingen und sie plastisch gestaltet hatten.

Das eben war seine geniale Art, den Kern der Fragestellungen zu erfassen und herauszuheben und von hier aus in lebendiger Anschauung die Methoden der Behandlung zu entwickeln.

Mit seinen „Vergleichenden Betrachtungen über neuere geometrische Forschungen“ schuf KLEIN die Grundlage, von der aus alle seine späteren Arbeiten Antrieb und Richtung erhalten haben.

Ausgehend vom Gruppenbegriff verfolgt er den Gedanken, jeweils das Bleibende in einem geschlossenen System von Änderungen zu suchen und so gelingt es ihm, eine Fülle bisher getrennt voneinander entwickelter Gebiete der Geometrie, der Algebra, der Funktionentheorie von einheitlichem Gesichtspunkt aus zu betrachten, insbesondere die Maßbestimmungen der nichteuklidischen Geometrie von hier aus darzustellen.

Dann erwachsen, ausgehend vom Ikosaeder und dem daran entwickelten Gruppenbegriff, die allgemeinen Ideen über Funktionen mit linearen Transformationen in sich und ihre Theorie. Immer klarer tritt die Bedeutung geometrischer Betrachtungsweise und die physikalische Auffassung der Probleme ganz im Sinne RIEMANNs hervor; sie ist in ihren Grundlagen in der Schrift „Über Riemanns Theorie der algebraischen Funktionen und ihrer Integrale“ niedergelegt.

In Leipzig rastloser Arbeit fast erlegen, kann sich KLEIN in der ruhigeren und freieren Umgebung Göttingens mit größerer Muße dem Ausbau seiner Schöpfungen widmen. Hier entstehen die großen Vorlesungen über *weite Gebiete der Funktionentheorie*. Hier in Göttingen entfaltet KLEIN in stärkstem Maße seine Lehrtätigkeit in Vorlesung und Seminar, in welcher er in unerreichten Übersichten weiteste Gebiete der neueren Forschung plastisch vor Augen führt, in Parallele stellt, mit neuen Ideen befruchtet und seinen Schülern mit

königlicher Gebefreudigkeit zu eigener Weiterführung und Ausarbeitung darbietet. Autographierte Vorlesungshefte, Dissertationen, Habilitationsschriften geben Zeugnis von der Fülle der von ihm gegebenen Anregungen.

Dann kommt mit der Aufnahme organisatorischer Fragen die Lebensarbeit von KLEIN in eine neue Periode und hier tritt er unserer Gesellschaft und ihrer Unterrichtskommission besonders nahe. *Es handelt sich, worum wir auch heute noch immer kämpfen müssen, um die Stellung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts im gesamten Bildungsstoff der Schulen, um die Erziehung zu exaktem, funktionalen Denken, zum Verständnis mathematischer Formulierung in Naturwissenschaft und Technik.*

Hier kommt die zwingende Kraft von KLEIN's Persönlichkeit zu vollem Ausdruck, seine organisatorische Begabung, der Drang, sich zum allgemeinen Nutzen zu betätigen, der feste Wille, sich ganz für das als richtig und notwendig Erkannte einzusetzen, die zähe Energie, es bis zum Ende durchzuführen. So hat er sich in der Unterrichtskommission zur Reform des mathematischen Unterrichts führend und entscheidend betätigt; seiner Initiative sind vergleichende Darstellungen des mathematischen Unterrichts in den wichtigsten Kulturländern entsprungen, die er für Deutschland zum Abschluß brachte. 30 Jahre lang hat er die Herausgabe der Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften, die gemeinsame Unternehmung der Deutschen Akademien geleitet, die Dispositionen bis ins einzelne getroffen, die Mitarbeiter geworben und unermüdlich beraten, die Zögernden angespornt, die Säumigen gezwungen.

In den letzten Jahren seines Lebens war es ihm vergönnt, durch die Herausgabe der „*Gesammelten mathematischen Abhandlungen*“ (1921 bis 1923) noch einmal die Arbeit seines Lebens zusammenzufassen. Die Ergänzungen, die er ihnen zugefügt hat, gewähren über Zeit und Umstände des Entstehens, über Weiterführung und Ausblick bedeutsamen Aufschluß. Dann hat er in seinen letzten Veröffentlichungen nochmals an seine Jugendschrift angeknüpft, indem er die MIN-KOWSKI-EINSTEINSche Formulierung des Raum-Zeit-Problems eingeordnet hat in die grundlegenden Anschauungen seines Erlanger Programms und das aus ihm fließende ordnende Prinzip. Mit diesen schönen Arbeiten findet die Lebensarbeit des Forschers einen harmonischen Abschluß.

Jetzt eben, in diesen Tagen, sind, herausgegeben von einigen seiner Schüler, die „*Vorlesungen über die Entwicklung der Mathematik im 19. Jahrhundert*“ erschienen, die KLEIN während der Kriegsjahre vor einem engen Kreis gehalten hat.

Hier tritt noch einmal in ihrer ganzen Größe seine Wesensart hervor, die intuitive Kraft, den Kernpunkt fremder Gedankengänge, verwickelter Erscheinungen zu fassen, die inneren Zusammenhänge aufzudecken, ihren Entwicklungslinien nachzugehen und sie in meisterhafter Gestaltungskraft vor unseren Augen neu entstehen zu lassen. *Es ist durchaus ein Buch für die „reifere Jugend“.* Und wir nun auch Alten, die sich gerne noch zu dieser Jugend zählen, die ein gut Teil der Gestalten noch gekannt haben, die da lebenswarm vor uns in ihrem Denken, in ihren Werken — und in ihrer Originalität — erscheinen — wir haben unsere helle Freude daran.

„*Mathematik*“ — sagt KLEIN an einer Stelle — „*ist nicht bloß Verstandessache, sondern ganz wesentlich eine Sache der Phantasie.*“

Und an einer anderen Stelle finden sich die Worte, die so recht auf die *Ziele unserer Gesellschaft* und insbesondere auf die *Absichten der gegenwärtigen Tagung* mit ihrem technischen Einschlag passen: „*Es ist eine grundsätzlich irrige Auffassung der mathematischen Naturwissenschaft, wenn man der Meinung ist, diese und insbesondere die analytische Mechanik habe nur die Natur zu „erklären“.*“

„Demgegenüber muß die Ansicht betont werden, daß — so sehr die teleologischen Tendenzen für die Entwicklung der Wissenschaft von Bedeutung gewesen sind — es allerdings *nicht* Aufgabe der Naturwissenschaft ist, übernatürliche „Zwecke“ in der Natur aufzufinden oder gar solche zur Erklärung der Erscheinungen heranzuziehen; daß sie aber sehr wohl sich verbinden kann mit einem vom Menschen selbst gesetzten Zweck, den zu erreichen sie ihm behilflich ist. *Nicht Natur erklären — was sie letzten Grundes nie kann — sondern Natur beherrschen ist ihre eigentliche Aufgabe.*“

„*Es darf nie vergessen werden, daß es eine schaffende Technik gibt, welche die Ansätze der theoretischen Wissenschaft in die Tat umsetzt.*“

Aus diesen Zeilen spricht, des Gegensatzes wegen wohl besonders scharf betont, der *Genius des Landes, in dem der Märker Eisen reckt, dem Felix Klein entstammt, von dem er seine ersten und bleibenden Eindrücke empfangen hat.*

Die Mathematik galt KLEIN nach ihren Gesamtaufgaben nicht als eine für sich bestehende abstrakte Wissenschaft, sondern als *das starke Rückgrat eines Natur und Menschenwerk umfassenden lebendigen Organismus, welches allen seinen Gliedern festen Halt gewährt.*

Er hat es im Rückblick auf sein reiches Schaffen dankbar empfunden, daß es ihm vergönnt gewesen ist, während seines ganzen Lebens für diese Auffassung einzutreten.

Wissenschaft, Technik und Wirtschaft.

Von A. VÖGLER, Dortmund.

Ich habe die Ehre, Sie hier inmitten des rheinisch-westfälischen Industriebezirkes im Namen der Wirtschaftskreise unserer Provinzen auf das herzlichste zu begrüßen. Die Herren ihres Vorstandes hatten den Wunsch, bei der diesjährigen Tagung nicht nur den Fachgelehrten, sondern auch Männern des Wirtschaftslebens das Wort zu geben. Die Arbeitsteilung für den heutigen Tag war so gedacht, daß Herr Dr. BOSCH, Ludwigs-hafen, mit Ausführungen über den heutigen Stand der naturwissenschaftlichen Erkenntnis und ihre Bedeutung für Werk und Mensch den Grundstein legen sollte, auf dem aufbauend mir dann zufiel, die Zusammenhänge mit der Technik und Wirtschaft zu betonen. So war es gedacht. Nun aber schwimmt Herr Dr. BOSCH zur Zeit auf hoher See, und ich kann zu Ihnen heute nur allgemein von den Zusammenhängen wissenschaftlicher Forschung, Technik und Wirtschaft reden.

Es könnte fast überflüssig erscheinen, in einer Zeit, wo die glänzende Entwicklung in den naturwissenschaftlichen Disziplinen die staunende Bewunderung aller Kreise auf sich zieht, auf die Bedeutung der wissenschaftlichen Forschung für die Entwicklung der Technik, der Wirtschaft, der Kultur eines Volkes hinzuweisen. Und doch scheint mir der Zeitabschnitt, in dem wir uns bewegen, besonders geeignet, die gemeinsamen Aufgaben, die Naturwissenschaften, Wirtschaft und Technik zu erfüllen haben, hervorzuheben und zu versuchen, sich der großen Entwicklungslinien bewußt zu werden, in denen wir alle schaffen.

Gestatten Sie mir zunächst einen kurzen Rückblick. Älter als Wissenschaft und Wirtschaft ist die Technik. Es ist nicht festzustellen, wann sie zuerst in das Leben der Menschen eingegriffen hat. Schon die uns überlieferten Zeugnisse aus grauer Vorzeit weisen darauf hin, daß die Technik fast so alt ist wie die Geschichte der Menschen selbst. Wahrscheinlich war der erste Mensch, der im Kampf mit den Naturgewalten oder dem angreifenden Feind die Kraft seiner Arme durch ein Handwerkszeug, durch eine Waffe zu erstarken suchte, auch der erste Techniker. Im gleichen Maße, wie dann die Arbeit in das Leben einzog, wuchs durch sinnreiche Verbesserungen der Stand der Technik. Nach den Rohstoffen, aus denen das Handwerkszeug gefertigt wurde, hat dann die Zeitgeschichte die einzelnen Epochen eingeteilt. So sprechen wir von einer Steinzeit, einer Eisenzeit, einer Bronzezeit usw.

Mit der Entwicklung der Technik haben sich nach und nach die Wirtschaftsstufen herausgebildet. Vom primitiven Tauschhandel der Sippe und Stämme zur geschlossenen Wirtschaft einzelner Länder bis zu den verwickelten Gebilden unserer heutigen Wirtschaftsform. Wie weit die fortschreitende Technik diese Vorgänge gefördert, wie weit umgekehrt wirtschaftliche Gründe die Tech-

nik zur Entfaltung gebracht haben, ist im einzelnen schwer nachzuweisen, ist auch für unsere heutige Betrachtung ohne Bedeutung.

Viel später ist die Wissenschaft als Helferin im Kampf gegen die Naturgewalten, im Kampf ums Dasein zu den Menschen gekommen. Insbesondere ist die systematische Naturwissenschaft ein Kind der letzten Zeit. Etwa vom 17. Jahrhundert an können wir ihr Wirken überblicken. Aber welch ungeheures Ausmaß des Lebens ist in dieser kurzen Zeitspanne durch die Geistesarbeit jener Forscher der reinen Wissenschaft entstanden, die in dem Suchen nach Erkenntnis, nach Wahrheit das Weltbild schufen, in dem wir heute leben und wirken! Von KOPERNIKUS, KEPLER und GALILEI an über LAVOISIER, WATT, GALVANI, LIEBIG, FARADAY, FRAUNHOFER, BUNSEN, ROBERT MAYER, HELMHOLTZ, SIEMENS, HERTZ und RÖNTGEN, um nur einige der Geistesgrößen zu nennen, ward ein System realistischen Wissens geschaffen, aus dem sich die Grundlagen für ein neues Zeitalter der Menschheitsgeschichte entwickeln konnte. Das Gesetz ROBERT MAYERS gilt auch für die Wissenschaft selbst. Kein Gedanke geht verloren; alle geistige Arbeit wirkt tausendfach weiter, und gerade die fruchtbarsten Anregungen kommen oft aus den Nachbargebieten. Die Mathematik der Alten, die sich nur an starre Größen gewagt hatte, wird durch LEIBNIZ und andere zu einer Wissenschaft auch der Bewegung. Die Astronomie lieferte der Mechanik, die Mathematik der Physik unvergängliche Hilfsmittel. In wunderbarer Stetigkeit wachsen die Erkenntnisse, eine große Unbekannte nach der anderen wird entschleiert. Als FARADAY die Grundgesetze der Magnetinduktion erkannte, ward das Zeitalter der elektrischen Kraft geboren. Wer kann ermessen, wie millionenfach das Leben mittelbar und unmittelbar hierdurch beeinflusst ist? Aus der Kraft wird das Licht. Mit der Erfindung der Siemensschen Differentiallampe ward das Zeitalter des Talglühtes für immer überwunden. Auch die eben erst zur Entwicklung kommende Gasbeleuchtung muß sich anschicken, einen schweren und, wie wir heute wissen, aussichtslosen Wettkampf anzutreten. Das Sehnen früherer Zeiten nach Licht klingt uns noch kurz vor seiner Wirklichkeit aus einem Reim des größten Genius seiner Zeit, GOETHE'S, entgegen:

„Wüßt' nicht, was sie Besseres erfinden könnten,
Als wenn die Lichter ohne Putzen brennten.“

Heute wird der sinkende Tag mit Milliarden Kerzen beliebig verlängert. Erfindung folgt auf Erfindung, und es ist immer wie ein Wunder, wie der wissenschaftlichen Erkenntnis so rasch die praktischen Ergebnisse folgen. HEINRICH HERTZ, der noch gut unter den Lebenden weilen könnte, stellt das Wesen der elektrischen Wellen fest. Heute schon schenkte er damit der Menschheit das weltverbindende Wort. Noch kurze Zeit,

und die drahtlose Telephonie wird die Länder der Erde weiter aneinander geschweißt haben. Welch ungeheure Bedeutung wird es gerade in diesen Zeiten für die europäische Wirtschaft haben, wenn die Kapitalmacht der Vereinigten Staaten in Fernsprechnähe gerückt ist!

Und wie auf physikalischen Gebieten, so sehen wir auch in der großen Schwester, der Chemie, einen ununterbrochenen Schöpfungsvorgang. Hatte die Physik die Schranken zwischen Licht und Finsternis niedergelassen, so die Chemie die Grenzen zwischen fest und flüssig. Als LAVOISIER seine Verbrennungslehre begründet, sinkt die mystische Anschauung des Mittelalters vom Phlogiston, dem brennbaren Fluidum, für immer dahin. In Deutschland hat dann LIEBIG der Chemie die breite, wissenschaftliche Grundlage gegeben. Und nun bemächtigt sie sich aller Arbeitsgebiete, des Erdbodens, der Textilindustrie, der Metallherzeugung, kurzum der ganzen Wirtschaft.

Insbesondere aber wird die Technik von der Wissenschaft in allen Teilen durchdrungen. War noch die Einführung der Dampfmaschine das Ergebnis erfinderischer Gedankenkraft und praktischer Geschicklichkeit, so ist die jüngste Stufe der Entwicklung, die hochgespannte Dampfturbine, ein Ergebnis rein wissenschaftlich-technischer Arbeit. Bald stellte man die Dampfmaschine auf den Schienenstrang, baute sie in das die Meere durchquerende Schiff. Es beginnt das Zeitalter des neuzeitlichen Verkehrs mit seinen unübersehbaren Umwälzungen des ganzen Weltalls. Schon aber naht sich, aus hoher wissenschaftlicher Erkenntnis und weit fortgeschrittener Technik geboren, der Leichtmotor. Bald nimmt er dem Schienenweg große Teile des Verkehrs und führt sie wieder der leider in der Entwicklung sehr zurückgebliebenen Landstraße zu. Und soeben setzt die letzte Entwicklungsstufe ein, und frei vom Erdenzwang hebt sich das Flugschiff in die Luft. Für GOETHE noch ein schöner Traum:

„Ach, zu des Geistes Flügeln wird so leicht,
Kein körperlicher Flügel sich gesellen.“

Heute fliegen täglich viele tausend Menschen.

Eines Baustoffes muß ich noch gedenken, der diesem Zeitalter sein besonderes Gepräge gibt, des Flußeisens. Schon im Altertum brennen die Rennfeuer und liefern ein teigiges Material, das sich schmieden läßt. Aber nur gering ist die Ausbeute. Dann kommt der Hochofen. Nun fließt das Eisen, aber es rekt und streckt sich nicht. Dem Puddelofen gelingt zwar die Umwandlung des spröden Roheisens in schmiedbares Eisen, doch ist seine Leistung nur sehr gering. Erst als BESSEMER auf den Gedanken kommt, den überflüssigen Kohlenstoff durch Durchblasen von Luft zu beseitigen, als THOMAS den Phosphor zu erfassen lernt, und SIEMENS mit seinem Regenerativsystem die Steigerung und Beherrschung der Temperatur den Eisenhütten schenkt, beginnt das Zeitalter des Flußeisens. Heute werden nach den Verfahren von THOMAS, BESSEMER und SIEMENS in der Welt

Flußstahlmengen im Werte von über 10 Milliarden Mark hergestellt, wohl die stärkste wirtschaftliche Auswertung wissenschaftlich-technischer Arbeit.

Fortschritt reiht sich an Fortschritt.

Noch vor einem Menschenalter war es möglich, daß ein einzelner das ganze Gebiet der Naturwissenschaften überschauen konnte. Heute ist die Fülle der Erkenntnisse ins Unermeßliche gewachsen. Die Arbeit des einzelnen löst sich in unendliche, aber disziplinierte Teilarbeit vieler auf. Und jede Erkenntnis öffnet ein neues Tor in den Wall des Nichtwissens, weist aber zugleich auf neue unermeßliche Arbeitsgebiete des menschlichen Geistes hin. Immer stärker bildet sich die Gemeinsamkeit des wissenschaftlichen Denkens heraus. Ein Grenzpfahl nach dem anderen fällt. Immer rascher wird das Tempo, immer stärker die gegenseitige Beeinflussung. Der eine reicht die Erkenntnis dem andern hin. Ein Staffellauf ohne Ende setzt ein.

Es ist nicht möglich, auch nur die größten der Geistestaten der naturwissenschaftlichen Forschung herauszuschälen. Wir können nur versuchen, die Gesamtleistungen in ihren umwälzenden Auswirkungen zu erkennen.

Die von den Naturwissenschaften ausgehende Rationalisierung der Lebens- und Arbeitsvorgänge ist die Grundlage unseres Zeitalters der Technik geworden. Einige hundert Jahre weiter, und man wird unsere Generation und die unserer Väter als Anfangspunkt dieses Zeitabschnitts betrachten, und was heute vor uns liegt, wird als Mittelalter empfunden werden. Wir erleben, ohne es im einzelnen schon jetzt zu erkennen, den von den Naturwissenschaften zwangsläufig vorbereiteten Übergang vom Zeitalter des Organischen zum Anorganischen und Mechanischen.

Wir sehen die große Entwicklungslinie: den Ersatz der teuren organischen Stoffe durch die im Großbetriebe hergestellten billigen anorganischen; die immer stärker einsetzende Ablösung der menschlichen Arbeitskraft durch maschinelle; die Durchdringung der empirischen Arbeitsmethoden durch wissenschaftlich berechnete und begründete Verfahren.

In dieser Entwicklungsstufe befinden wir uns etwa seit Mitte des vorigen Jahrhunderts. FRIEDRICH KRUPP kam noch rein empirisch aus der Arbeit und der Erfahrung vieler Jahre zu seinem Gußstahl. Die wissenschaftlichen Grundbedingungen seiner Großtat blieben ihm verborgen. Heute stellen die von ihm geschaffenen Werke den Stahl mit Anwendung aller Zweige der Naturwissenschaften dar. Und so ist es überall. Die technische Arbeit ward zur angewandten Wissenschaft. Es mag nun manchem das Bedauern kommen, daß bei dieser Entwicklung das Handwerksmäßige, die Kunst des Meisters, die Kunst des Arbeiters, immer mehr in den Hintergrund tritt. Aber zeigt nicht gerade die Entwicklung der letzten Jahre, daß die kunstvolle Geschicklichkeit keineswegs durch die Maschinen verdrängt worden

ist? Der Handfertigkeit stehen immer noch große Wege offen. Es scheint aber, daß ihre Pflege nicht gleichen Schritt gehalten hat mit der Ausbildung zur Technik. Und sind nicht auch der künstlerischen Betätigung in der Technik weite Felder geöffnet? Ist es überhaupt richtig, was uns vor kurzem aus Essen entgegenschallte, daß die Technik von heute der Kunst entbehre? Liegt nicht in dem stolzen Bogen der die Rheinufer verbindenden Brücke eine tiefe Schönheit? Sehen wir sie nicht auch in der gebändigten Kraft unserer großen Maschinen? Strahlt sie uns nicht entgegen aus der majestätischen Ruhe der großen Ozeandampfer? Und schließlich, schimmert sie uns nicht an aus dem stolzen Fluge des Luftschiffes? Es liegt Poesie auch in der Arbeit von heute; man muß nur die Augen haben, sie zu sehen. Es liegt Musik in der Arbeit von heute; man muß nur die Ohren haben, sie klingen zu hören.

Richtig ist das eine, daß die Entwicklungslinie offenbar in der höchsten Steigerung der verstandesmäßigen Handhabung des Arbeitswerkzeuges zur maschinellen Fertigung liegt. Wir dürfen nur nicht in den Fehler verfallen, die Arbeitsverfahren anderer Länder, in denen dieser Weg besonders weit fortgeschritten ist, automatisch auf die deutschen Verhältnisse zu übertragen. Gewiß, in der Anwendung der FORDschen Arbeitsweise, dem laufenden Band für die Massenerzeugung, liegt etwas Bestechendes gerade für die heutige Zeit, in der die Rationalisierung fast zum Schlagwort geworden ist. Aber diese Arbeitsweisen sind entwickelt worden in einem menschenarmen und rohstoffreichen Lande. Ich habe mir gestattet, schon im vorigen Jahre bei der Tagung des Reichsverbandes der Deutschen Industrie in der Nachbarstadt Köln auf diese Tatsachen hinzuweisen. Die Massenerzeugung findet zudem bei uns ihre natürliche Grenze in dem beschränkten inneren Absatzgebiet. Sie wird für eine Reihe von Fertigungen, wo auch bei uns Massenerstellung in Frage kommt, weitgehend Anwendung finden. Vorübergehend schien es fast, als ob die weitentwickelte Massentechnik jenseits des Ozeans die deutschen Industrien zu erdrücken drohte. Aber schon hat sich die Gegenwirkung ausgelöst. Der Masse wird die Qualität entgegengestellt, der Weiterentwicklung auf rein mechanischem Wege eigenschöpferische Tätigkeit. Und hier können wir auf das stärkste Aktivum, das uns geblieben, auf unsere wissenschaftlich geschulten Techniker und unsere hochwertigen, sich schnell anpassende Arbeiterschaft zurückgreifen.

In diesem Zusammenhang nur ein Hinweis auf die Ergebnisse der jüngsten Zeit. Vor kurzem erst hat uns die Bosch-Haber-Synthese die Aktivierung des Stickstoffs gegeben. Heute liegt ein wesentlich spröderer Gefährte, der Kohlenstoff, in Banden. Ich hatte vor wenigen Tagen die Gelegenheit, zum ersten Male im Großbetriebe die restlose Überführung der Kohle in flüssigen Brennstoff zu erleben. Ein Ergebnis von noch nicht ab-

zusehender Bedeutung! Zunächst scheint auch dem technisch vorgebildeten Laien die Erschütterung der ganzen organischen Chemie zur Tatsache geworden. Dem Chemiker werden ja auch wohl hier die Brücken zur Vergangenheit nicht abgerissen sein. Aber welche Perspektiven eröffnen sich aus diesen zum Großbetrieb gewordenen wissenschaftlichen Ergebnissen für unsere deutsche Wirtschaft!

Wir haben alle die Entwicklung der synthetischen Stickstoffverbindungen im letzten Jahrzehnt miterlebt. Aus unserer Einfuhrstatistik ist inzwischen der Salpeter, der einst eine so überragende Rolle spielte, gestrichen worden. Auf der Ausfuhrseite wachsen dagegen die Tonnen künstlicher Stickstoffverbindungen von Jahr zu Jahr mehr an. Ist es bei dieser Tatsache zu optimistisch, anzunehmen, daß über kurz oder lang volle Tankdampfer nicht mehr in deutsche Häfen einlaufen, wohl aber aus diesen ausfahren? Darin liegt ja eine der stärksten Errungenschaften des menschlichen Geistes, daß er überall, wo sich ihm durch die gewonnene Erkenntnis die Natur offenbart, auch bald ihr Beherrscher wird. Die fabrikmäßige Stickstoffgewinnung konnte schon nach kurzem erfolgreich den Wettbewerb mit den großen naturgewachsenen Lagern aufnehmen. Die Konzentrierung der Erzeugung im Großbetriebe ist wirtschaftlicher als die Gewinnung der Naturerzeugnisse.

Den Deutschen hat die Geschichte auf einen engen Raum verwiesen, zu klein für seine Bevölkerungszahl und dazu arm an Bodenschätzen. Wir müssen unser Heil darin suchen, die uns versagt gebliebenen Rohstoffe der Natur abzurufen und der Masse unserer Bevölkerung durch Erziehung zur Qualitätsarbeit Beschäftigung zu geben. Die ganze Einstellung der Menschen von heute kommt diesen Zielen entgegen. Es hat wohl noch nie ein Zeitalter gegeben, das mehr Freude an der Technik gehabt hat als das unsrige. Die große Masse fühlt instinktiv, daß hierin die einzige Rettung aus ihren Drangsalen liegt. In der weiteren Entwicklung der Technik liegt überhaupt unsere größte Hoffnung auf Überwindung dieser schweren Zeiten. Die Mobilisierung der mechanischen Kräfte wird noch einen gewaltigen Umfang annehmen, und die Auswirkungen der angewandten Technik werden sich in einer billigen und leichteren Lebenshaltung umsetzen. Auch die Lösung der sozialen Frage ist eine Erzeugungsfrage. In demselben Maße, in dem die Erzeugung stärker wächst als die Zahl der Menschen, erleichtert sich die soziale Lage. Herr Geheimrat DUISBERG hatte schon recht, als er vor einigen Tagen auf der Tagung des Reichsverbandes der Deutschen Industrie in Dresden ausrief: „Die beste Sozialpolitik ist eine blühende Wirtschaft!“ Ich befürchte auch nicht, daß die fortschreitende Technik und Industrialisierung zu einer Entseelung der Arbeit führt. Die Maschine hat den Menschen nicht zum Sklaven gemacht, wie es so oft betont

wird, sie hat ihm im Gegenteil ein wesentlich besseres, menschenwürdigeres Los verschafft.

Gewiß hat der Einzug der Maschinen in die Weltgeschichte gewaltige Umwälzungen des ganzen sozialen Lebens nach sich gezogen. Gewiß sind ganze Völkerwanderungen durch sie hervorgerufen, und Umschichtungen von ungeheurem Maße haben sich vollzogen. Aber in den letzten Auswirkungen hat doch das maschinelle Zeitalter die Lage der Menschen wesentlich verbessert. Die schwere, oft unerträgliche Handarbeit wurde immer mehr zu einer beaufsichtigenden. Man stelle sich die Tausende ins Joch gespannten Menschen vor, die jene schweren Lasten zu den Bau- denkmälern der Alten schleppten, die wir heute so bewundern, und vergleiche damit den Lenker des elektrischen Zuges, den Kraftwagenführer. Fiel noch vor einigen Jahrzehnten ganz allgemein auf 100 und mehr Arbeiter 1 Beamter, so sehen wir heute, selbst im Bergbaubetriebe, den mit am stärksten mit der Handarbeit verwechselten, auf etwa 15 Arbeiter schon 1 Beamten. In den Hüttenbetrieben wird das Verhältnis etwa wie 10 : 1 sein, in den Maschinenbetrieben wie 5 : 1 und in den hochentwickelten elektrotechnischen Industrien etwa wie 3 : 1. Nebenher schreitet die Verkürzung der Arbeitszeit mit der Entwicklung der Maschinen fort. Sie machte zugleich den Menschen freier und brachte ihn der Natur wieder näher.

Was aber nützt, ist, die Menschen immer wieder darauf hinzuweisen, daß es in ihre Hand gegeben ist, durch eigene Arbeit daran mitzuwirken, daß die soziale Lage erleichtert wird. Es würde viel Kummer und Elend erspart, könnte man so manches Ideengebilde in ein technisches Modell bringen, um dann bald feststellen zu können, daß es nicht betriebsfähig ist. Allgemeine Glaubenssätze haben in der Technik nie ein langes Leben gehabt. Nicht mit Utopien, nur mit Arbeit, Arbeit des Kopfes und Arbeit der Hand, wird das Los der Menschheit verbessert. So verstanden, muß Arbeitsfreudigkeit als höchstes Erziehungs-ideal angestrebt werden. Wirtschaftlicher Erfolg bedeutet Hebung des Selbstbewußtseins im Leben des einzelnen und im Leben des Volkes. Nicht im Sinne einer lärmenden Überheblichkeit, sondern als ruhiges Selbstvertrauen auf die eigene Kraft gegenüber unseren auf vielen Gebieten so hochbegabten Wettbewerbern.

Im Hinblick auf dieses Ziel haben wir gerade in den letzten Jahren wiederum mit Hilfe wissenschaftlicher Erkenntnis uns die Aufgabe gestellt, den Menschen mehr als bisher nach seinen Fähigkeiten in den Arbeitsvorgang einzureihen, mit anderen Worten, den richtigen Mann an die richtige Stelle zu setzen. Zufrieden ist nur der, der in seiner Arbeit Befriedigung findet.

Und so schließt sich wieder ein Kreis: Wissenschaft und Technik, Technik und Arbeit, Arbeit und Wirtschaft, Wirtschaft und Wissenschaft, Kreisläufe nicht nur im Materiellen, auch im Ideellen. So wie die Wissenschaft nur aus dem

Geistigen emporgestiegen, so kann die Arbeit nur aus der Gesinnung gelingen und die Wirtschaft nur bestehen, wenn sie auf das Gesamtwohl gerichtet ist, dem schließlich Wissenschaft, Technik und Wirtschaft, der einzelne und alle, untertan sind.

Es ist so einfach, die Leute der Technik und der Wirtschaft als krasse Materialisten hinzustellen. Gewiß, wir sind mehr als alle anderen gezwungen, den harten wirtschaftlichen Notwendigkeiten Rechnung zu tragen. Glauben Sie mir, es ist leicht im individuellen Leben, seinen Idealen nachzustreben, hundertmal schwerer aber, die materielle Grundlage für ideale Ziele zu schaffen und zu fördern. Man träumt so gern von einem Zeitalter, in dem die höchste Kultivierung der Persönlichkeit das alleinige Ziel ist. So ewig feststehend auch dieses höchste Ideal für das einzelne Erdenkind bleiben wird, für die Gesamtheit ist zunächst die Hebung der sozialen Lage die dringendste Pflicht. Ist diese Aufgabe einmal mit Hilfe von Wissenschaft und Technik einigermaßen befriedigend gelöst, dann wird sie der kommenden Generation die Muße erarbeitet haben, die nun einmal nötig ist, sich rein geistigen Aufgaben zuzuwenden. Auch aus der Arbeit dieses Zeitalters werden die Grundlagen einer neuen Kultur geschaffen.

Es ist viel von Wissenschaft und Technik, von Arbeit und Wirtschaft gesprochen und ihre Bedeutung für die Entwicklung des Menschengeschlechtes gestreift worden. Die Auswirkungen der genannten Faktoren auf das Leben wurden hervorgehoben, aber unberechenbar ist das Leben selbst. Es wogt hin und her. Und in unaufhörlicher Bewegung wie das Leben ist die Wirtschaft. Die unauflösliche Verquickung von Wissenschaft und Technik mit der Wirtschaft beschleunigt die Wellenbewegung. Bald wird sie von dieser, bald von jener Erkenntnis maßgebend beeinflußt. Konjunkturforschung tut sicherlich not wie alle Forschung. Aber meistern läßt sich die Wirtschaft dadurch nicht. Sie ist kein wissenschaftlich zu ergründendes Exempel. Es bleibt immer noch als Letztes, aber auch als Schwerstes die Kunst, das Mögliche zu verwirklichen, das Kommende voranzuholen und ihm die Wege zu ebnen. Ich erwähnte schon die Verflüssigung der Kohle: die Tatsache liegt vor, die Auswirkungen sind noch unübersehbar. Sie zeitig zu erkennen und richtig in den Strom der Wirtschaft einzuleiten, ist eine Aufgabe, die heute schon die für die Wirtschaft Verantwortlichen beschäftigen muß.

Ich betonte, die Wirtschaft wogt hin und her. Auch der höchste Stand von Wissenschaft und Technik wird sie nicht vor Krisen schützen. Die noch akute Krise des vergangenen Jahres, die auch völlig gesunde Teile aufs schwerste gefährdete, beweist die Richtigkeit. Aber heute, nach kaum einem Jahre, also nach verhältnismäßig sehr kurzer Zeit, kann dieser Krisenstand, der so außerordentlich schwer auftrat, als einigermaßen überwunden bezeichnet werden. In dem größten Teile der

Industrie, leider noch nicht in der Landwirtschaft, haben sich die Verhältnisse gefestigt. Es ist hier nicht der Platz, auf die Ursache der Krisen näher einzugehen. Aber wie in früheren Zeiten die Anschaffung von Maschinen durch behördliche Maßnahmen unterbunden, ihre Entfernung angeordnet wurde, haben auch in den letzten Jahren die wirtschaftlich hemmenden Maßnahmen der regierenden Organe die Krise mit herbeigeführt. Die verhältnismäßig schnelle Beseitigung aber haben wir der vor sich gegangenen Umstellung des wirtschaftlichen Denkens zu verdanken.

Wenn ich eingangs sagte, daß vielleicht der heutige Zeitpunkt ganz geeignet sei, um sich noch einmal in großen Umrissen die Bedeutung der Zusammenhänge von Wissenschaft, Technik und Wirtschaft vor Augen zu führen, so glaube ich, das damit begründen zu können, daß meines Erachtens die Epoche des letzten Jahrzehntes mit den verwirrenden Einflüssen des Krieges, der Revolution und der Inflation in der Hauptsache abgeschlossen ist. Nicht etwa in dem Sinne, als ob damit die ungeheuren Schäden dieser Zeit überwunden wären. Das ist die Aufgabe der kommenden Jahre. Aber es ist erreicht, daß man heute die Dinge wieder technisch und wirtschaftlich klar ansieht. Die vorjährige Krise mit ihren Schrecken hat wohl allen die Augen darüber geöffnet, welches Los uns bevorsteht, wenn nicht das Ziel aller wirtschaftlichen Arbeit der Nutzeffekt ist. Heute haben wir eine öffentliche Meinung, die sich bewußt ist, daß nur in der Rentabilität die Gesundung liegt. Seit 1914 haben wir zum ersten Male wieder klare Vorstellungen über die harten Notwendigkeiten des wirtschaftlichen Lebens. Der ruhige Teil der Bevölkerung hat begriffen, daß die wirtschaftlichen Zügel scharf angezogen werden müssen, um wieder auf feste, sichere Bahnen zu kommen. Darin sehe ich den wesentlichen, für die Wiedererstarkung Deutschlands ausschlaggebenden Fortschritt. In dem Augenblick aber, als diese Einstellung erreicht ist, setzt auch wieder der Optimismus ein, der nun seinerseits dazu beiträgt, die Wirtschaft zu beleben. Was sind nun die Quellen dieser zuversichtlichen Stimmung? Mir scheint, in erster Linie die Hoffnung auf die Ergebnisse des Zusammenwirkens, über das ich heute vor Ihnen sprechen durfte, über den Dreiklang von Wissenschaft, Technik und Wirtschaft.

In allen Kreisen macht sich die Zuversicht breit, daß die Welt weiter will, und daß auch deutsche Wissenschaft und deutsche Technik noch viel zu geben haben. Und glauben Sie mir, das deutsche Volk rechnet in erster Linie auf Sie, auf die Vertreter der Naturwissenschaften.

Immer nach schweren Schicksalsschlägen haben sich in unserem Volke neue Kräfte geregt. Als 1800 der deutsche Staat zertrümmert war, gab man die Kräfte der Bauern und der Gewerbetreibenden frei, aus deren Antrieb sich ein neues Jahrhundert entwickelte. Heute geht der Impuls von einer Anspannung aller wissenschaftlichen

und organischen Kräfte aus. Deutschland greift auf den stärksten Bestand seiner stillen Reserven zurück, auf seine vorzügliche wissenschaftliche und geistige Schulung.

Was für Deutschland gilt, gilt für Europa. Es beginnt die Einsicht bei allen Nationen zu dämmern, daß der Krieg für keine ein Gewinn war und bei allen das Verlustkonto bei weitem überwiegt. Wenn hierzu nun noch die Unkosten gegenseitiger wirtschaftlicher Kämpfe kommen, dann tritt ein Zustand ein, der einfach für alle europäischen Völker untragbar ist. Die Politik wird diesen wirtschaftlichen und sozialen Tatsachen Rechnung tragen müssen. Wir haben es in Locarno, wir haben es jetzt in Genf gesehen. Wissenschaft, Technik und Wirtschaft haben die Völker schon heute so miteinander verflochten, daß das Gewebe nicht beliebig durch machtpolitische Schranken durchrissen werden kann. Und diese Tatsache wird sich immer stärker auswirken. Raum und Zeit werden durch Wissenschaft und Technik in einem ungewohnten Tempo überwunden. Und so sehen wir aus der Zusammenarbeit von Wissenschaft, Technik und Wirtschaft neue Weltverhältnisse entstehen. Diese drei sind oder werden auch die stärksten politischen Kräfte in Europa, in der Welt. Die Frage bleibt nur, ob die Menschen vernünftig genug sind, dieses positive Zusammenarbeiten ungestört vor sich gehen zu lassen.

Als ein günstiges Zeichen für die Weiterentwicklung sehe ich an, daß die rein persönliche Zusammenarbeit zwischen den Vertretern der Wissenschaft, der Technik und der Wirtschaft eine immer engere wird und immer weitere Schichten umschließt. Wenn sie an die Zeit zurückdenken, wo die Industrie noch im handwerklichen Zustande war, wie fern standen die gelehrten Männer dem Alltag des Lebens! Noch ein WERNER VON SIEMENS weist in seiner Lebenserinnerung, also etwa um 1850, darauf hin, daß eine unüberbrückbare Kluft zwischen Wissenschaft und Technik bestand. Selbst die Naturwissenschaften hatten keine Fühlung mit der Industrie und dünkten sich viel zu hoch, um zur Technik herabzusteigen. War schon vor dem Kriege diese Zusammenarbeit eine Selbstverständlichkeit geworden, so haben die letzten Notjahre Wissenschaft und Technik derart aneinandergeschweißt, daß man heute von einer Einheit der Arbeit und der Forschung sprechen kann. Unendliches hat Wissenschaft und Technik im Laufe der Jahrhunderte geleistet, um das Los der Menschheit zu mildern; in ihrem Wirken allein sehen wir, wie ich schon vorher betonte, die Lösung der heute alles beherrschenden sozialen Fragen. Das Volk, dem es glückt, zuerst den Katalysator für diesen Bindungsprozeß zu finden, wird das erste der Welt sein. Lassen Sie uns nicht irre werden durch die Stürme dieser gärenden Zeit. Noch immer, wenn die Menschheit an Wendepunkten ihrer Geschichte angekommen ist, hat dieses Lieben und Hassen, dieses Stürmen und Drängen eingesetzt. Und wir stehen am Anfange

eines neuen Zeitalters, eines Zeitalters, dem Wissenschaft und Technik ihr entscheidendes Gepräge geben. Hoffen wir, daß diese Kräfte auch bei uns lebendig bleiben. Sie können es nur in einem starken, nationalen Staate, denn schließlich sind auch Wissenschaft, Technik und Wirtschaft nur Teile des gesamten Lebens der Nation. Sie bleiben nicht gesund, wenn das Ganze krank.

Wer will sich erlauben, zu ergründen, wie nach einem Jahrhundert die Entwicklungslinie gelaufen ist? Aber das eine steht fest, wenn dann wieder der Sprecher vor den deutschen Naturforschern einen Rückblick und Ausblick zu geben

hat, wird es so sein wie heute. An den Höhepunkten der Entwicklung werden die Namen großer Männer erklingen. Erdschätze versiegen, Werke vergehen, Gesetze erstarren, Ideen erkalten, schöpferisch bleibt nur der Mensch. Immer wird die Persönlichkeit, niemals die Masse den Fortschritt bedeuten. Und wenn in dem Königszug, den Wissenschaft und Technik berufen sind, anzutreten, die deutschen Namen wie in der Vergangenheit so auch in Zukunft hell hervorleuchten, dann braucht uns um die Zukunft unseres Volkes nicht zu bangen. In dieser Zuversicht schließe ich mit einem hoffnungsfreudigen Glückauf!

Die moderne Forschung auf dem Gebiete der Nichteisenmetalle, insbesondere der Leichtmetalle.

VON ALFRED PETERSEN, Frankfurt a. M.

Hier in Düsseldorf, an der Schwelle des Ruhrgebietes, der Hauptstätte deutscher Eisen-erzeugung, über Nichteisenmetalle und Leichtmetalle zu sprechen, mag merkwürdig erscheinen. Eine der Absichten dieser Tagung ist aber, die Bedeutung der Naturforschung für die Technik darzulegen. Das Gebiet der Leichtmetalle eignet sich hierzu besonders, weil wegen seines kurzen Bestehens der wissenschaftlichen Forschung Gelegenheit gegeben war, von Anfang an bei ihrer Entwicklung mitzuwirken.

Was versteht man unter Nichteisenmetallen? Eigentlich jedes Metall außer Eisen. Es gibt ihrer viele, an Bedeutung für die Technik überragen aber weit das Kupfer, Zinn, Blei und das Zink. Im Anfang dieses Jahrhunderts traten dann als eine besondere Gruppe die Leichtmetalle hinzu.

Zu dieser Gruppe zählen im technischen Sinne bisher nur das Aluminium und das Magnesium. Erst seit ganz kurzer Zeit hat ein weiteres Leichtmetall, das bisher nur in der Medizin als Salz zur Anwendung gelangte, Bedeutung für die Technik gewonnen. Es ist dies das Lithium, das leichteste uns bisher bekannte Metall, mit einem spezifischen Gewicht geringer als das des Wassers.

Eine direkte Verwendung des Lithiums als Konstruktionsmaterial kommt und dürfte voraussichtlich auch nicht in Frage kommen, da seine sonstigen physikalischen und chemischen Eigenschaften sich hierfür nicht eignen. Seine Bedeutung liegt vielmehr in seiner Eigenschaft, als Zusatz in kleinster Menge die Festigkeit anderer Metalle und Legierungen wesentlich zu steigern.

Welche wirtschaftliche Bedeutung kommt nun den Nichteisenmetallen und unter ihnen den Leichtmetallen zu? Ein wertmäßiger Vergleich mit Eisen

und Stahl gibt hier den besten Anhalt. Da für Magnesium statistische Angaben noch nicht vorliegen, ist in diesem Falle Leichtmetall gleichbedeutend mit Aluminium. Zahlen vermitteln, besonders wenn sie groß sind, keinen rechten Begriff. Es ist deshalb versucht worden, bildlich dieses Verhältnis zu veranschaulichen. Stellt man den Wert der Erzeugung in Reichsmark fest, rechnet diesen Betrag in Kilogramm Gold um und berechnet, welchen Raum diese Goldmenge ausfüllen würde, so ergibt sich eine Darstellung wie in Fig. 1.

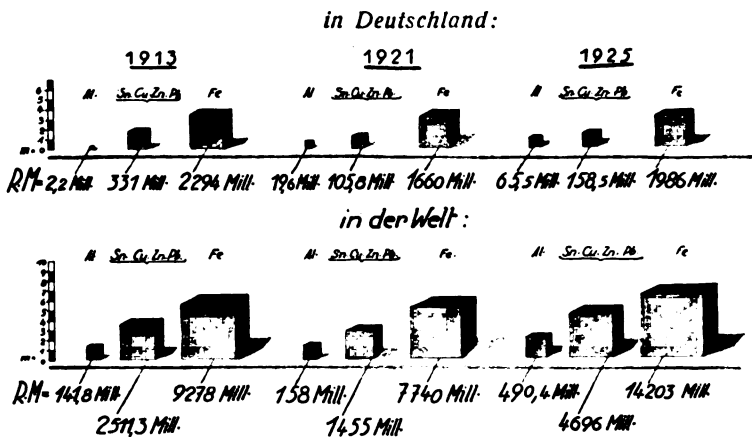


Fig. 1. Der Wert der Erzeugung von Leichtmetall und Nichteisenmetall gegenüber demjenigen von Eisen und Stahl.

In Vergleich gestellt sind die Jahreserzeugungswerte von Aluminium, von Kupfer + Zinn + Blei + Zink, von Roheisen + Rohstahl, und zwar die Welterzeugung wie diejenige Deutschlands. Als Jahre sind gewählt das Jahr 1913 als letztes Vorkriegsjahr, das Jahr 1921 als erstes Nachkriegsjahr, aus dem eine einwandfreie Statistik wieder vorliegt, und das Jahr 1925. In dem Wertverhältnis zwischen Kupfer + Zinn + Blei + Zink und Eisen + Stahl ist keine wesentliche Veränderung eingetreten. Dagegen hat sich das Ver-

hältnis von Aluminium zu Eisen + Stahl ganz außerordentlich zugunsten des Aluminiums verschoben.

In diesem Zusammenhang seien noch kurz die deutschen Erzeugungsstätten für Leichtmetalle erwähnt. Die Herstellung von Aluminium ist erst

36 500 t Aluminium in Deutschland zur Verfügung. Zum Vergleich sei erwähnt, daß für die Belieferung von Groß-Berlin mit elektrischem Strom 260 000 Kilowatt installiert sind.

Das einzige Werk, das Deutschland für die Erzeugung von Magnesium besitzt, befindet sich in Bitterfeld.

Die deutschen Erzeugungsstätten für Leichtmetalle.

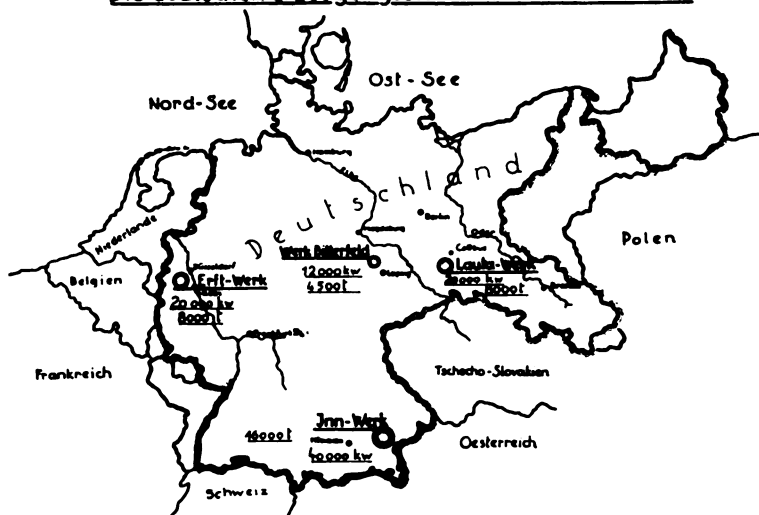


Fig. 2.

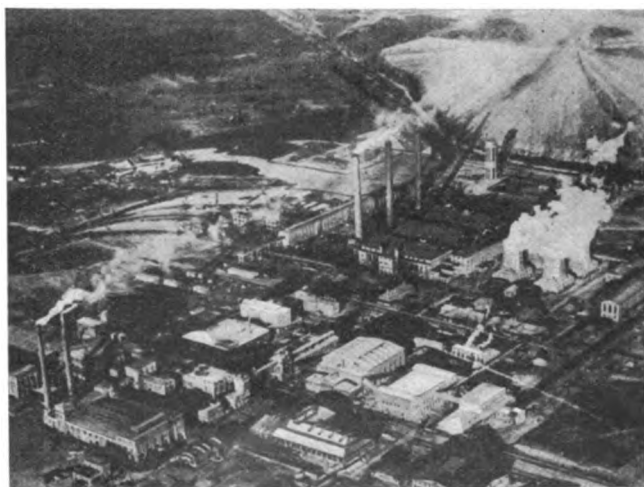


Fig. 3. Lautawerk.

während des Krieges in Deutschland aufgenommen worden. Die beiden ersten Erzeugungsstätten, Rummelsburg bei Berlin und Horrem bei Köln, existieren nicht mehr. Die Fig. 2 zeigt die örtliche Lage der jetzigen Werke und gibt ihre Erzeugungsmöglichkeit und die installierten Kilowatt an.

Das Innwerk ist auf Wasserkraft basiert, die elektrischen Energiemengen für die anderen Werke werden aus Braunkohle erzeugt. Im ganzen stehen heute 92 000 Kilowatt zur Erzeugung von jährlich

Die Fig. 3 zeigt eine Luftbildaufnahme des Lautawerkes. In seinen Anlagen wird auch der größte Teil des Bedarfs an Tonerde, die das Ausgangsmaterial für das Aluminium bildet, hergestellt.

Bevor ich auf die Forschung selbst zu sprechen komme, möchte ich kurz die bisherige Entwicklung der Anwendungsmöglichkeiten der Nichteisenmetalle und Leichtmetalle erörtern.

Von den Nichteisenmetallen kann gesagt werden, daß sie sich im allgemeinen neue Anwendungsgebiete im Laufe der letzten Zeit nicht erschlossen haben. Dagegen haben sie sich diejenigen Anwendungsgebiete, die sie sich von Anfang an erobert hatten, auch heute noch erhalten.

Eine Zeitlang schien es, als ob es möglich sei, ein Metall durch das andere zu ersetzen. Jedenfalls wurden zu diesem Zwecke die größten Anstrengungen im Laboratorium wie in der Praxis gemacht. Es war dies in der Kriegszeit, wo es von ausschlaggebender Bedeutung war, für das Zinn, welches überhaupt nicht in Deutschland vorkommt, und für das Kupfer, welches nur beschränkt vorhanden ist, einen Ersatz zu finden. Man hoffte, daß das Blei in vielen Fällen das Zinn, das Zink und das Aluminium in vielen Fällen das Kupfer gleichwertig ersetzen könnte.

Betrachtet man heute das Ergebnis dieser Bemühungen, so muß gesagt werden, daß die Mehrzahl dieser Versuche den Bedingungen der Friedenswirtschaft nicht standgehalten haben. Nur in zwei Fällen hat sich das Ersatzmaterial erhalten, allerdings auch erst, nachdem es durch streng wissenschaftliche Arbeit in der Nachkriegszeit verbessert worden war.

Es ist dies die Verwendung des Bleies als Lagermetall, wo es qualitativ gleichwertig, wirtschaftlich sogar mit Vorteil in vielen Fällen an Stelle der Zinnlagermetalle verwandt werden kann. Es ist ferner die Verwendung des Aluminiums an Stelle von Kupfer als Leitungsmaterial für die Fernübertragung hochgespannter elektrischer Energie.

Bei den Leichtmetallen kann wegen ihrer kurzen Entwicklungszeit von einem Abschluß ihrer Verwendungsmöglichkeiten noch nicht gesprochen

werden. Versucht man ihre Verwendungszwecke zu gliedern, so ergeben sich drei Hauptgruppen:
zur Erleichterung menschlicher Arbeit;
zur Ersparnis an Gewicht in der Statik;
zur Ersparnis maschineller Arbeit bei dynamischen Vorgängen.

In die erste Gruppe fällt derjenige Verwendungszweck, mit dem die Entwicklung des Aluminiums begann: seine Verwendung im Haushalt. Hier traten erstmalig seine beiden Hauptvorteile in Erscheinung: das leichte Gewicht und seine, ungeschütztem Eisen gegenüber, hohe Korrosionsbeständigkeit. Nachdem es gelungen ist, dem Aluminium in seinen Legierungen hohe Festigkeiten zu verleihen, findet es wegen dieser beiden Vorzüge jetzt auch Anwendung als Konstruktionsmaterial für Hand- und Betriebswerkzeuge.

Einer allgemeinen Einführung der Leichtmetalle für diesen sozial bedeutsamen Zweck steht leider ihr, im Verhältnis zu Eisen, hoher Preis hindernd im Wege.

Für den zweiten Verwendungszweck, der Ersparnis an Gewicht in der Statik, ist aus dem gleichen Grunde von Leichtmetall bisher nur wenig Gebrauch gemacht worden. Ein Anwendungsgebiet gehört allerdings hierher, dem Deutschland sogar erst das Entstehen einer eigenen Aluminiumindustrie verdankt. Es ist die bereits erwähnte Verwendung des Aluminiums an Stelle von Kupfer in der Elektrotechnik. Seine an sich hohe elektrische Leitfähigkeit, die an die des Kupfers allerdings nicht voll heranreicht, und die eine möglichst völlige Reinheit zur Voraussetzung hat, läßt diese Bestrebungen an sich berechtigt erscheinen. Gewichtsmäßig ergibt sich rechnerisch auch durchaus ein Vorteil. Dagegen werden die Maschinen voluminmäßig größer. Dieser Nachteil hat auch die besonders in Deutschland entstandenen Ansätze wieder verschwinden lassen. Günstiger liegen die Verhältnisse bei den Hochspannungsfreileitungen. Hier stört der wegen der geringen Leitfähigkeit erforderliche größere Querschnitt nicht. Aluminium findet deshalb auch für diesen Zweck Verwendung.

Auch auf anderen Gebieten der Statik würden die Leichtmetalle stärkere Anwendung finden, wenn es gelänge, sie wesentlich billiger herzustellen. Ein sehr interessantes Gebiet wäre diesbezüglich der Brückenbau, wo die zu tragende Last in einem so krassen Mißverhältnis zu dem Eigengewicht der Brückenkonstruktion selbst steht. Daß es aber auch heute gelegentlich im Hochbau schon Fälle gibt, wo das Leichtmetall trotz seines Preises gewählt wird, beweist der neue Funkturm in Königswusterhausen, der jetzt noch einen Auf-

satz von etwa 40 m Höhe aus Leichtmetall erhalten soll.

Der Nachteil des höheren Preises fällt fort oder wird wenigstens stark gemildert, wenn zu sonstigen Vorteilen noch die Ersparnis an maschineller Arbeit hinzukommt. Hierher gehört auch die Verringerung unausgeglichener und ungefederter Massen. Ein solcher Fall liegt im Automobilbau vor, wo sich die Leichtmetalle an Stelle von Holz wegen ihrer größeren Haltbarkeit, an Stelle von Eisen wegen ihres geringeren Gewichtes immer mehr durchsetzen. Dabei tritt die tatsächliche Ersparnis an Betriebskosten in diesem Falle nicht einmal ausschlaggebend hervor. Vielmehr ist es ein anderer Gesichtspunkt, der den Automobilkonstrukteur veranlaßt, jedenfalls bei großen Wagen, möglichst weitgehend das Gewicht des Wagens zu verringern. Es ist dies der Einfluß

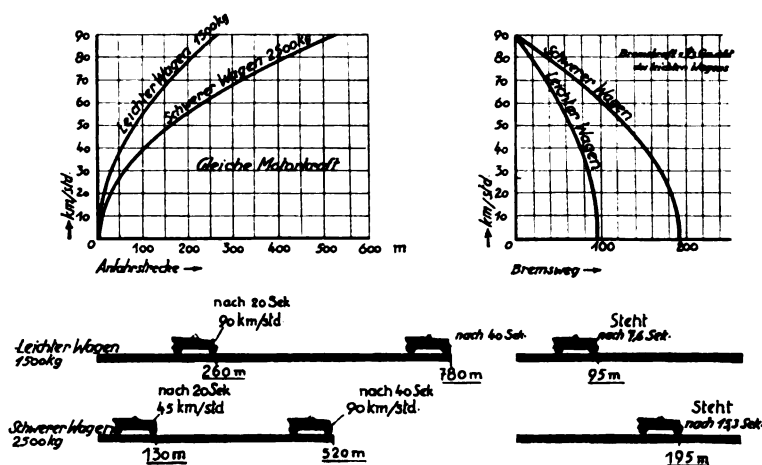


Fig. 4. Einfluß des Wagengewichtes auf die Anfahrstrecke und den Bremsweg bei Kraftwagen.

des Wagengewichtes auf die Anfahrstrecke und den Bremsweg. Die Fig. 4 möge dies zeigen.

In Vergleich gestellt sind zwei Wagen, von denen der leichte einen ganz modernen Typ darstellt, der schwere aber durchaus noch nicht als unmodern gelten kann. Die effektive Motorleistung ist bei beiden etwa die gleiche. Der leichte Wagen gebraucht aber zur Erreichung seiner Höchstgeschwindigkeit nur die Hälfte der Anfahrstrecke des schweren Wagens.

Noch viel wichtiger als die Verkürzung der Anfahrstrecke ist die Verkürzung des Bremsweges. Es ergibt sich, daß, wenn beide Wagen aus einer Geschwindigkeit von 90 Stundenkilometern mit dem gleichen Bremsmoment gebremst werden, der leichte Wagen auch nur den halben Bremsweg benötigt. Eine Verkürzung, die in manchen Fällen ausreichen wird, einen Unfall zu verhüten.

Gleichzeitig mit der Einführung des Leichtmetalls im Automobilbau ging diejenige im Luftschiff- und Flugzeugbau. Man kann ruhig sagen, daß ohne die Leichtmetalle der Luftverkehr nie

den Umfang angenommen und nie die Bedeutung gewonnen hätte, die er heute besitzt.

Die in den Luftschiffen und Flugzeugen heute zum Einbau gelangenden Motore sind bei Gewichtszahlen pro Leistungseinheit angelangt, wie sie an keiner anderen Stelle des Maschinenbaues erreicht werden. Dieser Erfolg ist allerdings nicht ausschließlich dem geringen spezifischen Gewicht der Leichtmetalle zuzuschreiben. Hier spielt auch ihre höhere Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit eine Rolle. Selbstverständlich hat aber auch die bessere wärmetechnische Erkenntnis der Explosionsvorgänge dazu beigetragen, einen sol-



Fig. 5. Reed-Propeller.

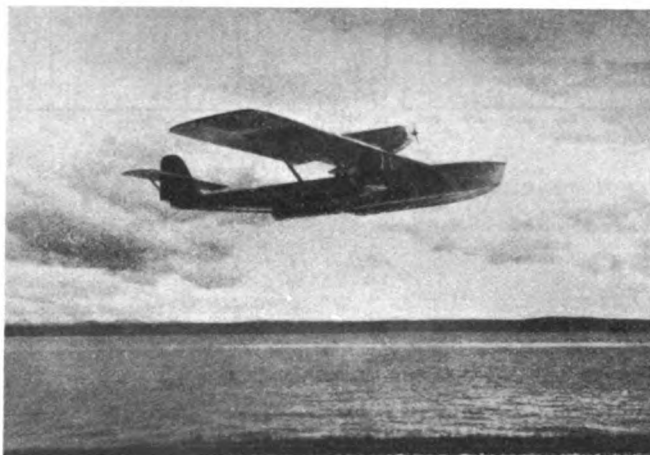


Fig. 6. Dornier-Superwal.

chen Fortschritt in verhältnismäßig kurzer Zeit zu erzielen.

Für die Wahl des Leichtmetalles als Baumaterial für die Luftschiff- und Flugzeugkörper ist interessanterweise die Möglichkeit der Gewichtsersparnis nicht ausschlaggebend gewesen. Denn hier war nicht Eisen, sondern Holz zu ersetzen. Die Aussicht auf Gewichtsverringering war deshalb gering. Tatsächlich ist auch heute noch gewichtsmäßig kein wesentlicher Vorsprung der Leichtmetallkonstruktion gegenüber einer solchen aus Holz festzustellen. Wenn trotzdem die Verwendung von Holz immer mehr zurückgeht, so ist hierfür die große Überlegenheit des Leichtmetalls in bezug auf Widerstandsfähigkeit gegen Witterung und Bruch ausschlaggebend gewesen.

Dieselben Überlegungen haben in allerjüngster Zeit dazu geführt, auch den wichtigsten Konstruk-

tionsteil am Flugzeug, der bisher ausschließlich in Holz gebaut wurde, in Leichtmetall auszuführen, den Propeller. Die Fig. 5 zeigt zwei solche Leichtmetallpropeller. Interessant ist noch, daß der Metallpropeller wegen der Möglichkeit, seine Querschnitte geringer zu gestalten, einen höheren aerodynamischen Wirkungsgrad besitzt.

Ich möchte das Gebiet des Flugzeugbaues nicht verlassen, ohne ihnen das bisher größte Wasserflugzeug gezeigt zu haben (Fig. 6). Bei seinem Bau ist weitgehend von Leichtmetall Gebrauch gemacht worden. Es ist ein deutsches und wird im Herbst dieses Jahres in den Luftverkehr eingestellt werden.

21 Passagiere werden unter Wahrung jeglicher Reisebequemlichkeit aufgenommen werden können. Als Besatzung sind zwei Piloten, ein Bordmonteur und ein Funker vorgesehen.

Die günstigen Erfahrungen, die man im Automobilbau wie im Luftschiff- und Flugzeugbau mit den Leichtmetallen gemacht hat, haben in letzter Zeit nun auch dazu geführt, die Frage der Verwendung von Leichtmetall im Waggonbau näher zu untersuchen. War beim Flugzeugbau das Holz zu ersetzen, so handelt es sich jetzt darum, Leichtmetall an Stelle von Eisen treten zu lassen. Ein technischer Erfolg wird nur zu erzielen sein, wenn auch hier nicht die alten Konstruktionen übernommen, sondern neue geschaffen werden, die auf die besonderen Eigenschaften des Leichtmetalls Rücksicht nehmen. Ein wirtschaftlicher Vorteil läßt sich ferner nur erwarten, wenn durch weitgehendste Verwendung von Leichtmetall das Wagengewicht wesentlich verringert wird. Zwei Halbzüge, für die Berliner Stadtbahn bestimmt, deren Elektrifizierung bevorsteht, befinden sich im Bau. Der Ausgang dieses Versuches wird zeigen, ob die von der Wissenschaft in Aussicht gestellten Eigenschaften und Werte von dem

Betriebe eingehalten werden können, und ob die besondere Technik der Leichtmetallkonstruktion schon so weit gediehen ist, um auch die Lösung dieser Aufgabe zu ermöglichen.

Ich komme jetzt zur Forschung selbst.

Welches sind die Eigenschaften, die für die erfolgreiche Verwendung der Leichtmetalle maßgebend sind? Welches sind ferner die Zahlenwerte dieser Eigenschaften, mit denen auf Grund des heutigen Standes der Metallforschung gerechnet werden kann?

Fast bei jedem Verwendungszweck handelt es sich um mehrere Eigenschaften, die gefordert werden müssen. Deshalb kann auch nicht die Forderung nach dem leichtesten Gewicht allein ausschlaggebend sein. Die Frage der Haltbarkeit ist fast stets die primäre Forderung. Für die Beantwortung dieser Frage müssen die Festig-

keitseigenschaften, oder richtiger ausgedrückt, die mechanischen Eigenschaften des betreffenden Metalls bzw. der Legierung genau bekannt sein. In Fällen, wo die Konstruktionen den Angriffen der Atmosphäre, von Wasser oder gar Säure, ausgesetzt sind, ist ferner die Kenntnis der Korrosionsbeständigkeit unbedingtes Erfordernis.

Nichts zeigt besser die intensive wissenschaftliche Arbeit, die auf diesem Gebiete geleistet wurde, als ein Vergleich der Zahlenwerte dieser Eigenschaften, wie sie am Anfang waren und wie sie heute sind. Ein solcher Vergleich ist deshalb einfach, weil der Fortschritt den Weg vom reinen Metall zur Legierung genommen hat. Eine Aus-

der besten Leichtmetalllegierungen wesentlich übertroffen werden sollen.

Für die Beurteilung der Korrosionsbeständigkeit gibt es bisher keinen einwandfreien Maßstab. Dies liegt daran, daß das Verhalten des zu prüfenden Materials, je nachdem, welchen Angriffen es ausgesetzt ist, ein ganz verschiedenes sein kann. Ein einwandfreies Urteil gibt deshalb eigentlich erst langzeitliche Bewährung in der Praxis. Trotzdem lassen die heute in Anwendung befindlichen Prüfungsmethoden eine gewisse Beurteilung zu, so daß ein Urteil über die gemachten Fortschritte auch in dieser Hinsicht möglich ist.

In bezug auf die Korrosionsbeständigkeit zeigt sich nun ein Gegensatz in dem Verhalten des Magnesiums zu dem des Aluminiums. Die Legie-

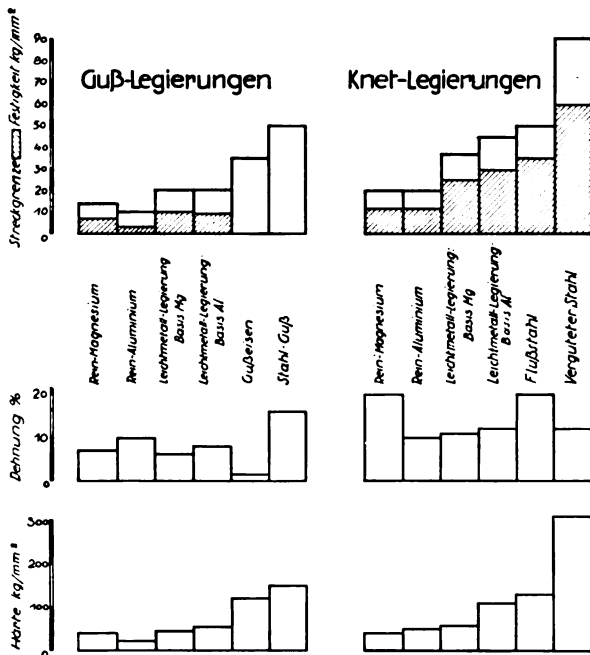


Fig. 7. Die mechanischen Eigenschaften der Leichtmetalle im Vergleich zu denjenigen von Eisen und Stahl.

nahme bilden nur die Fälle, wo es auf hohe elektrische Leitfähigkeit ankommt.

Die Fig. 7 zeigt die Werte der mechanischen Eigenschaften von reinem Aluminium und reinem Magnesium denjenigen Werten gegenüber, die von den besten heute bekannten Leichtmetalllegierungen erreicht werden. Zur Vervollständigung des Bildes sind die Werte der für einen Vergleich in Frage kommenden Eisen- und Stahlsorten mit aufgenommen worden.

Man sieht, daß die Aluminium- wie die Magnesiumlegierungen ihr Ursprungsmetall fast in sämtlichen mechanischen Eigenschaften um annähernd das Doppelte übertroffen haben. Das gilt sowohl im gegossenen wie im durch Walzen, Pressen und Ziehen gekneteten Material. Man sieht ferner, daß schon die Werte von Stahlguß und Qualitätsstahl herangezogen werden müssen, wenn die Werte

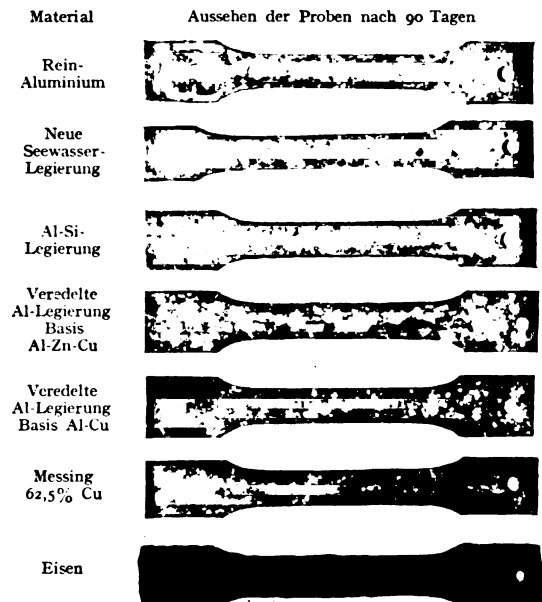


Fig. 8. Vergleichende Korrosionsversuche in zerstäubter 3 proz. Kochsalzlösung.

rungen des Magnesiums weisen auch in bezug auf die Korrosionsbeständigkeit bessere Werte auf als reines Magnesium, das sehr leicht korrodiert. Die sämtlichen, wenigstens die bisher zur Anwendung gelangten Legierungen des Aluminiums sind dagegen weniger korrosionsbeständig als das recht beständige reine Aluminium. Erst kürzlich scheinen gewisse verebelte Legierungen des Aluminiums die Beständigkeit des reinen Grundmetalls zu erreichen.

Die Fig. 8 zeigt eine Photographie verschiedener Probestücke, die der Korrosionswirkung zerstäubter Kochsalzlösung unterworfen waren.

Soweit das Aussehen eine zuverlässige Beurteilung der Beständigkeit zuläßt, erscheinen alle Leichtmetalllegierungen schlechter als Reinaluminium. Eisen schneidet hier am schlechtesten ab, während auch Messing, das für besonders korrosionsbeständig gilt, bereits deutliche Spuren

beginnender Zerstörung zeigt. Interessant ist, daß von den Leichtmetallen völlige Korrosionsbeständigkeit verlangt wird, während es bei Eisen als selbstverständlich gilt, daß Haltbarkeit gegen Witterungseinflüsse sogar nur durch regelmäßigen Anstrich gewährleistet werden kann.

Welche technologischen Vorgänge sind es nun, die die Eigenschaftswerte der Nichteisenmetalle und Leichtmetalle beeinflussen?

Schon bei der Herstellung der Ausgangsmaterialien ist der Einfluß der Forschung in der Richtung bemerkbar geworden, daß immer höhere Reinheitsgrade verlangt werden. Dies beruht auf der Erkenntnis, daß schon durch ganz geringfügige Zusätze die Eigenschaften der Metalle und ihrer Legierungen weitgehend beeinflußt werden. Diese Zusätze bilden gewollt ein wichtiges Hilfsmittel zur Verbesserung, ungewollt, also als Ver-

suchungen ergeben haben, überwiegend von einem möglichst feinkörnigen und gleichmäßigen Gefüge ab. Je kürzer die Erstarrungszeit, desto weniger Zeit haben die Krystalle, zu wachsen, desto feiner also das Korn. Bei gegebenen Abkühlungsverhältnissen ist demnach die Gießtemperatur ausschlaggebend. Eine Überschreitung der zulässigen Gießtemperatur um nur wenige Grade genügt, um die Barren für das Walzen unbrauchbar zu machen.

Bei der Herstellung von Profilen, Blechen und Bändern mittels Knetbearbeitung wird in der Mehrzahl der Fälle nur eine Formveränderung angestrebt. Diesem Zwecke dient fast ausnahmslos die Warmknetung. Um sie mit möglichst geringem Energieaufwand und ohne Schädigung der Qualität durchführen zu können, ist genaue Kenntnis der Fließvorgänge und der optimalen Temperatur Erfordernis. Sollen dagegen auch die mechanischen Eigenschaften beeinflußt werden, so tritt Kalt-

knetung in den Vordergrund. In Fällen, wo das Material reine Kaltbearbeitung nicht verträgt, werden Zwischenglühungen eingeschaltet, die eine Neuordnung des Gefüges bewirken. Dieser Vorgang, „Rekristallisation“ genannt, ist analog dem Krystallisationsvorgang. Um diese Neuordnung des Gefüges in den gewollten Grenzen sich abspielen zu lassen, war die Aufdeckung des Zusammenhanges zwischen dem Grad des Kaltknetens, der Glühtemperatur und der Korngröße eine besonders wichtige Aufgabe der Forschung. Die Fig. 9 zeigt dasjenige Rekristallisationsdiagramm, das zuerst aufgestellt wurde, das Diagramm des Zinns.

Zwei besondere Methoden der Gefügebeeinflussung zur Steigerung der mechanischen Eigenschaften, von denen die eine Kornverfeinerung, die andere Kornhärtung zum Ziele hat, und die beide auf einer zusätzlichen Veredelung beruhen, gewinnen in letzter Zeit immer mehr an Bedeutung.

Fügt man einer Aluminium-Siliciumlegierung kurz vor dem Guß beispielsweise Spuren metallischen Natriums hinzu, so ergibt sich beim Erstarren eine außerordentliche Kornverfeinerung. Der Bruch eines Gußstückes aus derselben Legierung ohne Zusatz von Natrium gegossen, ist dagegen durchaus grob, und die mechanischen Eigenschaften liegen wesentlich unter den Werten des veredelten Gußstückes.

Die Methode der Kornhärtung kommt vorwiegend bei den der Knetbearbeitung zu unterwerfenden Legierungen in Frage. Trotzdem eine einwandfreie Aufklärung der sich hierbei abspielenden Vorgänge bisher nicht geglückt ist, macht man in der Praxis von dieser Kornhärtung schon weitgehend Gebrauch. Man unterwirft zu diesem Zweck die betreffenden Legierungen einer thermischen Nachbehandlung, deren Wirkung durch Zulegierung kleinster Mengen bestimmter

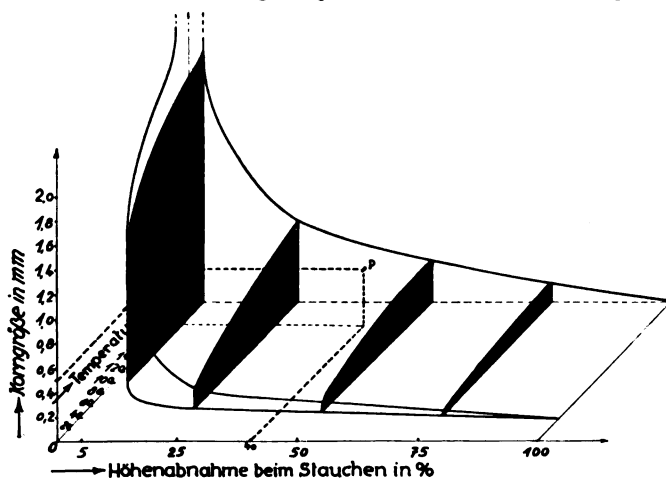


Fig. 9. Rekristallisations-Diagramm des Zinns (nach I. CZOCHRALSKI).

unreinigungen, können sie in gleichem Maße schädlich sein.

Ein Beispiel möge den Einfluß eines solchen geringfügigen Zusatzes — ich möchte diesen Vorgang als Feinlegierung bezeichnen — erläutern. Setzt man einer Bleilegierung Lithium, und zwar in einer Größenordnung von nur vier einhundertstel Gewichtsprozenten zu, so ergibt sich ein hochwertiges Lagermetall. Läßt man diese Lithiummenge fort, so ist die Legierung zwar auch noch immer wesentlich härter als Blei, aber als hochwertiges Lagermetall nicht mehr verwendbar.

Von nicht minder großem Einfluß wie die chemische Zusammensetzung ist die physikalische Beschaffenheit des Materials, sein Gefügebau. Hierfür ist die Kenntnis und die Beachtung der Krystallisationsvorgänge beim Übergang vom flüssigen in den festen Zustand Voraussetzung.

Auch hierfür ein Beispiel. Die gute Walzbarkeit gegossener Kupferbarren für die Herstellung von Leitungsdraht hängt, wie neueste Unter-

Stoffe, wie z. B. des Magnesiums oder des Lithiums, wesentlich gesteigert werden kann. Sollte es gelingen, diese der Stahlhärtung verwandten Vorgänge voll aufzuklären, so erscheint eine weitere Steigerung der mechanischen Werte der Leichtmetalllegierungen nicht ausgeschlossen. Die Lösung dieses Problems stellt deshalb eine der wichtigsten Aufgaben der heutigen Metallforschung dar.

Durch welche Methoden werden diese Eigenschaften nun geprüft und ihre Werte bestimmt?

Die Methoden müssen eindeutig und dem Verwendungszweck angepaßt sein. Im Laboratorium müssen sie es ermöglichen, an kleinen Probekörpern den Einfluß der einzelnen Faktoren in den Versuchsreihen festzustellen. Im Betriebe müssen sie in schneller und bequemer Weise erkennen lassen, ob die zur Ablieferung bestimmten Fabrikate auch tatsächlich die garantierten Werte besitzen.

Wegen der außerordentlichen Bedeutung, die das Gefüge für die Eigenschaften besitzt, kann man umgekehrt häufig auch von dem Gefüge auf die Güte des Materials schließen. Die genaue metallographische Beobachtung des Gefüges durch Herstellung geätzter Schliffe wird deshalb auch für die Prüfung herangezogen. Die Fig. 10 möge die Feinheit dieser Methode zeigen.

Die Figur gibt in 2000facher Vergrößerung das Gefüge einer veredelbaren Aluminium-Kupferlegierung wieder. Der Einfluß des Ausglühens ist an der Ausscheidung eines neuen Bestandteiles, einer Aluminium-Kupferverbindung, deutlich erkennbar.

In den letzten Jahren ist die Untersuchung des Gefüges mittels Röntgenstrahlen neu hinzugekommen. Da sich in diesem Kreise sicherlich Viele befinden, die infolge ihres ärztlichen Berufes Interesse dafür haben, wie bei den Metallen die Diagnose mittels Röntgenstrahlen gestellt wird, so möchte ich in der Fig. 11 die Besonderheiten der zur Verwendung gelangenden Apparatur zeigen.

Die Erzeugung des hochgespannten Gleichstromes erfolgt in der üblichen Weise. Dagegen wird im allgemeinen häufiger mit Strahlen von nur einer Wellenlänge gearbeitet. Auch die Röhren sind für die meisten Zwecke verschieden von denen, die in der Medizin zur Anwendung gelangen. Die Figur zeigt ein solches aus Metall gebautes Rohr. Um dauernd das für den Betrieb nötige Vakuum zu halten, ist das Rohr an eine Hochvakuumpumpe angeschlossen. Ein feines Regulierventil gestattet, Luft einzulassen, um die jeweils gewünschte, genaue Vakuumhöhe einzustellen. Die Strahlen treten durch dünne Metallfenster aus und

treffen das zu untersuchende Objekt, das entweder in der Achse einer zylindrischen Filmkamera oder einer photographischen Platte gegenüber angeordnet ist.

Der gesetzmäßige kristallographische Aufbau der Krystallkörper bedingt das Auftreten von Interferenzerscheinungen des einfallenden Röntgenlichtes, dieselbe Erscheinung, wie sie für sichtbares Licht seit langem bekannt ist. Wie eine solche Röntgenaufnahme aussieht und wie sie in der Lage ist, Unterschiede klarzulegen, die mit

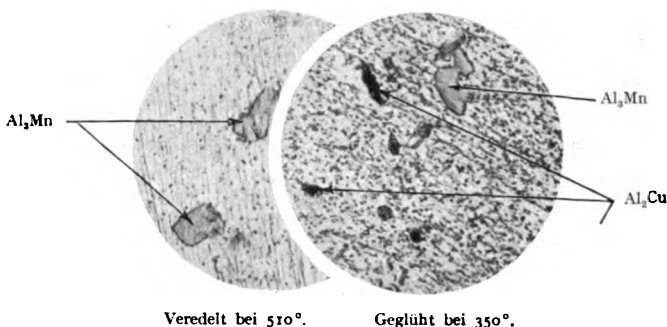


Fig. 10. Vergütbare Aluminium-Kupfer-Legierung.
2000fache Vergr.

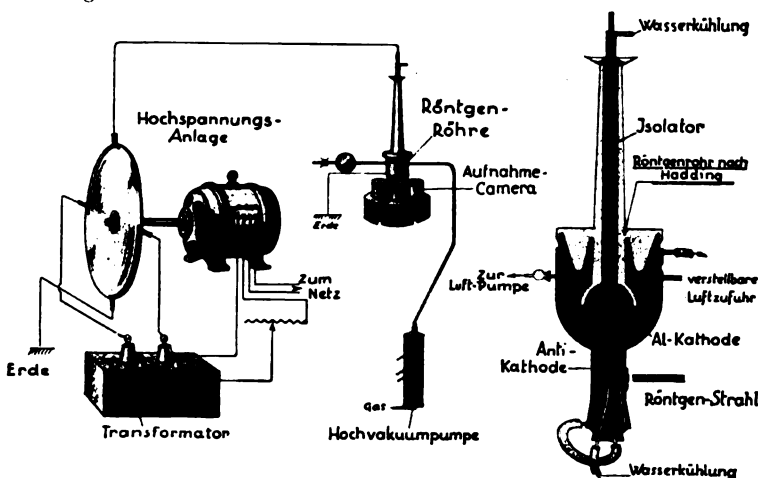


Fig. 11. Schematische Darstellung einer Röntgeneinrichtung für Metalluntersuchung.

der metallographischen Methode auch bei stärkster Vergrößerung nicht nachweisbar sind, zeigt die Fig. 12.

Dargestellt ist das Röntgenbild und das Gefüge eines kalt gezogenen Kupferdrahtes. Die Mittelpunkt der Röntgenaufnahmen stellen die abgedeckten Auftreffpunkte der unabgelenkten Strahlen dar, die dünnen Schwärzungen rühren von den durch die Krystalle gebeugten Strahlen her. Die Vergrößerung bei den Mikroaufnahmen beträgt das ca. 500fache. Ein Unterschied zwischen dem Gefüge der Rand- und der Kernzone ist trotz dieser Vergrößerung nicht wahrnehmbar. Auch

die stärkste heute zur Verfügung stehende Vergrößerung würde einen solchen nicht hervortreten lassen. Einen ganz krassen Unterschied zeigen dagegen die beiden Röntgenbilder. Entsprechend diesem Unterschied ist auch in der Festigkeit der beiden Zonen eine deutliche Differenz. Und zwar ist die Festigkeit der Kernzone infolge der stärkeren Knetung die höhere.

Trotz der verhältnismäßig kurzen Zeit ihrer Anwendung hat die Untersuchung des Gefüge-

außerordentlichen Einfluß, den kleinste Zusätze auszuüben vermögen, ist es hier häufig vorgekommen, daß erst neue chemisch-analytische Methoden geschaffen werden mußten, um im Laboratorium Klarheit zu gewinnen und im Betriebe Gewähr für einwandfreie Herstellung leisten zu können. Auch heute gibt es noch verschiedene Fälle, wo die chemische Analyse nicht voll befriedigt. Vielleicht sind hier die optischen Methoden der Spektralanalyse und der ultravioletten Strahlen dazu berufen, einen Fortschritt zu bringen.

Bei der eigentlichen Feststellung der mechanischen Eigenschaften ist das Bestreben, diese Prüfung auch schon im Laboratorium möglichst unter den Bedingungen der Praxis vorzunehmen, unverkennbar. Zwei erst kürzlich ausgearbeitete Prüfungsmethoden, von denen die ersten Resultate jetzt vorliegen, scheinen in dieser Richtung einen großen Fortschritt zu bedeuten.

Für die Feststellung der mechanischen Werte diene und dient noch heute allgemein das Zerreißen eines Probestabes. Dieses Zerreißen findet in einer Zeitspanne statt, die zwischen einer halben und mehreren Minuten schwankt. Diese Methode entspricht also weder der statischen Belastung,

das heißt der Beanspruchung durch eine ruhende Dauerlast, noch der dynamischen Belastung, das heißt der Beanspruchung durch eine plötzliche Überlastung oder durch dauernd wechselnde Kräfte. Die neuen Methoden sollen sie nach der einen wie nach der anderen Seite ergänzen.

Die neue Methode für statische Belastungsprüfung zeigt die Fig. 13.

Kleine Probestäbe von genau bestimmter Länge und Durchmesser werden durch ein gleichbleibendes Gewicht dauernd belastet. Mittels Spiegelablesung und starker Vergrößerung, die eine genaue Messung bis zu einem zehntausendstel Millimeter gestattet, wird zuerst stundenweise, dann in längeren Zeitabschnitten, die Verlängerung des Stabes festgestellt. Die Fig. 14 zeigt in Diagrammform das Resultat einer solchen Prüfung an einer hochwertigen, gekneteten Aluminiumlegierung.

Die Punkte der oberen Kurven sind das Ergebnis einer Dauerbelastung, wie sie der nach der Zerreißmethode festgestellten Streckgrenze entsprechen würde. Die unteren Kurven ergaben sich bei einer Belastung, die der nach derselben Methode festgestellten statischen Elastizitätsgrenze entspricht. Man sieht klar und deutlich, daß bei einer Belastung entsprechend der Streckgrenze auch nach 6 Monaten noch keine stabile Endlänge erreicht ist. Bei einer Belastung dagegen, die nicht über diejenige der statischen Elastizitätsgrenze hinausgeht, ist selbst im ersten Augenblick keine Verlängerung nachweisbar.

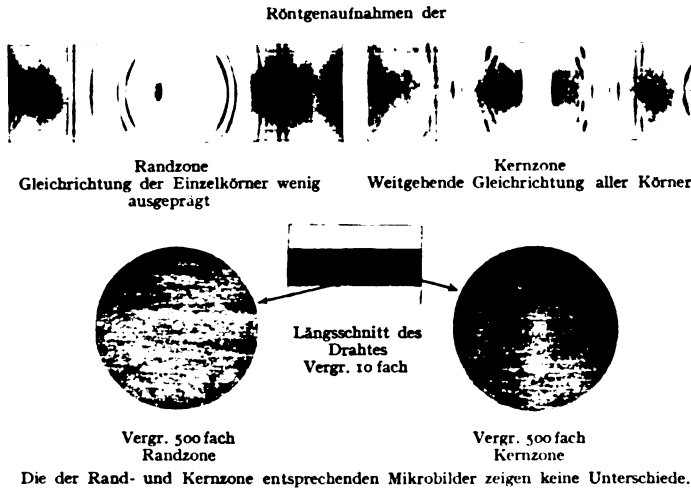


Fig. 12. Faserstruktur eines harten Cu-Drahtes.

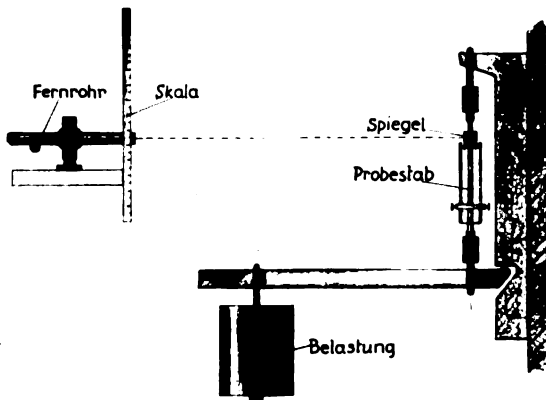


Fig. 13. Belastungsvorrichtung für Dauerversuche. (Nach G. WELTER.) Ablesung mit MARTENS-Spiegel.

aufbaues mittels Röntgenstrahlen schon mehrere wertvolle neue Aufschlüsse gebracht. Die Erwartung ist berechtigt, daß diese Methode an erster Stelle dazu berufen ist, die Gesetze der Zustandsänderungen der Krystallmaterie aufzudecken und so uns zu helfen, den Kreislauf von Krystallisation und Rekristallisation immer vollkommener zu beherrschen.

Eine Vorstufe für die Prüfung der mechanischen Eigenschaften bildet die Feststellung des Reinheitsgrades bei den Metallen und der richtigen Zusammensetzung bei den Legierungen. Bei dem

Die neue Prüfungsmethode zur Feststellung des Widerstandes gegenüber dynamischer Belastung bedient sich eines Pendelschlagwerkes, wie es die Fig. 15 zeigt.

Gegen den horizontal gelagerten Probestab wird ein an einem Arm frei pendelndes Gewicht aus verschiedenen Abständen schwingen gelassen. Beim Auftreffen auf den Stab ist also von diesem eine ganz bestimmte Schlagarbeit aufzunehmen. Diejenige höchste Schlagarbeit, die der Stab, ohne eine bleibende Biegung zu erleiden, aufzunehmen vermag, wird dann als dynamische Elastizitätsgrenze bezeichnet. Die Resultate dieser Methode stimmen gut überein mit denjenigen der bisher üblichen Methode der Dauerschlagversuche. Voraussetzung ist jedoch, daß diejenige Schlagarbeit des Dauerschlagversuches zum Vergleich herangezogen wird, bei welcher selbst nach einer sehr großen Anzahl von Schlägen ein Bruch des Stabes gerade nicht mehr eintritt. Die Fig. 16 zeigt die Resultate beider Methoden an gewalztem Stahl, an einer hochwertigen gekneteten Aluminium-Kupferlegierung und an Glas.

Die aufgenommene Schlagarbeit, ohne daß beim Dauerschlagversuch ein Bruch, beim Pendelschlagversuch eine bleibende Durchbiegung des Stabes eintritt, ist in beiden Fällen die gleiche. Glas, bei dem als äußerst sprödem Körper Bruchgrenze und Elastizitätsgrenze fast zusammenfallen, hält beim Dauerschlagversuch mit Schlagarbeiten unter der dynamischen Elastizitätsgrenze unbegrenzt. Bei einer Beanspruchung oberhalb der Elastizitätsgrenze geht es jedoch schon beim ersten Schlag zu Bruch.

Der Vorteil dieser neuen Prüfungsmethode liegt darin, daß ihr Resultat sofort vorliegt, während die Durchführung des Dauerschlagversuches erheblichen Zeitaufwand erfordert.

Auch bei der Bestimmung der Korrosionsbeständigkeit geht das Bestreben dahin, die Laboratoriumsprüfung schon möglichst unter den tatsächlichen Verhältnissen der Praxis vorzunehmen. Eine neue Methode auf diesem Gebiete wählt flache Probekörper, von denen eine große Anzahl in einer Glaskammer bei der in Frage kommenden Temperatur dauernd Nebeln und Dämpfen derjenigen Substanzen ausgesetzt ist, denen das Material in der Praxis standzuhalten hat. Die in Fig. 8 wiedergegebenen Probekörper sind dieser Prüfungsmethode unterworfen gewesen. In Monatsabständen werden an je einem Probekörper die mechanischen Eigenschaften festgestellt. Man erhält so Werte, die einen Anhalt dafür geben, wie die Festigkeit des betreffenden Materials mit der Zeit abnimmt. Die Fig. 17 zeigt die Photographie einer solchen Korrosionsversuchskammer.

Betrachtet man zusammenfassend diese Arbeitsmethoden der modernen Metallkunde, so zeigt sich, daß sie gleichermaßen auf den Grundlagen der Physik wie der Chemie fußen. Ein Fortschritt auf diesen beiden Gebieten wird also indirekt auch der Metallkunde zugute kommen. Auf der anderen Seite bilden aber auch für jeden, der erfolgreich in der Metallkunde arbeiten will, die Lehren der Physik wie der Chemie und insbesondere die-

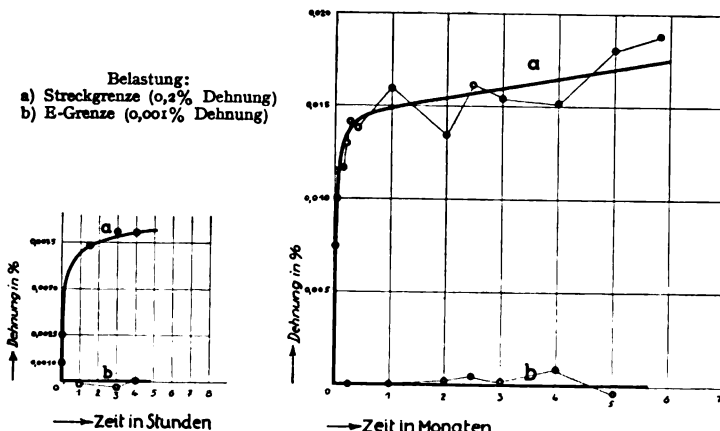


Fig. 14. Dauerbelastung mit Feinmessung. (Nach G. WELTER).
Material: Vergütete Al-Legierung.

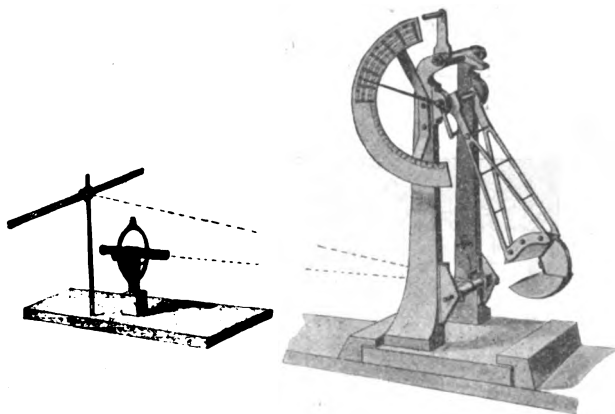


Fig. 15. Pendelschlagwerk für dynamische Festigkeitsprüfung. (Nach G. WELTER.)

jenigen der aus beiden entstandenen physikalischen Chemie das wichtigste Rüstzeug.

Ich habe nun doch die Befürchtung, daß meine letzten Ausführungen vielleicht allgemein nicht voll verständlich gewesen sind. Ich möchte deshalb einige dieser Vorgänge durch Vorführung kinematographischer Aufnahmen erläutern. Es leitet mich hierbei gleichzeitig die Absicht, zu zeigen, welch ein ausgezeichnetes Beobachtungs- und Darstellungsmittel der modernen Forschung in der Kinematographie zur Verfügung steht.

Der Film zeigt an Beispielen:

Feinlegierung,
Rekrystallisation,

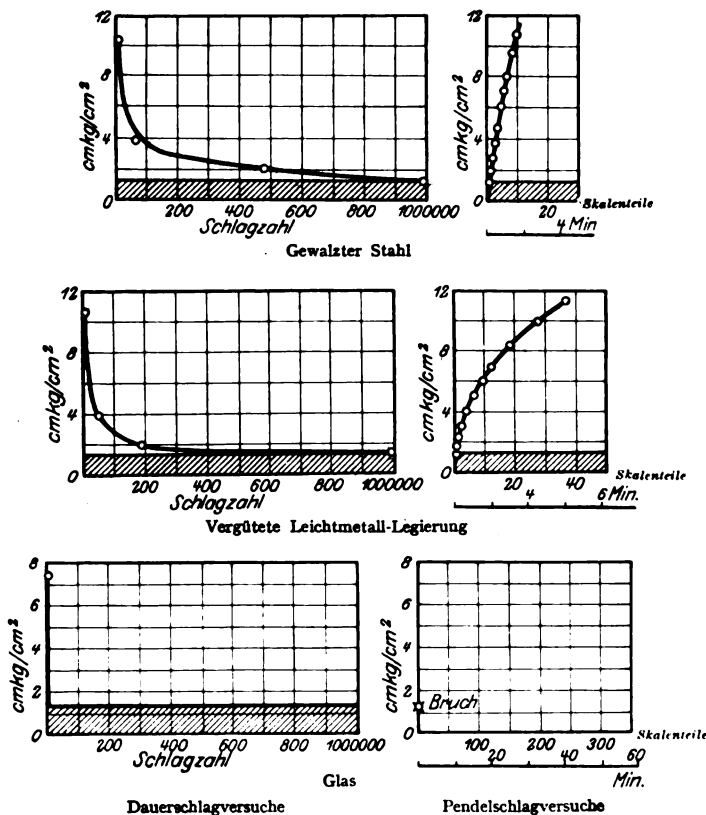


Fig. 16. Dynamische Festigkeitsprüfung.

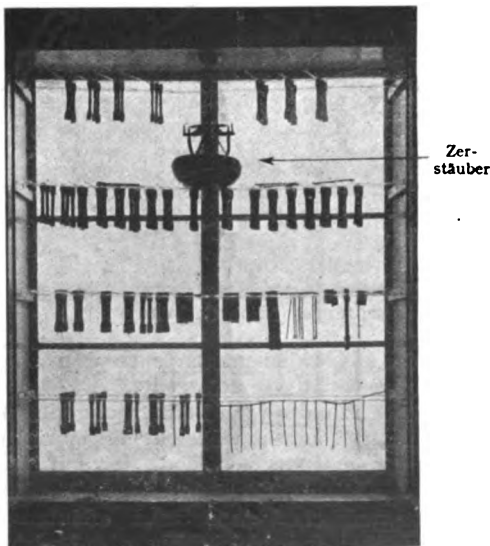


Fig. 17. Glaskammer für Korrosionsversuche.

Veredelung durch Kornhärtung,
Veredelung durch Kornverfeinerung,
Dynamischer Schlagversuch,
Einfluß der Gießtemperatur auf
das Gefüge,
Fließvorgang beim Pressen.

Will man ein kurz zusammenfassendes Urteil über den Wert der wissenschaftlichen Arbeit im Rahmen der modernen Metalltechnik abgeben, so kann dieses nur dahin lauten, daß die Wissenschaft für die Weiterentwicklung der Nichteisenmetalle, insbesondere aber für die Entwicklung der Leichtmetalle Erhebliches geleistet hat.

Wenn der Erfolg in der Praxis nicht immer dem Erhofften und dem Aufwand an Arbeit entsprochen hat, so ist dieses oft darin begründet gewesen, daß der Betrieb nicht immer ohne weiteres in der Lage war, die von den Laboratorien für den Erfolg als maßgeblich erkannten Fabrikationsbedingungen fein genug einhalten zu können. Hier kann nur laufende Fabrikationserfahrung und die feste Überzeugung des Betriebes von dem Werte der Laboratoriumsarbeit und ein hierdurch hervorgerufenes inniges Zusammenarbeiten helfen.

Daß sich Betriebsvorgänge im Laboratorium reproduzieren und aufklären lassen, das haben, glaube ich, gerade die beiden letzten Filmabschnitte eindeutig gezeigt. Dasselbe gilt aber umgekehrt ebenso für die Ausarbeitung neuer Stoffe und neuer Verfahren im Laboratorium in bezug auf ihre Reproduzierbarkeit in der Praxis. Voraussetzung ist nur, daß die Aufgabe richtig, und zwar auch wirtschaftlich richtig gestellt ist, und daß die Versuchsbedingungen soweit wie irgendmöglich denen des praktischen Betriebes angepaßt werden. Es bleibt dem Großversuch in der Praxis dann meist nur noch die Feststellung der geeignetsten Apparate und ihrer Baustoffe vorbehalten.

Diese Würdigung des Kleinexperiments mit systematischer Steigerung der Versuchsgröße ist nun leider in der Industrie durchaus noch nicht so allgemein, wie sie es verdiente. Trotzdem bin ich davon überzeugt, daß gerade diese Art der Zusammenarbeit zwischen der Technik und der wissenschaftlichen Forschung eines der bedeutsamsten Mittel ist, um den Vorsprung wieder einzuholen, den insbesondere Amerika, ungehemmt durch innere Krieger- und Inflationssorgen, auf manchem Gebiete der Technik gewonnen hat.

Stand der Chemotherapie.

Von B. NOCHT, Hamburg.

Der wiederholten ehrenvollen Aufforderung, an dieser Stelle über den jetzigen Stand der Chemotherapie zu berichten, bin ich nicht ohne Bedenken gefolgt. Denn ich habe mich mit dieser neuen Wissenschaft nur als Kliniker, und auch da in der Hauptsache nur auf dem Gebiete der Tropenkrankheiten, und nicht experimentell und theoretisch beschäftigt. Infolgedessen werde ich auch hier auf die experimentelle und theoretische Seite dieser Wissenschaft nur oberflächlich eingehen können.

In der Heilkunst gibt es zwei Richtungen. Die eine ist bestrebt, die Symptome der Krankheit zu beeinflussen, ihre schädlichen Wirkungen abzuschwächen; die andere will die Ursachen der Krankheit beseitigen. Die ältere Richtung ist die symptomatische Therapie; die kausale oder ätiotrope Therapie als Wissenschaft ist noch jungen Datums, wenn auch schon die alten Ärzte, insbesondere PARACELsus, es als Ziel der Heilkunde hinstellten, „Arcana“-Mittel gegen die Ursachen der Krankheiten zu finden. In der ätiotropen Therapie haben die auf die Ursachen der *Infektionskrankheiten* gerichteten Heilbestrebungen die größten Fortschritte aufzuweisen. Die Erfolge, die in der Abtötung der in den Körper eingedrungenen pathogenen Mikroorganismen, in der Verhinderung ihrer Vermehrung oder in der Unterdrückung und Beseitigung ihrer schädlichen Wirkungen erzielt worden sind, wurden zunächst erreicht durch die *Serumtherapie*. Aber nicht bei allen Infektionskrankheiten werden Schutz- und Heilstoffe, die ins Serum übergehen und mit Erfolg auf andere Individuen übertragen werden können, gefunden. Sie fehlen oder werden nur in ungenügenden Mengen gebildet bei den meisten Protozoenkrankheiten, d. h. bei den Infektionskrankheiten, die durch Mikroorganismen hervorgerufen werden, die wir den einzelligen tierischen Lebewesen zurechnen. Wir brauchen also eine Ergänzung der Serumtherapie, und diese ist von dem großen Meister PAUL EHRLICH in der Chemotherapie bewußt gesucht und gefunden worden.

Wir verstehen also unter Chemotherapie nicht die allgemeine Therapie mit chemischen, künstlich dargestellten Mitteln im Gegensatz zu den von der Natur uns in Pflanzen und anderen Dingen dargebotenen Heilmitteln. Eine solche Chemotherapie wäre nichts Neues, da die Verwendung von Chemikalien, z. B. von Arsen und Quecksilberverbindungen und anderen, bis ins Altertum zurückreicht. Ich trage aber auch Bedenken, die Chinintherapie der Malaria oder die Emetintherapie der Amöbenruhr eine Chemotherapie zu nennen. Zwar handelt es sich zweifellos in beiden Fällen um eine spezifische ätiotrope, auf die Ursachen der Krankheiten gerichtete Therapie, aber beide Alkaloide werden uns fertig von der Natur geboten,

synthetisch konnten sie bis jetzt noch nicht dargestellt werden. Nur die durch chemische Eingriffe vorgenommenen *Änderungen* therapeutisch wirksamer Pflanzenstoffe gehören in das Gebiet der Chemotherapie, aber natürlich auch nur dann, wenn es sich dabei um Körper handelt, die die Ursache der Krankheit treffen. Wir müssen, um die Grenzen zwischen Chemotherapie im Sinne ihres Schöpfers, PAUL EHRLICH, und der allgemeinen Mitwirkung der Chemie bei Ausbau der Pharmazie und Therapie zu ziehen, daran festhalten, daß die Chemotherapie eine *parasitotrope* Therapie mit chemischen, künstlich gefundenen Mitteln ist. Wenn man nur die Endwirkung dieser Mittel ins Auge faßt, kann man sie auch als eine „innere Desinfektion“ durch chemische Mittel bezeichnen. Indessen würde dies nur für einen Teil chemotherapeutischer Körper Gültigkeit haben, nämlich für solche, die die Parasiten im Körper direkt abtöten. Aber auch die *Art* dieser Wirkung unterscheidet sich von der äußerer Desinfektionsmittel, denn bei diesen ist die Desinfektion die Folge einer allgemeinen Giftwirkung auf lebende Zellen überhaupt, mögen es pathogene Mikroorganismen oder Körperzellen sein. Das Ziel der Chemotherapie ist das Auffinden und die Darstellung chemischer Körper, die im *Organismus* eine spezifische *elektive* Wirkung nur auf die parasitierenden Mikroorganismen ausüben, den Körperzellen und Körpersäften aber möglichst wenig schaden. Je giftiger ein chemischer Körper sich im Organismus für gewisse Parasiten erweist und je ungiftiger er für den infizierten Organismus selbst ist, desto günstiger ist sein „therapeutischer Index“, desto brauchbarer ist er für Heilzwecke. Das Ideal solcher spezifischer Bindung an Parasiten bei möglicher Indifferenz gegen die Körperzellen verglich EHRLICH mit Zauberkugeln, die ausschließlich ihren Feind, die Parasiten, unfehlbar treffen.

Den Mechanismus chemotherapeutischer Wirkung stellte sich der genannte Schöpfer dieser Wissenschaft so vor, daß es im Organismus zu einer Verbindung gewisser Haftgruppen — haptophorer — Gruppen des chemotherapeutischen Agens mit gewissen chemischen Bestandteilen der Parasitenzellen, Chemoceptoren genannt, käme. Diese Bindung allein brauche allerdings noch nicht schädlich für den Parasiten zu sein, aber sie bringe das Mittel dorthin, wo das Heilprinzip wirken soll. Dies Prinzip selbst ist eine für die Parasiten giftige toxophore Gruppe, die an die Haftgruppe angeschlossen ist und dadurch an die Parasiten herangelangt, dort „fixiert“ wird. „Corpora non agunt nis fixata“ war der Grundsatz EHRLICHs. Oft spielt noch eine dritte Gruppe in dem Mittel eine Rolle als Verbindungsglied zwischen haptophorer und toxophorer Gruppe.

EHRlich pflegte daher seine Heilmittel mit einem Pfeil zu vergleichen, wobei die Haftgruppe die Spitze des Pfeiles, das Bindeglied den Schaft und die Giftgruppe das am Schaft angebrachte Pfeilgift darstelle.

Diese Vorstellung von chemotherapeutischer Wirkung hat sich heuristisch als äußerst fruchtbar erwiesen; sicher nachgewiesen ist sie aber nur bei einer kleinen Anzahl chemotherapeutischer Agentien; bei vielen anderen bewährten Arzneikörpern dieser Art ist die Wirkungsweise noch nicht geklärt. Einige davon wirken wahrscheinlich lediglich als Reizstoffe, indem sie die eigenen Abwehrstoffe des kranken Organismus aktivieren und vermehren. Spezifisch ist diese Reizwirkung dann, wenn sie nur bestimmten Chemotherapeutica für bestimmte Krankheiten zukommt. Bei manchen Chemotherapeutica kommt diese Reizwirkung allerdings dadurch zustande, daß zunächst ein gewisser Teil der Mikroorganismen im Körper abgetötet wird, die endgültige Heilwirkung besorgen dann die durch die abgetöteten Mikroorganismen in größerer Menge gebildeten Abwehrkörper, Schutzstoffe, Antikörper. EHRlich nannte diese Stimulierung der Antikörperbildung einen „Ictus immunisatorius“; in anderen Fällen, z. B. bei dem berühmten Schlafkrankheitsmittel „Bayer 205“ oder „Germanin“ kommt es nach der Angabe von ROEHL zwar zur Bindung gewisser Gruppen des Mittels, der Sulfosäuren mit basischen Zellbestandteilen der Krankheitskeime; es fehlt dem „Bayer 205“ aber die toxophore Gruppe. Der Parasit wird durch die Bindung nicht getötet. Die Bindung ist aber von sehr langer Dauer, und dadurch wird der Parasit in seinem Stoffwechsel behindert, seine Kernteilung und Vermehrung ist aufgehoben, wie MAYER durch mikroskopische Untersuchungen festgestellt hat. ROEHL vergleicht ein solches an „Bayer 205“ gebundenes Trypanosoma — so heißen die Erreger der afrikanischen Schlafkrankheit — mit einem Vogel, der sich auf eine Leimrute gesetzt hat und nicht mehr davon loskommt und deshalb schließlich seinen natürlichen Feinden, hier den Abwehrkräften des Körpers, zum Opfer fällt. Endlich kommt die Bildung komplexer Körper im behandelten Organismus selbst durch Zusammentritt des eingeführten Chemotherapeutikums mit Körpersubstanzen oder eine sonstige Umbildung des Mittels im Körper überhaupt in Frage. Erst diese im Körper gebildeten Substanzen beeinflussen die Parasiten. In solchen Fällen ist es ohne weiteres verständlich, daß man keine Abtötung der Parasiten im Reagensglas durch das Chemotherapeutikum beobachtet. Sie wird aber auch unter Umständen in Fällen, in denen man eine direkte Einwirkung auf die Parasiten im Organismus anzunehmen berechtigt ist, im Reagensglas vermißt. Das liegt häufig daran, daß es sich bei der parasitotropen Wirkung im infizierten Organismus um außerordentlich feine Veränderungen der Parasiten handelt, die weder morphologisch noch als

Beeinträchtigung der Bewegungsfreiheit der Parasiten in die Erscheinung treten. Spironemen und Trypanosomen z. B., die im Reagensglas mit gewissen im Körper kräftig wirkenden Arsenikalien behandelt worden sind, bleiben dabei bei denselben Dosen, wie sie im Körper wirken, anscheinend völlig unbeschädigt. Aber es gelingt nicht mehr, andere Tiere mit so behandelten Parasiten zu infizieren, auch wenn man sie energisch ausgewaschen hat, so daß bei der nachfolgenden Infektion höchstens noch Spuren des Mittels mitübertragen werden konnten. In anderen Fällen ist der Grund der Unwirksamkeit des Mittels im Reagensglas wahrscheinlich darin zu suchen, daß die Parasiten außerhalb des Körpers im Reagensglas eine Vita minima führen, bei der Stoffwechselvorgänge und chemische Bindungen mit außerhalb des Parasiten befindlichen Substanzen auf ein Minimum beschränkt sind, sie werden aber bei der Einführung der Parasiten in einen neuen Organismus wieder neubelebt. So könnte man sich z. B. die Tatsache erklären, daß Chinin und Chininderivate im Reagensglas Malaria-parasiten in entnommenem Malariablut noch in einer Konzentration von 1 : 5000 bei mehrstündiger Einwirkung nicht wesentlich schädigen. Man kann, wie MÜHLENS gezeigt hat, mit solchem Blut noch Infektionen erzielen. Damit würde auch die mehrfach gemachte Beobachtung zusammenstimmen, daß manche Mikroorganismen im Tierkörper um so leichter chemotherapeutisch zu beeinflussen sind, je virulenter der betreffende Stamm ist, d. h. je größer seine Vermehrungsintensität und Vitalität überhaupt im Körper ist.

Es ist bis jetzt noch nicht gelungen, allgemein gültige Aufschlüsse über den Zusammenhang zwischen der Konstitution chemotherapeutisch wirksamer Körper und der Art ihrer Wirkung zu erhalten. Nur wenige Richtlinien, die nur für einzelne Verbindungen und bestimmte Infektionskeime gelten, sind bisher gefunden worden. Allgemeineren Regeln lassen sich daraus noch nicht ableiten. Man ist auf Ausprobieren durch experimentelle Tierbeobachtungen angewiesen; das letzte Wort hat der Kliniker zu sprechen.

Viele Chemotherapeutica haben einen mehr oder weniger weiten Streukugel, d. h. sie entfalten ihre Wirkung nicht bloß gegen eine Art von Mikroorganismen, sondern gegen mehrere, nicht bloß verwandte, sondern auch heterogene. Nach EHRlichs Ansicht haben diese Mikroorganismen zufällig unter ihren vielen Chemoceptoren einen Chemoceptor gemeinschaftlich, der mit dem betreffenden Mittel sich verbindet. So wirken die Arsenbenzole auf Protozoen, wie Trypanosomen und Malaria-parasiten, auf Spirochäten, wie die Erreger der Syphilis und des Rückfallfiebers und anderer Infektionen, auf pathogene Bakterien wie Milzbrand und bei Krankheiten, deren Erreger noch nicht gefunden sind und zu den invisiblen Mikroorganismen gehören. Nach längerem Gebrauch vieler parasitotroper Körper zeigt sich eine Abschwächung ihrer Wirkung, die sich bis zu einer

völligen Arzneifestigkeit der vorher empfindlichen Mikroorganismen steigern kann. Diese Arzneifestigkeit bleibt dann eine dauernde Eigenschaft des betreffenden Stammes, die auch bei der Übertragung auf andere Tiere erhalten bleibt. Bei einigen Protozoen erlischt sie bei der Passage arzneifester Stämme durch diejenigen Insektenarten, die als Überträger der Mikroorganismen in Betracht kommen. EHRLICH erklärte den Vorgang des Arzneifestwerdens durch das Einziehen, Verschwinden des Chemoceptors der betreffenden Parasiten, so daß also die haptophore Gruppe des komplexen chemischen Körpers keine Bindung mehr mit dem pathogenen Mikroorganismus eingehen kann. Ob diese Erklärung überall zutrifft, dürfte zweifelhaft sein; in manchen Fällen liegt die Annahme einer Auslese und Entwicklung eines arzneifesten Stammes aus einzelnen von vornherein resistenten, übrigegebliebenen Mikroorganismen näher.

Sehr wirksam hat sich unter Umständen die Kombinationstherapie erwiesen, einmal die Verbindung an und für sich schon parasitotroper organischer Arzneikörper mit wirksamen Metallen. Ein solcher Körper ist z. B. das Silbersalvarsan, das dem Salvarsan nach manchen Richtungen überlegen ist, zum anderen durch gleichzeitige oder abwechselnde Anwendung zweier Arzneikörper, z. B. von Antimon und Germanin bei der Schlafkrankheit, Wismut und Salvarsan bei der Syphilis oder Salvarsan und Chinin oder Methylenblau und Chinin bei gewissen Formen der Malaria.

Wenn ich nun nach dieser summarischen Übersicht über allgemeine Fragen der Chemotherapie auf ihre jetzigen Leistungen im besonderen eingehen soll, so kann ich auch dabei nur summarisch verfahren. Die Zahl chemotherapeutischer Mittel und ihr Anwendungsgebiet ist ungeheuer groß, die Literatur kaum zu übersehen.

Ich beginne mit der Chemotherapie der bakteriellen Infektionen. Wir können da für unsere Zwecke 3 Gruppen unterscheiden, nämlich:

1. die septischen Infektionen mit Strepto- und Staphylokokken,
2. die Pneumokokkeninfektionen,
3. eine Anzahl anderer bakterieller Infektionen.

Die chemotherapeutische Behandlung septischer Infektionen mit und ohne äußere Wunden, von denen die Infektion ausgegangen ist, hat man mit sehr vielen Mitteln und auf verschiedensten Wegen versucht. Zunächst von der Vorstellung der „inneren Desinfektion“ ausgehend, durch intravenöse Injektion von Metallverbindungen, namentlich Silberpräparaten. Schon vor 30 Jahren hat CREDÉ kolloidale Silberpräparate bei der Behandlung septischer Prozesse angewandt. Von diesen kolloiden Metallverbindungen gibt es jetzt eine große Anzahl. Neuerdings werden sie hauptsächlich in Kombination mit Anilinfarbstoffen, mit Methylenblau, Fluorescein (Argochrom und Mercurochrom) und Akridinfarbstoffen (Argoflavin) angewandt. Diese Präparate scheinen in der Tat et-

was zuverlässiger als Metallverbindungen oder Anilinstoffe, wie Methylenblau oder Trypaflavin allein zu wirken, im ganzen ist man wohl zu dem Urteil berechtigt, daß diese Art der Chemotherapie noch sehr verbesserungsfähig ist. Die Chemotherapie der septischen Prozesse, einschließlich der Endokarditis, gleicht noch einem Lotteriespiel mit recht vielen Nieten. Das gilt auch von der Anwendung von gewissen Jodpräparaten. Ob es sich bei all diesen Chemotherapeutica überhaupt um eine direkte ätiotrope Wirkung handelt, ist sehr ungewiß. Neuere Untersuchungen machen eine Reizwirkung auf den reticuloendothelialen und den lymphatischen Apparat, die dem Körper die Überwindung der Infektion erleichtert, wahrscheinlicher. Mit der lokalen Anwendung von Anilinfarbstoffen, wie Methylenblau oder Gentianaviolett auf *äußere*, septisch infizierte Wunden ist man in Amerika, bei uns mit dem von MORGENROTH in die Therapie eingeführten Rivanol, ein Akridinderivat, sehr zufrieden.

Für die Pneumokokkeninfektionen hat MORGENROTH in einigen Chininderivaten, namentlich im Äthylhydrocuprein, von ihm Optochin getauft, Mittel gefunden, die sich im Beginn von Lungenentzündungen und bei Pneumokokkenmeningitis bewährt haben. Indessen gefährdet das Optochin bei unvorsichtiger Anwendung das Sehvermögen. Die weiteren MORGENROTHschen Chininderivate, das Eucupin und Vuzin, haben sich nicht bloß bei Infektionen mit Pneumokokken, sondern auch bei Streptokokken- und Staphylokokkeninfektionen als äußere Mittel in der Augen- und chirurgischen Praxis vortrefflich eingeführt. Auch bei innerer Anwendung gegen septische Infektionen sind gelegentlich Erfolge erzielt worden. Diese MORGENROTHschen Präparate sind in zielbewußter langjähriger Arbeit gefunden worden. Sie töten in so hoher Verdünnung Eiter- und Pneumokokken, daß man diese direkte Wirkung wohl auch bei erfolgreicher innerlicher Anwendung mit in Rechnung setzen muß.

In der dritten Gruppe steht die Metalltherapie der Tuberkulose, die Behandlung der Lepra mit Derivaten des *Chaulmoograöls* und die Behandlung des *venerischen Granuloms* mit *Antimonpräparaten* im Vordergrund des Interesses. Die günstige Wirkung des Salvarsans beim Milzbrand habe ich schon erwähnt. In der Chemotherapie der Tuberkulose werden Gold- und Kupferpräparate augenblicklich am meisten angewandt. Das MÖLLGARDSche Sanocrysin, ein komplexes Goldpräparat, hat im Tierversuch ausgezeichnete Resultate ergeben. Nach anfangs enthusiastischer Beurteilung des Mittels für die menschliche Tuberkulose mehren sich aber jetzt die Stimmen, die ihm eine spezifische Wirkung absprechen und nur eine beschränkte Heilwirkung bei gewissen Formen der Tuberkulose anerkennen. Auch die Behandlung der Tuberkulose mit Kupferpräparaten läßt noch kein sicheres günstiges Urteil zu.

Die altbekannte Behandlung der Lepra mit

Chaulmoograöl konnte dadurch wesentlich wirksamer gestaltet werden, daß man Derivate dieses bei längerer Anwendung in der Tat heilkräftigen Mittels gefunden hat, die den Kranken in Form von Einspritzungen unter die Haut zugeführt werden können und besser und länger vertragen werden als das Einnehmen des Mittels. Das erste solche Präparat ist deutscher Herkunft, das Antileprol Bayer. Gelobt wird auch die von GRIESMA und KESSLER empfohlene Einspritzung einer Kombination von Arachisöl mit Chaulmoograöl. Von der Thymolbehandlung der Lepra ist es ganz still geworden. Sie hatte nur Scheinerfolge aufzuweisen.

Das einzige Beispiel einer durchaus zuverlässigen schnellen und glatten Heilwirkung eines chemischen Körpers gegen eine bakterielle Infektion sind die Antimonpräparate gegen das venerische Granulom, eine in exotischen Ländern ziemlich weitverbreitete Krankheit, die vorzugsweise an den Geschlechtsteilen phagedänische Hautgeschwüre verursacht, aber bei längerer Dauer der Infektion, wie THIERFELDER nachgewiesen hat, auch in den inneren Organen Metastasen macht. Es handelt sich bei dem Erreger dieser Krankheit um einen züchtbaren, eigenartigen Kapselbacillus, der sich im Gewebe als Zellschmarotzer ansiedelt und es zum Zerfall bringt. Über den Mechanismus der Wirkung intravenös injizierter Antimonpräparate gegen diese Infektion wissen wir noch nichts, sie wirken aber ganz zuverlässig.

Bei der Gruppe der innerlichen Pilzinfektionen ist die Heilwirkung von Jodpräparaten auf Aktinomykosen und Sporotrichosen ja seit langer Zeit bekannt. Die Jodwirkung ist dabei keine direkte parasitotrope, die Jodpräparate wirken indirekt durch Auflösung der Zellen der Infiltrate.

Das klassische Gebiet chemotherapeutischer Erfolge sind die Spirochätosen und Trypanosen; es erwiesen sich auch diese Infektionen von vornherein als ganz besonders geeignet zu solchen Studien. Als Versuchstiere genügen zunächst Mäuse, die in großen Mengen verwendet werden können und bei denen der Ablauf der unbeeinflussten Infektion nur sehr geringe Schwankungen zeigt, so daß auch schon schwache therapeutische Wirkungen gut zu erkennen sind. Anfangs experimentierte EHRLICH mit Anilinfarbstoffen, von denen er wußte, daß sie, ohne Schaden anzurichten, lange im Organismus verweilen. Sie dienten ihm als Lastwagen, der die giftigen Gruppen, mit denen er beladen wurde, an die Parasiten heranbringen sollte. Später wandte sich EHRLICH den Arsenikalien zu.

Es ist wohl aber eine Pflicht der Gerechtigkeit, auch bei dieser Gelegenheit festzustellen, daß die Wirksamkeit der Muttersubstanz des Salvarsans, auf der EHRLICH weitergebaut hat, nämlich des Atoxyls, gegen die Gruppe von Infektionen, zu denen die Syphilis gehört, die Spirochätosen und auch gegen die Trypanosen, zuerst von UHLENHUTH, gegen menschliche Schlafkrankheit zuerst von THOMAS geprüft und günstig befunden

wurde. EHRLICH klärte dann zunächst die bis dahin verkannte Konstitution des Atoxyls auf; dadurch wurde es ihm möglich, eine Reihe neuer Gruppen in diese Verbindung einzuführen, die teils eine Entgiftung gegen die Körperzellen, teils eine Steigerung der trypanoziden Wirkung herbeiführten. Diese Wege, auf denen dann EHRLICH zu seiner Großtat, der Erfindung des Salvarsans, gelangte, können hier nicht im einzelnen verfolgt werden. Ebensowenig kann ich wohl hier auf die Weiterentwicklung der Salvarsantherapie und die Chemotherapie der Syphilis überhaupt näher eingehen. Obwohl dem Salvarsan einige unbequeme Eigenschaften anhaften, die in seltenen Fällen sogar gefährlich werden können, hat die Syphilistherapie mit dem Salvarsan und seinen Derivaten Erfolge erzielt, die man früher nicht ahnen konnte. Die ganze Syphilistherapie und Forschung hat dadurch einen ungeheuer fruchtbaren Anstoß erhalten. Beachtenswerte Rivalen sind dem Präparat in dem Arsalyt und „Albert 102“ entstanden; eine sehr willkommene Ergänzung hat die Syphilistherapie durch die Einführung der Wismutverbindungen erfahren.

Auch gegen die Rückfallfieber haben sich die Arsenbenzole einschließlich des Arsalyts außerordentlich bewährt, besonders im Kriege und in den ersten Jahren danach, in den großen Recurrens-epidemien in Rußland, den Balkanländern und in der Türkei.

Die Erhaltung des Pferdebestandes unserer Armee im Kriege verdanken wir ganz wesentlich den in großem Maßstabe vorgenommenen prophylaktischen Einspritzungen von Salvarsan gegen die so sehr ansteckende Pferdebrustseuche. Die Heldenschar Lettow-Vorbeck's, die dem afrikanischen Rückfallfieber auf ihren Fahrten in hohem Grade ausgesetzt war, hat es nicht zum geringen Teil dem Salvarsan zu verdanken, daß sie kampffähig blieb. Auch gegen eine andere, in fast allen Tropengegenden weitverbreitete Volksseuche, die der Syphilis verwandt ist, die Frambösie, ist das Salvarsan von fast immer zuverlässiger Wirkung. Gelegentlich wird dabei in der Tat durch nur eine Einspritzung das Ideal der *Therapia magna sterilis*, das EHRLICH vorschwebte, erreicht.

In Frankreich und in den französischen Kolonien wird an Stelle des Salvarsans jetzt sehr viel das Stovarsol mit gutem Erfolge angewandt. Das Präparat wird eingenommen, nicht eingespritzt, wie die Salvarsane. Im übrigen ist es eine dem Salvarsan sehr nahestehende Arsinsäure, die zuerst von EHRLICH dargestellt und experimentell geprüft worden ist, ihre Wirkung hat ihn aber anscheinend damals noch nicht recht befriedigt. Das jetzt in Deutschland hergestellte entsprechende Präparat führt den Namen „Spirocid“.

Merkwürdigerweise versagen die Arsenobenzole und auch andere chemotherapeutische Agentien gegen die sog. Leptospireninfektionen, die WEILsche Krankheit und das gelbe Fieber.

Gegen die Trypanosomeninfektionen sind jetzt

außer den später zu besprechenden Antimonpräparaten hauptsächlich in Gebrauch das Atoxyl, das Germanin („Bayer 205“) und das Tryparsamid. Das Atoxyl hat keine Dauerwirkung. Es kommt dabei leicht zur Entwicklung einer Arsenfestigkeit, und das Mittel verursacht bei längerer unbedachter Anwendung in einem nicht unbedenklichen Prozentsatz Erblindung durch Schädigung des Sehnervs und andere Nervenschäden. Aber es hat den großen Vorteil, daß die Krankheitserreger nach jeweiliger Injektion des Mittels für längere Zeit aus dem peripheren Blut verschwinden. Damit sind die Kranken temporär für die Weiterverbreitung der Seuche unschädlich gemacht. Deshalb schätzte auch ROBERT KOCH das Atoxyl als wichtige Hilfswaffe bei der Bekämpfung der afrikanischen Schlafkrankheit, aber nur im Verein mit anderen Bekämpfungsmaßnahmen. Nach der Wegnahme unserer Kolonie Kamerun durch die Franzosen glaubten sie die Bekämpfung der Schlafkrankheit sich dort dadurch leichter machen zu können, daß sie eine allgemeine „Atoxylsterilisation“ der Kranken durchführen wollten. Wenige Ärzte sollten genügen, um mit einer größeren Anzahl farbiger Heilgehilfen in diesem ungeheuren Schlafkrankheitsgebiet alle Kranken herauszufinden, die dann etwa zwei Injektionen von Atoxyl im Jahre erhalten und dadurch für die Weiterverbreitung der Seuche temporär unschädlich gemacht werden sollten, ohne daß sie selber dadurch geheilt wurden. Man hat diese Methode jetzt ihrer schlechten Ergebnisse wegen aufgeben müssen, sie hat ungeheure Verluste gebracht, und die Schlafkrankheit hat enorm zugenommen. Jetzt will man endlich die Zahl der Ärzte erheblich vermehren und zur Heilbehandlung der Kranken übergehen. Man bedient sich dabei neben dem Atoxyl und dem Salvarsan in zunehmendem Maße des Tryparsamids, eines im Rockefeller-Institut dargestellten Derivats der Arsinsäure, die chemisch dem schon von EHRLICH als sehr wirksam erkannten Arsenophenylglycin nahesteht. Das Tryparsamid scheint in der Tat recht wirksam zu sein, namentlich auch bei schon älteren Infektionen, da es scheinbar die Meningen durchdringt, es hat aber, wie das Atoxyl, in einzelnen Fällen Erblindungen verursacht.

Das beste Mittel gegen die Trypanosen ist das Germanin („Bayer 205“), das von seinen Darstellern auf der Basis der EHRLICHschen Beobachtungen über Trypanrot und Trypanblau aufgebaut worden ist.

Die Beobachtungen über seine Wirkung bei den Tiertrypanosen sind allerdings noch nicht abgeschlossen. Es hat aber bei einigen, insbesondere bei der südamerikanischen Pferdekrankheit — Mal de Caderas — geradezu glänzende Erfolge ergeben, ebenso bei der Bekämpfung der jetzt seit einigen Jahren im Südosten Rußlands herrschenden Trypanose der Kamele. Professor ZEISS, ein früheres Mitglied des Hamburger Tropeninstituts, der die diesjährige, von den russischen Gesundheitsbehörden unternommene Expedition gegen diese Kamel-

seuche leitet, berichtet, daß in den letzten 3 Jahren dort rund 2400 Kamele infiziert befunden wurden und mit Germanin behandelt worden sind. Einzig dieser Behandlung sei es zu danken, daß die Kamelzucht und -wirtschaft im russischen Südosten, zumal bei den Kirgisen, gerettet und erhalten wurde. Auch über die Erfolge der Behandlung der Surra mit Germanin kommen jetzt aus Britisch-Indien sehr viel bessere Nachrichten als vorher aus Niederländisch-Indien, während die Erfahrungen über Germanin bei den afrikanischen Tiertrypanosen noch nicht abgeschlossen sind. Gegen die menschliche Schlafkrankheit wirkt es in allen frühen und noch nicht zu weit vorgeschrittenen Stadien schon nach wenigen Injektionen absolut zuverlässig. Für das Endstadium der afrikanischen Schlafkrankheit wissen wir überhaupt noch kein sicheres Heilmittel. Die Nebenwirkungen des Germanins sind gleich Null, gelegentlich beobachtet man eine schnell vorübergehende Albuminurie. Seine therapeutische und prophylaktische Wirkung wird jetzt von einer internationalen Kommission, bei der sich auch ein Deutscher, Professor KLEINE, befindet und die sich mit dem Studium der Schlafkrankheit nach den verschiedensten Richtungen beschäftigen soll, an Ort und Stelle weiter erforscht.

In den sehr seltenen Fällen, in denen sich eine Arzneifastigkeit bei dem Germanin einstellt, hilft die Antimonbehandlung, deren gute Wirkung gegen die Trypanosen schon 1907 von PLIMMER und THOMSON erkannt wurde, oder die Tryparsamidbehandlung weiter.

Die ätiotrop wirkenden Antimonpräparate haben einen recht großen Streuengel, der sich erfreulicherweise mit dem der Arsenikalien nur teilweise deckt. Von den Infektionen, die einer zuverlässigen Heilwirkung der Antimonpräparate unterliegen, habe ich das venerische Granulom schon erwähnt. Es kommen hinzu die Trypanosen einschließlich der menschlichen Schlafkrankheit und die Leishmania-Infektionen, sowohl die Hautleishmaniosen wie die Orientbeule und die südamerikanischen Haut- und Schleimhautleishmaniosen, wie auch die interne Leishmania-Krankheit, die sog. tropische Splenomegalie, die übrigens nicht auf die Tropen beschränkt ist, sondern z. B. auch in den Mittelmeerländern heimisch ist. In Spanien sind bisher ungefähr 1000 Fälle davon beobachtet worden, in Süditalien über 400 Fälle. Ihre indische Form heißt Kala-azar. Dort, wie übrigens auch in Spanien, hat man jetzt einen systematischen Feldzug gegen diese Seuche durch poliklinische Massenbehandlungen mit intravenösen Injektionen von Brechweinsteinlösung mit gutem Erfolg begonnen. Die Antimonpräparate wirken aber nicht bloß gegen diese Infektionen mit Mikroorganismen, sondern auch gegen einige interne Helminthenaffektionen, namentlich gegen die in wärmeren Ländern weitverbreiteten Infektionen des Pfortadergebietes, der Leber, der Blase, des Mastdarmes mit Distomen, den sog. Bilharziosen und verwandten Infektionen. Endlich werden

neuerdings ja Antimonpräparate auch gegen multiple Sklerose empfohlen.

Bis vor kurzer Zeit war man bei der Antimontherapie auf intravenöse Injektionen von Brechweinsteinlösungen angewiesen. Die erforderlichen Serien solcher Injektionen waren bei kleinen Kindern und Frauen oft sehr schwer anzubringen. Auch kommt es oft bei der Fortsetzung solcher Injektionen zu steigender Empfindlichkeit, Schmerzen in den einzelnen Muskelgebieten, Brustbeklemmungen, Reizhusten, Brechreiz u. dgl. Es gibt aber neuere *organische* Antimonverbindungen wie das Stibenyl, Antimosan, Stibosan, Sb. 211, die wirksamer als der Brechweinstein sind und zum Teil auch intramuskulär angewandt werden können und deshalb in der Kinder- und Frauenpraxis große Vorteile bieten. Die Antimontherapie geht meiner Ansicht nach, da sie gegen weitverbreitete exotische Volkskrankheiten zuverlässige Heilwirkungen aufweist, einer rasch ansteigenden Anwendung entgegen und wird sicher noch sehr viel weiter ausgebaut werden.

Wie schon erwähnt, trage ich Bedenken, die Emetintherapie der Amöbenruhr und der durch Amöbeninvasion verursachten Entzündungen und Abscesse innerer Organe, namentlich der Leber, als eine Chemotherapie *sensu strictiori* zu bezeichnen; dagegen gehört die von MÜHLENS gefundene und so glänzend bewährte Therapie der Amöbenruhr mit Yatren, einer Jodoxychinodinverbindung, und die jetzt in Frankreich sehr gerühmte Therapie derselben Krankheit durch innerliche Darreichung von Stovarsol in das Bereich der Chemotherapie, wenn wir auch über den Modus der Heilwirkungen in beiden Fällen noch nicht viel wissen. Das Yatren hat sich auch bei anderen Darminfektionen als heilkräftig bewährt.

Zur Chemotherapie gehört auch die Behandlung der Infektionen des Darmes mit Helminthen durch Chemikalien wie Thymol und Tetrachlorkohlenstoff und Tetrachloräthylen.

Die Chemotherapie der Malaria beginnt meiner Ansicht nach erst mit der Anwendung von Chininderivaten, von denen es eine sehr große Menge gibt. Sie leisten aber durchaus nicht alle das, was sich ihre Hersteller davon versprochen haben.

Von den vielen hauptsächlich zur Entbitterung mit anderen Substanzen kombinierten Chininpräparaten haben sich nur sehr wenige therapeutisch bei Malaria bewährt; unter ihnen, namentlich in der Kinderpraxis, einige Chininester, wie der Kohlensäureäthylester, das Euchinin und der Glykolsäureester, das Insipin; das Dihydrochinin wirkt besser als das Chinin, während das Optochin keine wesentlichen Vorteile vor dem Chinin hat. Leider können auch diese Chininderivate bei Chininidiosynkrasie oder bei durch Chininmißbrauch erworbener Intole-

ranz, auch in Fällen hämolytischer Wirkung des Chinins, Schwarzwasserfieber, nicht als Chininersatzmittel benutzt werden. Sie haben in diesen Fällen dieselbe deletäre Wirkung wie das Chinin. Hoffen wir, daß es den Forschern, die sich damit beschäftigen, bald gelingen möge, aus dem komplizierten Chininmolekül einen einfacheren Rumpfkörper auszulösen, der bei guter Malariawirkung keine Nebenwirkungen aufweist und evtl. der Synthese zugänglich ist.

Die Arsenbenzole wirken einigermaßen zuverlässig nur gegen die Tertianaformen der Malaria; gegen die tropische Malaria sind sie ungenügend, oft provozieren sie bei latenter Infektion mit tropischer Malaria schwere Anfälle.

Die Quartaninfektion wird am besten durch eine Kombination von Chinin mit Methylenblau beeinflusst. Andere Chemotherapeutica wie Antimonpräparate, Anilinfarbstoffe, außer dem Methylenblau, z. B. das Trypaflavin, das den Hauptbestandteil des mit so großer Reklame gepriesenen Malariamittels Peracrina bildet, sind von ganz ungenügender Wirkung. Sie werden aber noch in dieser Tagung von einem neuen chemotherapeutischen Mittel hören, das dem Chinin ebenbürtig ist, sogar nach einigen Richtungen Vorzüge vor ihm hat.

Damit möchte ich meine Übersicht über den jetzigen Stand der Chemotherapie schließen. Von der ungeheueren, auf diesem Gebiete geleisteten Arbeit, den unzähligen mühsamen Tierversuchen, der unendlichen chemischen synthetischen Arbeit, die erforderlich ist bis zur Auffindung eines neuen wirksamen Präparates, konnte Ihnen mein Bericht keine Vorstellung geben. Die glänzenden Erfolge, die der geniale Schöpfer der neuen Wissenschaft, PAUL EHRLICH, seine Schüler und Nachfolger, errungen haben, sie sind das Ergebnis langjähriger geduldiger, in kleinsten Schritten vordringender, oft auf Neben- und Abwege führender Forschung, die nur durch das dauernde harmonische Zusammenarbeiten mehrerer Experimentatoren und Chemiker erreicht werden konnte. Am Ende steht die klinische Prüfung, die dann so häufig alle bei der experimentellen Tierbehandlung gefaßten Hoffnungen enttäuscht. Abgesehen von den unsterblichen Verdiensten des genialen Schöpfers der Chemotherapie als Entdecker und Erfinder kann es ihm gar nicht hoch genug angerechnet werden und können wir ihm nicht dankbar genug dafür sein, daß er seine neuen Präparate immer erst nach sorgfältigster klinischer Prüfung an vielen Hunderten, ja Tausenden von Fällen der Öffentlichkeit übergab. Möge das auch in Zukunft so bleiben und möge trotzdem die Entwicklung der Chemotherapie in demselben Tempo weiter fortschreiten wie bisher.

Neuzeitliche Bekämpfung tierischer Schädlinge.

Von K. ESCHERICH, München.

Im vergangenen Jahr hat der Heu- und Sauerwurm, der größte Ertragsschädling des Weinbaues, allein im pfälzischen Weinbaugebiet $\frac{2}{3}$ der Ernte vernichtet, was einem Verlust von ca. 20 Millionen Mark entspricht. Durch die Obstmade, der Raupe eines Kleinschmetterlings, werden durchschnittlich $\frac{2}{3}$ der Früchte zerstört oder wenigstens minderwertig gemacht, was bei einer Gesamtapfelernte in Deutschland von etwa $1\frac{1}{2}$ Millionen Tonnen einen finanziellen Ausfall von mindestens 100 Millionen Mark jährlich ausmacht. Der Maikäfer verursacht in Österreich jährlich einen Schaden in der Höhe von 20—25 Millionen Schilling, in Frankreich sogar von 250, ja in den Hauptflugjahren von 1 Milliarde Goldfranks. Und gar die Reblaus. Dieser winzige, unterirdisch lebende Wurzelschädling hat in Frankreich in einem Zeitraum von 15 Jahren mehr als 600 000 ha Rebgeleände im Werte von 13 Milliarden Goldmark vernichtet. Über die Gesamtverluste durch Schädlinge in Deutschland fehlen uns leider bis heute genauere Unterlagen. Dagegen liegen von Frankreich Schätzungen vor, die ja auch auf unsere Verhältnisse einen gewissen Schluß zulassen. Das französische Ackerbauministerium gab im Jahre 1913 einen Bericht heraus, wonach die durch Schädlinge verschiedener Art verursachten Ernteverluste auf jährlich 4—5 Milliarden Goldfranks berechnet werden.

In all diesen Zahlen sind aber lediglich die direkten Verluste durch den Ernteausschlag berücksichtigt, nicht aber die mittelbaren Schäden, die diese Verluste nach sich ziehen und die sogar die unmittelbaren weit übertreffen können. Hängen doch von der Bodenproduktion zahlreiche andere Existenzen ab, von der Großindustrie und dem Großhandel bis herunter zum kleinen Handwerker und Arbeiter. Werden große Teile der Ernte durch Schädlinge vernichtet, so werden auch die Einnahmen jener Gewerbe wesentlich verringert werden, was sich letzten Endes auch in einem empfindlichen Ausfall an Staatseinnahmen auswirken muß. Ein schlagendes Beispiel hierfür aus der neuesten Zeit stellt der Kaffeekäfer in Brasilien dar, dessen plötzliches katastrophales Auftreten vor 3 Jahren schwere Erschütterungen des Staatsbudgets und schlimmste finanzielle Krisen im ganzen Lande befürchten ließ. So stellt sich uns also die *Bekämpfung der Schädlinge als ein volkswirtschaftliches Problem von weittragender Bedeutung dar.*

Trotzdem aber hat man ihr in Deutschland bis kurz vor dem Kriege im allgemeinen nur geringes Interesse sowohl von seiten der Praxis als auch von seiten der Behörden und der Wissenschaft entgegengebracht. Man betrachtete die Schädlingsbekämpfung mit wenigen Ausnahmen, wie z. B. im Forst, als etwas ganz Nebensächliches oder als eine Art Privatliebhaberei,

die der eine treibt, der andere nicht. Heute dagegen ist die Erkenntnis von ihrer Bedeutung bereits in weitere Kreise gedrungen und wird auch, wenigstens von den Einsichtigeren, als ein sehr wichtiger Faktor in der Bodenproduktion anerkannt.

Den ersten Anstoß zu dieser Wandlung in der Wertschätzung gab die Gründung der „*Deutschen Gesellschaft für angewandte Entomologie*“, die im Jahre 1912 auf der Zoologentagung in Bremen erfolgte. Ihre Hauptaufgabe sah die Gesellschaft darin, zunächst einmal die Wissenschaft wie die Praxis auf dieses in Deutschland noch wenig erschlossene Gebiet hinzuweisen, die Allgemeinheit aufzurütteln und ihr Interesse dafür zu wecken.

Wie berechtigt diese Bestrebungen waren, sollte nur zu schnell durch den Ausbruch des Weltkrieges bewiesen werden.

Die Nöten des Krieges haben auch denen die Augen geöffnet, die vordem nicht sehen wollten. Sie haben gezeigt, wie verschwenderisch wir vordem gewirtschaftet haben. Die völlige Absperrung Deutschlands während des Krieges brachte uns zwangsläufig zu der Frage, auf welchem Wege denn das Fehlende im Inland selbst zu erzeugen sei. Das Nächstliegende war natürlich, an eine Vermehrung des Anbaues bzw. eine Vergrößerung der Anbaufläche, ferner an Verbesserungen der Kulturmethoden, der Sorten usw. zu denken. Alle diese Bestrebungen haben jedoch ihre Grenzen und bedürfen auch meist langer Zeiträume zu ihrer Durchführung. So wurde endlich die allgemeine Aufmerksamkeit auch auf *den Weg* gelenkt, der ohne allzu große Kosten und ohne Vermehrung der Anbaufläche in verhältnismäßig kurzer Zeit ebenfalls zu einer wesentlichen Steigerung der Bodenerzeugnisse führen muß. Dieser Weg heißt: *Rationelle Schädlingsbekämpfung*. „Wir ernten nicht das, was wir säen, hegen und pflegen, sondern das, was uns die Pflanzenfeinde übrig lassen.“ Es mußte erst ein Weltkrieg kommen, diesen Satz, den einer unserer ersten und erfahrensten Forscher auf diesem Gebiete, STELLWAAG, geprägt hat, der Allgemeinheit zum vollen Bewußtsein zu bringen!

Aber nicht nur diese volkswirtschaftliche Rechnung rückt heute mehr wie je die Schädlingsbekämpfung in den Vordergrund des allgemeinen Interesses, sondern es kommt hierzu noch ein ernstes positives Moment: nämlich die *tatsächliche Zunahme der Schädlinge in den letzten Jahrzehnten*. Die Progression macht überall Fortschritte, in den einen Kulturen weniger als in den anderen, in manchen in geradezu erschreckender Weise. Ich brauche nur an den eingangs erwähnten Heu- und Sauerwurm in unseren Weinbaugebieten zu erinnern, ferner an die Forstschädlinge usw. Hat doch die Forleule vor 2 Jahren etwa 500 000 ha deutschen Kiefernwaldes befallen, wovon ein nicht geringer Teil abgestorben ist; kurz vorher

hat die Nonne fast ebensoviel der herrlichsten Fichtenwälder in Böhmen heimgesucht und gegen 100 000 ha zerstört. Wir hatten auch früher Schädlingskatastrophen in unseren Wäldern, aber derartige ungeheure Ausmaße kannten wir in Deutschland nicht. Auch waren ehemals meistens größere Zeitintervalle zwischen den einzelnen Kalamitäten, während sich heute beinahe lückenlos eine Kalamität an die andere reiht. Die bayerische Regierung ließ eine Statistik der letzten hundert Jahre anfertigen, aus der die Zunahme der Waldkatastrophen sowohl bezüglich der Ausdehnung als der Dichte der Aufeinanderfolge von Dezennium zu Dezennium klar hervorgeht.

Wenn wir nach den Ursachen dieser Schädlingsprogression fragen, so begeben wir uns auf ein äußerst kompliziertes Gebiet. Wenn dieses heute auch nur wenig geklärt ist, so können wir doch wenigstens einige Faktoren, wenn einstweilen auch nur andeutungsweise, als mitwirkende Faktoren herausheben: In erster Linie *die immer stärker zunehmende Intensivierung der Bodenproduktion, die vor allem auch zu ausgedehnten Monokulturen führte.*

Dieser Punkt bedarf einer etwas eingehenderen Behandlung. Als nächstliegender Grund dafür, daß Monokulturen, mögen es ausgedehnte Flächen mit Rübenfeldern oder mit reinen Kiefernwäldern sein, Schädlingsgefahren besonders ausgesetzt sind, wird dem Laien vor allem der Umstand gelten, daß den auf die betreffenden Kulturpflanzen angewiesenen Schädlingen ein Überfluß an Nahrung zur Verfügung steht. Dieser Überfluß stellt jedoch durchaus nicht die primäre Ursache dar, diese liegt vielmehr tiefer bzw. in einer anderen Ebene.

Um den primären Ursachenkomplex zu erfassen, müssen wir von dem Begriff der *Biocönose* ausgehen, der sich etwa als das abgestimmte Zusammenleben verschiedener Organismen auf einem Raum definieren läßt. Der Wald z. B. besteht nicht nur aus den Bäumen, die ihm das Gepräge geben, sondern noch aus einer großen Anzahl anderer Organismen, sowohl pflanzlicher als auch tierischer. Jeder Wald birgt noch viele Beipflanzen, die als Unterwuchs, Bodenflora usw. bezeichnet werden, in jedem Wald leben ferner noch eine Unmenge von Tieren aller Art, vom Wild angefangen bis zu den Raupen in den Baumkronen, den Borkenkäfern in der Rinde und den mikroskopisch kleinen Milben und Springschwänzen, die millionenweise die Bodenstreu bevölkern. Alle diese Organismen zusammen machen erst den Begriff „Wald“ aus.

Nun sind in einem gesunden Wald die einzelnen Organismen derartig aufeinander abgestimmt bzw. in ihrer Vermehrung derartig reguliert, daß sämtliche Mitglieder dieser Waldlebensgemeinschaft ihr gutes Auskommen haben, daß also jede Pflanzen- und Tierart in ihr für eine bestimmte, annähernd gleichbleibende Individuenzahl die nötigen Lebensbedingungen vorfindet. In diesem Fall befindet sich die Biocönose in einem „*harmo-*

nischen Zustand“, oder, wie wir auch sagen, in einem, allerdings labilen „*Gleichgewichtszustand*“.

Diese Harmonie kann nur aufrechterhalten werden durch ständige Vernichtung, sei es durch abiotische Faktoren (Witterungsverhältnisse) oder durch biotische, d. h. durch gegenseitige ständige Kontrolle der einzelnen Biocönosenmitglieder. So werden z. B. die Borkenkäfer in ihrer Vermehrung zum Teil kontrolliert von den Spechten, die die Larven und Puppen aus der Rinde heraus holen. So werden die Raupen in den Baumkronen hauptsächlich kontrolliert von verschiedenen Parasiten, wie Raupenfliegen und Schlupfwespen, die auf deren Kosten sich entwickeln.

Diese gegenseitige Kontrolle ist von größtem Vorteil für die gesamte Lebensgemeinschaft; denn versagt sie nur in *einem* Punkt bzw. nur bei einem einzigen Mitglied der Gemeinschaft, so daß dieses sich längere Zeit hindurch über das der Allgemeinheit zuträglich Maß hinaus vermehren kann, so kann eine Störung der Harmonie die Folge sein. Diese Störung wird um so größer und für die Lebensgemeinschaft um so bedenklicher sein, je größer die Bedeutung der davon betroffenen Mitglieder für die Biocönose ist. Werden die Hauptstützen zerstört, so fällt der ganze Bau zusammen und begräbt alles unter seinem Schutt. Hat z. B. in einem reinen Kiefernwald die Kontrolle der Vermehrung eines Nadelfressers, wie z. B. der Forleule, versagt, so kann ihr der ganze Wald zum Opfer fallen. Damit wird auch den zahllosen anderen Organismen der Waldbiocönose die Existenzmöglichkeit entzogen, und so wird da, wo vordem vielseitiges Leben herrschte, nur allgemeiner Tod sein.

Durch welche Faktoren, fragen wir weiter, kann die Übervermehrung eines Mitgliedes der Biocönose veranlaßt werden? Zweifelloos wird sehr häufig der *erste Anstoß von Witterungsverhältnissen*, z. B. ungewöhnlich heißem und trockenem Sommer, ausgehen. Der weitere Verlauf, die Höhe der Vermehrungskurve, die Dauer der Gradation usw. sind dagegen vielfach in starkem Maße abhängig von dem Grade der Sicherung durch gegenseitige Kontrolle.

In unserem obigen Fall der Forleule z. B. sind die Hauptkontrolltiere die Parasiten, die auf Kosten der Raupen leben und diese töten. Die meisten dieser Parasiten sind aber polyphag, d. h. sie entwickeln sich in einer ganzen Reihe von Raupenarten. Daher wird das ständige im Wald vorhandene Heer der Parasiten um so größer sein, je mannigfaltiger die Raupenfauna ist, und diese hängt wiederum von der Mannigfaltigkeit der Pflanzenwelt ab. In ausgedehnten reinen Kiefernbeständen, wie sie einen großen Teil Norddeutschlands bedecken, wird entsprechend der arten- und individuenarmen Tierbiocönose auch das Heer der natürlichen Feinde, also der Nützlinge, weit geringer sein als in einem Mischwald mit üppiger Beiflora, in welchem ein reiches Tierleben gute Existenzbedingungen findet. Mit anderen Worten:

in reinen, lediglich aus einer Baumart bestehenden Wäldern wird die Biocönosenharmoneie wesentlich labiler sein als in reichen Mischwäldern, so daß es also in ersterem Fall nur eines kleinen Anstoßes bedürfen wird, um große und langdauernde Störungen hervorzurufen.

In der quantitativen und qualitativen Entwicklungshöhe einer Biocönose liegt aber noch ein anderes Moment als die Zahl allein, das für die Stabilität des Gleichgewichtszustandes von größter Bedeutung ist. Viele Parasiten haben nämlich häufig eine schnellere Entwicklung als ihre Wirtstiere; während die Schmetterlinge z. B. meist eine einjährige Generation haben, haben die Parasiten ihrer Raupen oft doppelte und dreifache Generationen. In diesem Falle ist die zweite bzw. dritte Generation meistens gezwungen, einen Zwischenwirt, d. h. die Raupe von anderen Schmetterlingsarten, aufzusuchen. Nun wird aber die Möglichkeit, solche Zwischenwirte zu finden, im Mischwald mit seiner artenreichen Fauna weit größer sein als z. B. im reinen Kiefernwald. Daher werden also viele der auf Zwischenwirte angewiesenen Parasitenarten im Mischwald viel zahlreicher vertreten sein als im reinen Wald, ja in letzterem werden eine Reihe von vielleicht sehr wichtigen Parasitenarten überhaupt nicht zur Entwicklung kommen können und daher ganz fehlen.

Ich halte dieses Moment, d. h. das Vorhandensein von Zwischenwirten, für einen der wichtigsten Gründe für die größere Immunität bzw. den größeren Selbstschutz der Mischwälder. Ich zweifle auch nicht daran, daß zum großen Teil aus diesem Grunde die im letzten Jahrhundert geübte Umstellung von Mischwäldern in reine Kiefern- und Fichtenwälder zu der erschreckenden Zunahme der Forstschädlinge geführt hat. *Die Monokulturen schaffen eben den Schädlingen eine ganz andere Umwelt — in der Wirkung ähnlich der Verschleppung eines Schädlings in ein fremdes Land.*

Das gleiche gilt für alle übrigen Monokulturen in der Landwirtschaft, im Obstbau, im Weinbau usw. Am augenfälligsten ist die Wirkung der Monokultur im deutschen Weinbau, wo ja die Schädlingsbekämpfung Jahr für Jahr einen großen Teil der gesamten Kulturarbeiten in Anspruch nimmt. In anderen Ländern, wo der Weinbau weniger intensiv betrieben wird, wo viele Unkräuter stehen bleiben (wie z. B. in Italien) ist der Schädlingsbefall weit geringer als bei uns.

Neben der überintensiven Monokultur können aber noch andere Faktoren schädlingsfördernd wirken, wie z. B. die häufig zu beobachtende Tatsache einer Vorliebe der Schädlinge für Kulturpflanzen gegenüber den wildwachsenden Stammformen. Worauf diese Vorliebe bzw. die größere Anfälligkeit der Kulturrassen beruht, ist uns nicht bekannt.

Wir sind also zu der Annahme gelangt, daß die Schädlingszunahme zum großen Teil auf An-

wendung von Kulturmethoden zurückzuführen ist, bei denen ohne Rücksichtnahme auf biologische Notwendigkeiten vielfach einseitige, meist lediglich auf möglichst hohe Erträge eingestellte Gesichtspunkte führend waren.

So liegt es nahe zu untersuchen, ob es möglich ist, der immer stärker hervortretenden Schädlingsvermehrung auf *biologischem* Wege entgegenzutreten, also dadurch, daß wir durch Änderung der organischen Umwelt den Schädlingen die Existenzbedingungen möglichst entziehen oder ihnen wenigstens so verschlechtern, daß ihnen der Charakter von wirtschaftlichen Schädlingen genommen wird. Alle Bestrebungen, die diesem Ziele dienen, können wir zusammenfassen unter dem Begriff

Biologische Bekämpfung.

Der nächstliegende Weg in dieser Richtung wäre: *Abkehr von der Monokultur und Rückkehr zur Mischkultur*; doch dieser Weg ist nur noch in den wenigsten Fällen gangbar und auch da nur teilweise, wie z. B. in der Forstkultur. Hier ist es in vielen Fällen gewiß möglich, wieder zum Mischwald zurückzukehren oder wenigstens, wo das infolge der Bodenbeschaffenheit nicht durchführbar ist, eine stärkere Mischung der Altersklassen herbeizuführen. Die moderne Forstwirtschaft ist denn auch heute aus verschiedenen Gründen, unter anderem auch durch die schweren Schädlings-Katastrophen belehrt, in dieser Richtung eingestellt, um so mehr, als auch die früher als minderwertig angesehenen Holzarten heute in der Wertschätzung immer mehr steigen.

In den meisten anderen Kulturen jedoch können wir diesen Weg nicht mehr gehen, ebenso wie es in der menschlichen Gesellschaft kein Zurück mehr gibt. Wollten wir z. B. in den deutschen Weinbaugebieten ausgedehnte Zwischenkulturen, die weniger einträglich sind, anlegen, so würden sich schlimme Folgen für die Gesamtbevölkerung ergeben. Die hochwertige Kultur des Weines vermag eine viel dichtere Bevölkerung zu ernähren als weniger einträgliche Kulturen. Würden wir also die Weinbaufläche zugunsten von Zwischenkulturen (Feldbau) verringern, so wäre eine Abwanderung der Winzer in die Industrie oder Auswanderung die unausbeibliche Folge. Hat doch schon in den letzten Jahrzehnten ein Teil der Winzer das Weinbaugebiet verlassen müssen, da durch die Reblausverseuchung die Fläche des Weinbaues verkleinert wurde.

So sind wir also in den meisten Fällen gezwungen, uns mit den Monokulturen abzufinden und zu versuchen, auf eine größere Stabilität des Gleichgewichtszustandes in ihnen hinzuarbeiten, also auf anderen Wegen eine Vermehrung der Parasiten und übrigen natürlichen Feinde versuchen. Wir kommen hier zu einem der interessantesten Gebiete der angewandt-entomologischen Wissenschaft, aber auch zu einem der allerschwierigsten.

Als vor etwa 30 Jahren die aus Australien in

Kalifornien eingeschleppte Wollaus (*Icerya purchasi*) sich in kurzer Zeit so vermehrte, daß alle Citruskulturen in Kalifornien dem Untergange geweiht schienen, sandte die amerikanische Regierung in der größten Not einen Entomologen (es war ein Deutscher namens KÖBELE) in die Heimat der Laus, nach Australien. Dieser fand zu seiner Überraschung, daß hier das Insekt bei weitem nicht so schädlich auftrat als in Kalifornien und entdeckte auch bald die Ursache hierfür in einem kleinen Marienkäfer, *Novius cardinalis*, der dort überall auf den Bäumen zu finden war und sich ausschließlich von der Laus nährte. KÖBELE sammelte eine große Anzahl dieser Nützlinge und brachte sie nach Kalifornien, wo allerdings nur verhältnismäßig wenig Individuen lebend ankamen. Diese wurden zunächst in einem Insektarium weiter gezüchtet, und nachdem man Zehntausende davon gezogen hatte, wurden sie ausgesetzt. Der Erfolg war durchschlagend. Nach wenigen Jahren waren die Plantagen von den Schädlingen befreit und die furchtbare Gefahr gebannt. Die Farmer standen wie vor einem Wunder, und nun glaubte man den Schlüssel für eine leichte und dauerhafte Bekämpfung der Schädlinge überhaupt gefunden zu haben.

Das war jedoch ein großer Irrtum. Bald erkannte man, daß bei anderen Schädlingen die Sache nicht so einfach ist, da bei den meisten von ihnen die Kontrolle nicht von *einem*, sondern von einer ganzen Reihe von Parasiten und anderen Nützlingen ausgeübt wird, und da ferner auch die Vermehrung und Einbürgerung dieser Kontrolltiere in vielen Fällen, wie die Erfahrung lehrte, äußerst schwierig ist. So sah man ein, daß es zum Gelingen dieser Bekämpfung vor allem eines gründlichen Studiums aller in Betracht kommenden Nützlinge bedarf. Jeder einzelne Nützling ist ebenso eingehend zu studieren wie der Schädling, nicht nur nach seinem einfachen Lebensablauf, sondern nach seinen tausendfältigen Beziehungen zu der biotischen und abiotischen Umwelt, nicht nur an einem Platze, sondern womöglich in den verschiedensten Ländern und unter den verschiedensten Bedingungen. Erst wenn diese Forderungen erfüllt sind, kann man sich ein Urteil verschaffen, welche von den Nützlingen sich zur biologischen Bekämpfung eignen und welche nicht.

STELLWAAG stellt folgende Hauptbedingungen für die Brauchbarkeit eines Nützlings auf: zwangsläufige Anpassung an den Schädling bezüglich der Nahrungsweise (also spezifische oder epidemiologische Monophagie oder höchstens Oliphagie), große Fruchtbarkeit, ebenso rasche oder schnellere Entwicklung als der Schädling, ungehinderte Entwicklungsmöglichkeit und große Widerstandsfähigkeit gegen äußere Faktoren.

Ich kann hier der Kürze der Zeit halber nicht alle Wege, die zur Vermehrung der Nützlinge und so zu einer Festigung des Gleichgewichtszustandes führen, eingehender behandeln und muß mich daher auf kurze Andeutungen beschränken.

Das nächstliegende, aber in seiner Wirkung beschränkte Verfahren ist der Schutz bzw. die *Schonung der Nützlinge*. Diese kann z. B. dadurch erwirkt werden, daß man die Bodenstreu, in der sich viele Nützlinge zeitweise aufhalten, im Walde beläßt, oder daß man bei technischen Bekämpfungsmaßnahmen die Nützlinge nicht mit vernichtet. Hierher gehört auch der Vogelschutz, der allerdings in seiner Wirkung vielfach stark überschätzt wird.

Man kann ferner zu einer *systematischen Einbürgerung von Nützlingen* greifen. Aus Gegenden, wo wirksame Parasiten häufig vorkommen, können diese in parasitenarme Kulturen eingebürgert werden. Die Wirkung wird um so größer sein, je mehr Arten von Parasiten herbeigebracht werden und je größer dadurch die sog. Parasitenreihe wird. Weite Reisen und langdauernde Studien in den verschiedenen Ländern werden hierzu oft notwendig sein.

Verhältnismäßig leicht ist die Einbürgerung von Parasiten der seßhaften Schildläuse. Hier kann man einfach dadurch, daß man Zweige mit parasitenhaltigen Schildläusen abschneidet und in parasitenlosen Gegenden an die befallenen Bäume festbindet, eine Infektion herbeiführen. Die von den eingeführten Zweigen auskommenden Parasiten infizieren gewöhnlich schnell die gesunden Schildläuse der betreffenden Bäume. Man hat auf diese Weise die sehr verderbliche Maulbeerschildlaus in Italien erfolgreich bekämpft.

Ein weiterer Weg ist, stark polyphage Parasiten, die sich ständig leicht in großen Mengen züchten lassen, stets in Massen bereit zu halten, um sie jeweils nach Bedarf einmal gegen diesen, einmal gegen jenen Schädling verwenden zu können. HASE hat solche Versuche mit der winzigen Schlupfwespe *Trichogramma* gemacht, die sich leicht millionenweise in Petrischalen züchten lassen, und hat schon deutliche Erfolge damit erzielt. Ich halte den Weg der Trichogrammisierung für praktisch gangbar und ausichtsreich und die Arbeiten in dieser Richtung verdienen weitgehendste Beachtung.

Hat man als Grund für das Versagen eines wichtigen Parasiten den Mangel an Zwischenwirten erkannt, so wird man zu versuchen haben, die Zwischenwirte in dem befallenen Gebiet anzusiedeln, eventuell durch stellenweises Anpflanzen bestimmter Unkräuter. So hat SCHWANGART vorgeschlagen, in den Weingärten stellenweise Pfaffenkäppchen anzupflanzen, weil auf diesen eine Raupe lebt, die dem wichtigsten Parasiten eines schlimmen Rebschädlings, des Springwurms, als Zwischenwirt dient.

Auch mit Nebenwirten, d. h. solchen Raupen, die neben dem Hauptwirt polyphagen oder oligophagen Parasiten als Wirtstiere dienen, kann man eventuell erfolgreich operieren. Man kann z. B. durch zeitweise Schonung der Nebenwirte, durch Stehenlassen gewisser Unkräuter, den Parasitenstand wesentlich heben und dann durch Ent-

fernung der Unkräuter und damit auch der Nebenwirts zum gegebenen Zeitpunkt die hier entstandenen Parasiten zwingen, auf den Schädling überzugehen.

Man sollte überhaupt den Nebenwirts mehr Aufmerksamkeit schenken, da sie ja nach Beendigung einer Gradation den Parasiten die Möglichkeit der Weiterexistenz verschaffen. Sie bilden, um mit STELLWAAG zu reden, eine Art Sammelbecken, das bei einem Massenauftreten des zu bekämpfenden Schädlings seinen Parasitenüberfluß abgibt.

Wir haben hier einige Verfahren, durchaus nicht alle, kurz berührt, die zur Vermehrung der Parasiten und anderer Nützlinge führen können. Bei diesen Versuchen ist noch ein Punkt zu erwähnen, der nicht außer acht gelassen werden darf, nämlich der Umstand, daß die Parasiten ihrerseits selbst wieder ihre Parasiten haben, die als Hyperparasiten oder Parasiten zweiten Grades bezeichnet werden. Man hat daher bei der Einführung von Parasiten sehr darauf zu achten, daß keine Hyperparasiten mit eingeschleppt werden. Welch schlimme Wirkung diese Hyperparasiten haben können, konnte ich bei einer Nonnenkalamität beobachten, wo die bereits auf 75% gestiegene Parasitierung durch die starke Vermehrung eines Hyperparasiten wieder auf 25% herabgedrückt wurde, was wiederum ein Ansteigen der Gradation und eine bedenkliche Verlängerung der Kalamität zur Folge hatte.

Die biologische Bekämpfung schließt auch die Bestrebungen ein, *Krankheiten*, die zuweilen bei Insektenkalamitäten spontan auftreten und diesen ein plötzliches Ende bereiten, künstlich hervorzurufen und zu verbreiten. Als Erreger kommen in Betracht insektentötende Pilze, ferner Bakterien und jene winzigen filtrierbaren Organismen, die man als Clamidozoen bezeichnet hat.

Die Erfolge, die auf diesem Wege erzielt wurden, sind im Vergleich zu der vielen Arbeit, die darauf verwandt wurde, wenigstens bei den Insekten noch recht gering¹⁾. Sie beschränken sich auf die künstliche Förderung und Verbreitung einiger insektentötender Pilze. SCHWANGART hat z. B. damit eine gute Wirkung gegen den Heuwurm und FRIEDERICH eine ebensolche gegen den so überaus schädlichen Nashornkäfer in Samoa feststellen können. Dagegen sind die Erfolge mit der Verbreitung der Clamidozoenkrankheit, die wegen der im Blut erscheinenden polyederartigen Körperchen als Polyederkrankheit bezeichnet wird, noch sehr umstritten. Der Wert der künstlichen Clamidozoeninfektion wird zweifellos dadurch wesentlich herabgedrückt, daß die Virulenz des Erregers am Anfang nur sehr schwach ist und erst nach einigen Jahren zur tödlichen Wirkung steigt, und daß außerdem die epidemische Verbreitungsenergie stark von äußeren Umständen

¹⁾ Bei Warmblütern dagegen hat man schon eine Reihe sehr guter Erfolge zu verzeichnen: Bakterielle Bekämpfung der Mäuse usw.

(Witterungseinflüssen usw.) abhängig ist. Letzteres trifft übrigens auch für die Pilzinfektionen zu, so daß bei allen diesen Bekämpfungsverfahren zumindestens das Moment großer Unsicherheit in Rechnung zu setzen ist.

Eine andere Richtung der biologischen Bekämpfung beruht auf dem Anbau oder *Züchtung immuner oder widerstandsfähiger Nährpflanzen*. Auf diesem Gebiet wird gegenwärtig in allen Kulturländern der Erde mit größtem Eifer gearbeitet.

Von größtem und aktuellstem Interesse ist gegenwärtig die *Bekämpfung der Reblaus* durch den Anbau widerstandsfähiger Rebsorten. Es gibt eine Anzahl amerikanischer Rebsorten und Kreuzungen zwischen diesen und Europäersorten, bei denen die Wurzelreblaus keinen Schaden anrichtet, oder die sogar die Reblaus abstoßen, so daß sie reblausfrei bleiben. Man pfropft auf solche Unterlagen unsere einheimischen reblausanfälligen Sorten, so daß die so veredelten Reben oben unsere guten Trauben tragen, an den Wurzeln aber widerstandsfähig sind. Wir erblicken heute in diesem Verfahren die einzige Möglichkeit, den europäischen Weinbau vor dem sicheren Untergang zu retten.

Damit habe ich einige der wichtigsten Gebiete der biologischen Bekämpfung in kurzen Strichen umrissen. Sie werden schon aus dem Wenigen ersehen, daß wir noch am Anfang stehen und daß es noch unendlich viel Arbeit zu leisten gibt. Sie werden ferner ersehen haben, daß die biologische Bekämpfung in den meisten Fällen darauf hinausläuft, *Dauerzustände* zu erreichen, d. h. entweder durch Schaffung reicherer Biocönos den Gleichgewichtszustand dauernd zu festigen, oder aber durch Zucht widerstandsfähiger Rassen die Schädlinge dauernd abzuhalten oder wenigstens zur wirtschaftlichen Bedeutungslosigkeit herabzudrücken. So bedeutet also die biologische Bekämpfung im wesentlichen *Hygiene*, die, wie die menschliche Hygiene, darauf hinzielt, die Schäden, die jede Kultur mit sich bringt, durch entsprechende Gegenmaßnahmen auszugleichen oder ihnen wenigstens nach Möglichkeit vorzubeugen.

Doch die meisten biologischen Verfahren bedürfen langer Zeiträume bis zu ihrer Auswirkung. Außerdem wird auch die beste Hygiene nicht imstande sein, Krankheiten und Seuchen ganz aus der Welt zu schaffen, ja, es werden, wenn alte Seuchen verschwunden sind, neue auftauchen. Und so werden trotz der besten Hygieniker auch die Ärzte immer noch genug zu tun haben. Bis wir z. B. unsere Wälder in obigem Sinne umgestellt haben, vergeht ein halbes oder ein ganzes Jahrhundert, und auch dann, wenn endlich die Umstellung durchgeführt ist, werden die Gradationen nicht völlig aufhören; sie werden aber dann — infolge der dadurch erzielten vielseitigeren Verankerung der Biocönosmitglieder — gewiß seltener und weniger katastrophal sein.

So wird auf jeden Fall die *direkte Vernichtung der Schädlinge* stets eine große Rolle in der Schäd-

lingsbekämpfung spielen. Wir fassen alle die darauf hinzielenden Verfahren zusammen unter dem Begriff

Technische Bekämpfung.

Handelt es sich bei der biologischen Bekämpfung darum, den Grundursachen der Massenvermehrung zu Leibe zu gehen und dadurch das Gefahrmoment dauernd zu verringern, oder womöglich ganz auszuschalten, so ist die technische Bekämpfung meist symptomatischer Natur. Sie versucht die jeweils vorhandenen Schädigungen abzuschwächen oder zu beseitigen. Ihre Wirkung bleibt demnach im allgemeinen nur von kürzerer Dauer und die Aktionen müssen ständig wiederholt werden.

Die primitivste Form ist die direkte oder indirekte Vernichtung auf mechanischem Wege, die

mechanische Bekämpfung.

Hierher gehört z. B. das Abschneiden und Verbrennen der Winterester verschiedener Raupen, hierher gehört auch das Absammeln der Maikäfer. Es ist ja überraschend, daß wir bei einem so schweren und weitverbreiteten Schädling, wie der Maikäfer ist, der Europa in manchem Jahr um Milliardenbeträge bringt, immer noch auf der primitivsten Stufe der Bekämpfung stehen.

Weitere Verfahren der mechanischen Bekämpfung laufen darauf hinaus, den Schädlingen den Weg zur Eiablage oder zum Fraßort abzusperren. Hier ist in erster Linie der *Leimring* zu nennen. Wenn die Leimsorten gut sind, d. h. lang fängisch bleiben, so lassen sich bei manchen Schädlingen ausgezeichnete Erfolge damit erzielen, wie z. B. beim Frostspanner, dessen flügellose Weibchen dadurch abgehalten werden, in die Krone zu gelangen und dort ihre Eier abzulegen, oder beim Kiefernspinner, dessen Raupen halbwüchsig im Boden überwintern und durch den Leimring im Frühjahr am Wiederaufsteigen verhindert werden. Bei Bodeninsekten werden an Stelle des Leimrings *Fanggräben* angelegt. So sucht man den größten Würgengel der Waldjugend, den Rüsselkäfer, durch Fanggräben, die man um die zu schützende Kulturfläche zieht (oder Gruben, die man in der Fläche verteilt) abzufangen. Ebenso sucht man die Erdräupen, die dem Feldbau oft schwerste Verluste zufügen, und die Kohlschnaken, die hauptsächlich bei der Urbarmachung der Moore eine verderbliche Rolle spielen, durch Fanggräben an ihrer Weiterverbreitung zu verhindern.

Sodann werden *Fallen* aller Art angewendet, zum Teil verbunden mit Lockmitteln. Auch durch künstliche Schaffung besonders geeigneter Überwinterungsplätze kann man großer Mengen von Schädlingen habhaft werden. Gegen Borkenkäfer werden Fangbäume geworfen, an denen sich die Weibchen mit besonderer Vorliebe zur Eiablage einfinden. Die unter der Rinde sich entwickelnde Brut läßt sich dann durch rechtzeitige Entrindung leicht vernichten. So kann man die größte Zahl

der Borkenkäfer ohne Schwierigkeit aus den Wäldern extrahieren. Durch die sog. „*Kohlkragen*“, das sind Pappscheiben, die um den Wurzelhals der Kohlpflanzen gelegt werden, kann man die Weibchen der sehr schädlichen Kohlflye von der Eiablage abhalten. Auch durch Walzen des Bodens mit schweren Walzen, ferner durch tiefes Umpflügen usw. sucht man die im Boden lebenden Schädlinge zu vernichten.

Als Beispiel einer mechanischen Bekämpfung größten Stils sei genannt das Abfangen der jungen, noch nicht flugfähigen Wanderheuschrecken, der sog. Hüpfer, mit Zinkstreifen, die man ihnen entgegenstellt, um sie an diesem Hindernis in große Gruben zusammenzutreiben. Welche Ausmaße diese Bekämpfung annehmen kann, geht daraus hervor, daß in dem Kampf gegen die Heuschrecken in Kleinasien während der Kriegsjahre, der von der deutschen Militärverwaltung geleitet wurde, 275 Kilometer Zinkstreifen benötigt wurden.

Neuerdings unternahm man in Argentinien Versuche durch die Propeller eines in einen fliegenden Heuschreckenschwarm hineinstoßenden Flugzeuges die Heuschrecken zu töten. Andere Versuche gingen darauf hinaus, durch das Geräusch der Propeller die Schwärme an sich zu ziehen gleichwie der Rattenfänger von Hameln, und dann die ganzen nachfolgenden Schwärme ins Meer zu locken. Ja, man suchte sogar durch elektrische Ströme, die vom Flugzeug aus durch herunterhängende Drähte in die Schwärme geleitet werden sollten, Siege über die Heuschrecken zu erringen. Man sieht, welche Blüten die Phantasie in der Schädlingsbekämpfung treibt.

Man hat auch die bekannte Erscheinung, daß viele Insekten zum Lichte fliegen, auszunützen versucht, und es sind zahlreiche *Lichtfangapparate* bis zu riesigen Ausmaßen konstruiert worden, zum Teil verbunden mit Exhaustoren, durch die die angezogenen Schmetterlinge gleich in einen Kessel mit heißem Wasser eingesaugt werden sollen. Doch die Erfolge stehen im allgemeinen in keinem Verhältnis zu den Kosten, so daß jedenfalls vor größeren Ausgaben in dieser Beziehung zu warnen ist.

Sogar *Röntgenstrahlen* hat man in den Dienst der Schädlingsbekämpfung zu stellen versucht, indem man Larven, die sich tief im Innern von Baumstämmen befinden, damit töten wollte — jedoch ohne Erfolg.

Ich gab hier nur eine kleine Auswahl aus dem Gebiet der mechanischen Bekämpfung. Im allgemeinen kann man sagen, daß diese Bekämpfungsart nur einen beschränkten Wirkungskreis hat und nur in verhältnismäßig wenig Fällen zu wirtschaftlicher Bedeutung gelangt (wie z. B. der Leimring gegen Frostspanner). Sie wird daher auch immer mehr verdrängt durch die

chemische Bekämpfung,

der eine weit allgemeinere Anwendbarkeit und die größte Wirtschaftlichkeit zukommt. Sie ist es auch, die heute den größten Teil der Schädlings-

bekämpfung ausmacht und im Laufe der nächsten Zeit wohl noch wesentlich an Bedeutung gewinnen wird.

Der Vorzug der chemischen Bekämpfung besteht vor allem darin, daß mit einer verhältnismäßig kurzen Aktion alle oder der größte Teil der auf einer Pflanze oder Pflanzengemeinschaft befindlichen Schädlinge abgetötet werden können. Der geringste Abtötungsprozentsatz, den wir von der chemischen Bekämpfung (wie überhaupt von jeder Bekämpfung!) verlangen können, ist 60 bis 80%. Wird dieser nicht erreicht, so ist das Verfahren als untauglich bzw. als unwirtschaftlich abzulehnen.

Der Grundgedanke der chemischen Bekämpfung ist der, mit einem Insektengift den Schädling entweder durch direkte Einwirkung oder auf dem Umweg über die Fraßpflanze abzutöten. Im ersten Fall sprechen wir von Kontakt- und Atemgiften, im zweiten von Fraß- oder Magengiften. Ich möchte aber gleich darauf hinweisen, daß wir von einer Reihe von Giften heute noch nicht wissen, ob wir sie zu den Kontakt- oder Magen- oder Atemgiften stellen sollen. Die Grundforderungen, die wir an ein Insektengift, soweit es an lebenden Pflanzen verwendet wird, stellen müssen, sind:

1. größte Wirkung bei geringster Konzentration;
2. Unschädlichkeit für die Pflanze;
3. einfache und rasche Anwendbarkeit;
4. möglichst gleichmäßige und feine Verteilbarkeit der wirksamen Substanz;
5. große Haftfähigkeit und gute Benetzungsfähigkeit;
6. Sichtbarkeit der Spritz- oder Staufflecken, und
7. Geschmacksindifferenz im Ernteergebnis.

Als großer Vorteil ist in vielen Fällen die *Mischbarkeit* mit anderen Giften, wie Pilzgiften, anzusehen, wodurch es ermöglicht wird, mit einer Spritzung zugleich Insekten und Pilze abzutöten. Bezüglich der *Löslichkeit* der Gifte ist zu unterscheiden zwischen Mitteln, die länger wirksam bleiben sollen, was vor allem für Magengifte zutrifft, und Mitteln mit unmittelbarer Wirkung, wie es die Haut- und Atemgifte darstellen. Die ersteren sollen natürlich möglichst wenig wasserlöslich sein, da sie sonst leicht vom Regenwasser abgewaschen werden können.

Wir sehen, es ist recht viel, was von einem brauchbaren Insektengift verlangt wird, und es ist daher nicht verwunderlich, daß wir heute noch nicht über allzu viel Mittel verfügen, die alle jene Eigenschaften (zu denen in speziellen Fällen noch weitere kommen können) in sich vereinen.

An der Spitze der heute gebräuchlichen Bekämpfungsmittel stehen *Arsenverbindungen*, Fraßgifte, die den obigen Bedingungen am nächsten kommen. Sie gehören zweifellos zu den billigsten und wirksamsten Insektengiften, die uns heute

zur Verfügung stehen. Es ist daher verständlich, daß schon eine ganze Reihe von Arsenpräparaten hergestellt und in den Handel gebracht wurden, die teils als Suspensionen oder Aufschwemmungen, teils als kolloidale Lösungen, teils als Staubbmittel angewendet werden.

Das älteste Präparat ist das *Schweinfurtergrün* (Kupferacetatarсенit), das früher lediglich als Farbe im Handel war, aber schon vor beinahe 50 Jahren vereinzelt auch als Fraßgift Verwendung gefunden hat. Zu einer allgemeineren Verbreitung kam es erst dann, nachdem es gelungen war, eine spezifisch leichtere Form mit größerer Schwebefähigkeit herzustellen, das unter dem Namen „*Uraniagrün*“ in den Handel gebracht wurde; ihm folgten bald ähnliche Mittel unter verschiedenen Namen. Trotz der erhöhten Schwebefähigkeit des Uraniagrüns usw. bleibt aber der Nachteil bestehen, daß es sich noch viel zu rasch zu Boden setzt, so daß die verspritzten Flüssigkeiten von Minute zu Minute weniger konzentriert den Spritzapparat verlassen. Am wirksamsten wird dieser Nachteil dadurch aufgehoben, daß man diese Arsenpräparate in Verbindung mit der gegen Pilze verwendeten Kupferkalkbrühe gebraucht. Es entsteht dadurch eine ausgezeichnete Spritzbrühe, deren Schwebefähigkeit, Haft- und Benetzungsfähigkeit gegenüber dem reinen Präparat wesentlich erhöht ist. Neuerdings sind verschiedene Präparate in den Handel gekommen, die dieser Arsen-Kupfer-Kalkbrühe nahekommen, d. i. eine Kombination von Arsen und Kupfer darstellen (wie z. B. Nosprasen, Funguran usw.).

Eine weitere, besonders in Amerika in größten Mengen gebrauchte Verbindung ist das *Bleiarсенat*, das gegenüber den vorigen Präparaten unbestreitbare Vorteile hat, wie die völlige Unschädlichkeit für die Pflanzen, die große Schwebefähigkeit und Haftfähigkeit usw. In Deutschland hat das Bleiarсен jedoch wenig Eingang gefunden, da man die starke Giftwirkung des Bleies auf den Menschen fürchtet.

Eine in der letzten Zeit immer mehr in Aufnahme kommende Arsenverbindung ist das *Calciumarsenat*, das zu Schädlingsbekämpfungszwecken zu Verstäubungen zuerst von der Firma *Merck* hergestellt und unter dem Namen „*Sturmsches Mittel*“ oder *Esturmit* in den Handel gebracht wurde. Ähnliche Präparate wurden später unter verschiedenen Namen von der *I. G. Farbenindustrie*, ferner von der *Holzverkohlung Konstanz*, den *Güttler-Schärfe Werken*, der *Saccharinfabrik Magdeburg* usw. der Schädlingsbekämpfung zur Verfügung gestellt.

Die Arsenmittel werden in verschiedener Weise angewendet, entweder als *Spritzbrühen* oder als *Streumittel* oder als *Köder*. Die Frage, ob spritzen oder stäuben, ist in letzter Zeit sehr viel diskutiert worden, vor allem in Amerika, ohne daß man bis heute zu einem einheitlichen Ergebnis gekommen wäre. STELLWAAG betont mit Recht, daß diese Frage überhaupt nicht allgemein, sondern nach

rein wirtschaftlichen Gesichtspunkten nach den gegebenen Verhältnissen von Fall zu Fall beantwortet werden könne. Jedes Verfahren hat seine Vorteile und Nachteile. Der Hauptvorteil des Stäubens besteht im Wegfall des Wasserballastes, was eine wesentliche Zeitersparnis, Erleichterung und Verbilligung bedeutet. Diesem Vorteil stehen die geringere Haftfähigkeit, die Abhängigkeit vom Wind und der größere Materialverbrauch neben den an und für sich höheren Kosten der Präparate gegenüber. Letzteres Moment wird beim Spritzen allerdings durch die höheren Arbeitslöhne (durch Wassertransport usw.) zum Teil ausgeglichen. Dagegen hat das Spritzen noch einige andere, nicht zu unterschätzende Vorteile, so neben der gleich von Anfang an bestehenden größeren Haftfähigkeit vor allem auch die Möglichkeit des genauen lokalisierten Arbeitens. In vielen Fällen wird man mit jedem der beiden Verfahren zum Ziele kommen. Andere Fälle dagegen erlauben nur eines der beiden: gegen die Obstmade z. B., bei der es sich darum handelt, das Gift in den Fruchtkelch zu bringen, wird man dies nur mit Spritzen erreichen, bei der Arsenisierung der Wälder vom Flugzeug aus sind nur staubförmige Mittel anwendbar.

Zur Verteilung des Giftes sind zahlreiche *Apparate*, sowohl Spritzen als Verstäuber, konstruiert worden, von kleinen Handapparaten bis zu den großen Motorspritzen, die auf Autos montiert sind und den Strahl 40 m hoch treiben können.

In neuester Zeit ist, wie eben schon erwähnt, auch das *Flugzeug* in den Dienst der Schädlingsbekämpfung gestellt, zum Bestäuben von geschlossenen Kulturen und Wäldern. Es war ein deutscher Forstmann, namens ZIMMERMANN, der schon vor dem Kriege sich ein Patent auf die Flugzeugmethode geben ließ. Dieses ist jedoch in der bewegten Folgezeit in Vergessenheit geraten. Inzwischen sind amerikanische Entomologen auf den gleichen Gedanken gekommen und haben diesen auch rasch in die Praxis mit guten Erfolgen umgesetzt, so daß das Flugzeug in Amerika schon seit einer Reihe von Jahren ebenso zum unentbehrlichen Rüstzeug der Schädlingsbekämpfung gehört wie die Motorspritze und das Blausäurezelt.

Seit 2 Jahren ist auch bei uns das Flugzeug als wertvolles Hilfsmittel im Forstschutz anerkannt. Sowohl im vergangenen als auch in diesem Jahre sind Tausende von Hektaren deutschen Waldes vom Flugzeug aus mit Calciumarseniat bestäubt worden, wobei die Firmen *Junkers* in Dessau, *E. Merck* in Darmstadt und die *Güttler-Schärfe-Werke* in Hamburg in hervorragender Weise beteiligt waren. Die Flugzeugmethode, die ich als „*Zimmermann-Methode*“ bezeichnen möchte, wird sich zweifellos immer mehr in der Schädlingsbekämpfung einführen, sie wird allerdings auch noch verschiedener Verbesserungen bedürfen.

Die Arsenbekämpfung hat gewiß auch einige *unangenehme Begleiterscheinungen*, wie z. B. akute oder chronische Beschädigung der Pflanzen, die sich nach dem Spritzen zuweilen als sog. *Verbrennungen* oder als *Blattfall* bemerkbar machen, ferner die *Giftigkeit des Arsens für Menschen* und Haustiere. Letzterer Umstand war ja auch der Grund, warum das Reichsgesundheitsamt lange mit der Freigabe dieses wichtigsten Insektengiftes für die Schädlingsbekämpfung gezögert hat, bis es sich überzeugt hat, daß bei entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen Schäden dieser Art vermieden werden können. Haustiere vertragen überdies unglaubliche Mengen von Arsen; so wurden als tödliche Durchschnittswerte für Rinder 15 bis 30 g, für Pferde, Schafe und Ziegen 8—10 g, für Schweine 0,5—1 g, für Hühner 0,1 g usw. festgestellt.

Neuerdings wird gegen die Flugzeugbekämpfung der Forstschädlinge auch vom Standpunkt des Naturschützers Sturm gelaufen. Es wurde uns vorgeworfen, daß wir ödem Materialismus verfallen seien und daß wir rücksichtslos alles Vogelleben im Walde austilgten usw. Dagegen bemerke ich, daß in den bayerischen Versuchrevieren nicht ein einziger toter Vogel und nicht ein einziges Säugetier festgestellt werden konnte. Außerdem rufe ich jenen überängstlichen oder übereifrigen Naturschützern zu: *Gibt es einen größeren und wirksameren Naturschutz, als den Schutz und die Erhaltung unserer Wälder?* Ja, wenn wir, trotzdem uns Mittel zur Verfügung stehen, die Wälder zusammenfressen lassen, dann kann uns mit Recht die Schuld an dem Untergang tausendfältigen Vogel- und Säugetierlebens zugeschrieben werden. Man sollte doch in Deutschland endlich so weit kommen, nicht immer wieder mit kleinlichen Einwänden eine unbedingte wirtschaftliche Notwendigkeit, wie es einmal heute die Arsenbekämpfung der Pflanzenschädlinge ist¹⁾, hemmen zu wollen.

Die Fraßgifte können natürlich nur gegen beißende Insekten, welche die vergifteten Pflanzenteile fressen und so das Gift in ihren Körper aufnehmen, Verwendung finden. Gegen saugende Insekten, deren Rüssel tief in die Pflanzen eingesenkt wird, sind Fraßgifte unwirksam. Gegen sie kann man nur mit Haut- oder Atemgiften Erfolge erzielen.

Unter ihnen sind in erster Linie zu nennen *Schwefelpräparate*, wie die *Schwefelkalkbrühe*, *Solbar*, sodann *Nicotin*, meist in Verbindung mit *Seifenlösung* oder auch letztere allein, eventuell mit etwas Zusatz von *Petroleum* oder *Cresol*, endlich *Carbolineum*. Auch *Pyrethrum* (also Insektenpulver) und *Quassia* werden als Atemgifte viel verwandt, meist ebenfalls in Verbindung mit Seife.

¹⁾ Wir hoffen ja, daß es unserer Industrie noch gelingen wird, ein dem Arsen gleichwertiges, aber für die Warmblüter völlig unschädliches spezifisches Insektengift zu finden.

Endlich sind noch die verschiedenen *gasförmigen Mittel* zu erwähnen, die sehr vielseitige Verwendung in der Schädlingsbekämpfung finden, allerdings nicht in dem Ausmaße, als man nach den Erfahrungen mit den Kriegsgasen annehmen zu dürfen glaubte. An erster Stelle steht der *Schwefelkohlenstoff*, der neben der Bekämpfung von Schädlingen in geschlossenen Räumen vor allem gegen die im Boden lebenden Insekten und anderen Schädlingen (wie Mäuse, Kaninchen usw.) angewendet wird. In größtem Ausmaße sah ich seine Verwendung in Brasilien, wo man die verheerenden Blattschneiderameisen in ihren oft 30—50 qm großen Nestern damit vertilgt und wo man durch Schwefelkohlenstoffdesinfektion der frisch gepflückten Kaffeefrüchte die furchtbare Gefahr, in die Brasilien durch den Kaffeeborkenkäfer gebracht wurde, in kurzer Zeit gebannt hat, was einen glänzenden Erfolg in der Schädlingsbekämpfung darstellt. Auch Schwefeldämpfe, oft kombiniert mit Arsendämpfen, werden besonders in tropischen Ländern viel gebraucht zur Abtötung von Ameisen und Termiten.

Endlich ist noch die *Blausäure* zu nennen, die in Amerika schon längst, bei uns erst seit dem Kriege, besonders durch die Bemühungen HABERS, Eingang gefunden hat, in Deutschland allerdings nur gegen Magazin-, Speicher- und Mühlen-schädlinge, also nur in geschlossenen Räumen (in Amerika werden auch Bäume vergast, die zu diesem Zweck mit Zelten bedeckt werden). Das Blausäureverfahren ist in den letzten Jahren in Deutschland wesentlich vereinfacht worden durch das Cyclon der deutschen Gesellschaft für Schädlingsbekämpfung, das in dem zu durchgasenden Raum einfach ausgestreut zu werden braucht und das außerdem noch einen Reizstoff enthält, der den Menschen aus dem Bereich des Gases treibt.

Es gäbe noch viele Einzelheiten aus dem hier behandelten Gebiet zu erwähnen, wie die sog. innere Therapie, d. h. durch Einverleibung organischer oder anorganischer Stoffe in den Saftstrom der Pflanze diese zu immunisieren, doch es fehlt die Zeit, noch auf weitere Einzelheiten einzugehen.

Ich komme nun zum Schluß, zu den Ausblicken für die Zukunft, zur Frage, wie die Entwicklung der Schädlingsbekämpfung weitergehen wird und auf welche Weise sie gefördert werden kann. Ich habe vorher schon bezüglich der biologischen Bekämpfung betont, daß wir noch am Anfang stehen. Dasselbe gilt für die chemische Bekämpfung, in der wir auf *vielen Gebieten noch nicht über das Stadium der groben Empirie hinausgekommen sind*.

Es ist allerdings nicht zu leugnen, daß in der letzten Zeit in der chemischen Bekämpfung erfreuliche Fortschritte gemacht wurden, vor allem seitdem die deutsche chemische Großindustrie unter der Initiative DUISBERGS sich der Schädlingsfragen anzunehmen begonnen hat. In einigen Punkten ist unsere Industrie trotz der Kürze der

Zeit, in der sie sich mit der Herstellung von Schädlingsbekämpfungsmitteln beschäftigt, sogar schon wesentlich weitergekommen als die Amerikaner, die ja seit langem vorbildlich waren und nunmehr bald ein halbes Jahrhundert intensive Schädlingsbekämpfung treiben. Dennoch finden wir aber auch hier überall noch große Fragezeichen; überall gilt es noch Neues zu suchen, alte Methoden zu verbessern und zu verfeinern. Selbst über elementare, grundlegende Fragen sind wir zum Teil noch recht wenig unterrichtet, von denen ich hier nur einige anführen will: Wie wirken die Gifte auf den Insektenorganismus, welches sind die Minimaldosen, welche Stadien der Insekten sind am empfindlichsten, welche am widerstandsfähigsten? Gibt es Entwicklungsstadien, die überhaupt unempfindlich für die Gifte sind; gibt es auch Insektenarten, die ganz giftfest sind; ist die Giftigkeit individuell verschieden? Welchen Einfluß hat die Temperatur auf die Gifteinwirkung? Wie wirkt das Gift auf die in den Schädlingen lebenden Parasiten? Welche Faktoren sind an den oft so verhängnisvollen Beschädigungen beteiligt, die als Verbrennungen bezeichnet werden; handelt es sich um einfache oder komplexe Vorgänge? Wie können dieselben vermieden werden? Ferner, um einige Spezialfälle herauszugreifen: Mit welchen Giften können wir am besten zur Vernichtung der Bodeninsekten gelangen? Wie können wir das Holz gegen Termiten und andere Holzfresser immunisieren?

Und gehen wir über die chemische Bekämpfung hinaus zu den allgemeinen Fragen der Schädlingsbekämpfung über, so taucht abermals eine neue Fülle von großen Problemen grundlegender Art auf, die wir zum Teil oben schon gestreift haben, wie in erster Linie: durch welche Faktoren werden die Riesengradationen bewirkt, die zu den verheerenden und die ganze Wirtschaft erschütternden Vermehrungskatastrophen in der Land- und Forstwirtschaft führen? Wird es uns einmal möglich werden, ihre Grundursachen in ihrer Gesamtheit so zu erkennen, daß wir in die Lage kommen derartige Katastrophen vorzusehen und durch vorbeugende Maßnahmen abzuwehren oder wenigstens abzuschwächen? Welche Einflüsse haben die verschiedenen Kulturmethoden auf die Harmonie der Biocönosen? Wie verhalten sich eingeschleppte Tiere zu den Biocönosen? Warum werden sie in dem einen Fall wieder abgestoßen; warum gelingt es ihnen in den anderen Fällen sich nicht nur zu behaupten und zu vermehren, sondern sogar die ursprüngliche Biocönose grundlegend zu verändern und darin zu dominieren? Wie kommt es, daß aus dem Riesenheer der Insekten nur ganz vereinzelte Arten zur Massenvermehrung neigen, während andere, oft nahe verwandte Formen, niemals eine starke Vermehrung erreichen und daher wirtschaftlich bedeutungslos bleiben. Oder, um zum Schluß noch ein Spezialproblem zu nennen: Wie kann die furchtbare Heuschreckenplage, die in vielen Län-

dem der Erde den Schrecken der Bevölkerung darstellt und schon zu gewaltigen Hungersnöten geführt hat, wirksam bekämpft werden?

Alles Fragen von größter Wichtigkeit und einschneidender wirtschaftlicher Bedeutung. Man kann kaum überblicken, welche Fülle von Einzel Forschungen biologischer, physiologischer, epidemiologischer und systematischer Art zu ihrer Lösung notwendig sind.

In welch krassem Gegensatz steht aber heute noch — trotz der sehr erfreulichen Fortschritte in den letzten zehn Jahren — die Entwicklung unserer angewandt-entomologischen Wissenschaft zu der Höhe, die andere Wissenschaften und die Technik erreicht haben. Ein weiter Weg wird notwendig sein, bis wir zur gleichen Höhe gelangt sind. Dieser Weg heißt: *Unentwegte, selbstlose, stille Forschung*, zunächst ohne Rücksicht auf sofortige äußere Erfolge. Ich kann mich des Eindrucks nicht erwehren, daß unserer jungen Wissenschaft noch viel zu wenig Gelegenheit zu ruhiger, ungestörter Arbeit geboten ist. Ist es nicht unglaublich, daß bei den sich täglich drängenden Anforderungen, die das allgemeine volkswirtschaftliche Interesse ganz besonders in der gegenwärtigen Zeit gerade an unsere angewandte Entomologie stellt, die Vertreter dieser Wissenschaft in ihren Forschungen häufig stark beeengt oder sogar gehemmt werden durch Arbeiten, die ebensogut von entsprechend geschulten Hilfskräften ausgeführt werden können. Aber auch die Praxis und die verschiedenen Behörden lassen bisweilen das richtige Verständnis für die verschlungenen Wege der Wissenschaft vermissen. Die Praktiker werden leicht ungeduldig und beurteilen Arbeiten, deren Zusammenhänge mit der Praxis nicht gleich unmittelbar erkennbar sind, womöglich als unnötigen Zeitaufwand.

Man möge doch bedenken, wieviel Tausende von Forschern, die mit den größten Hilfsmitteln ausgestattet sind, an so manchen medizinischen und hygienischen Fragen jahrzehntelang arbeiten, ohne bis heute zur Lösung gekommen zu sein. Wem von uns viele es ein, den Krebsforschern einen Vorwurf daraus zu machen, daß sie noch nicht lehren konnten den Krebs zu bekämpfen? Und wir wenigen angewandten Entomologen, denen kaum die allernotwendigsten Mittel und Hilfskräfte zur Verfügung gestellt werden, sollen in kurzer Zeit die kompliziertesten Probleme lösen. Die amerikanische angewandte Entomologie ist in diesem Punkte weiter gelangt und hat gelernt auf weite Sicht zu arbeiten. Ich erinnere nur an das Schwammspinnerproblem, an dem schon seit fast 30 Jahren ein ganzer Stab von Forschern arbeitet und das jährlich fast eine Million Dollar verschlingt, ohne bis jetzt zu einem vollen Erfolg geführt zu haben. Trotzdem werden die amerikanischen Entomologen, wenn es notwendig ist, nochmals 30 Jahre mit großer Zähigkeit den einmal

eingeschlagenen Weg weitergehen, bis das Problem gelöst ist.

Nur dann, wenn in allen Kreisen eine grundsätzliche Wandlung in dieser Richtung eingetreten ist und der Gedanke, den die Deutsche Gesellschaft für angewandte Entomologie seit ihrem Bestehen bewußt vertritt, zum Allgemeingut geworden ist, wird die angewandte Entomologie, die ja den Hauptteil der Schädlingsbekämpfung vertritt, auch in Deutschland sich den Platz neben den anderen Naturwissenschaften erringen können, der ihr gebührt.

Die erste Voraussetzung hierfür aber ist und bleibt, daß tüchtigen Forschern die Möglichkeit gegeben wird, in völliger Unabhängigkeit rein der Wissenschaft leben zu können. Hier wäre z. B. eine dankbare Aufgabe für die *Kaiser Wilhelm-Gesellschaft* gegeben, nämlich ein Forschungsinstitut in einer schädlingsreichen Gegend Deutschlands zu errichten. Auch an unseren *Universitäten* müssen eine Anzahl völlig unabhängiger Institute und Lehrstühle für angewandte Entomologie geschaffen werden, wo der einzige Leitgedanke wissenschaftliche Forschung sein darf. Nur auf diese Weise wird es auch möglich werden, einen gründlich und speziell für die angewandt-entomologischen Aufgaben vorgebildeten Nachwuchs heranzuziehen, was heute fast ausgeschlossen ist, so daß ein geradezu katastrophaler Mangel an geeigneten jungen Ersatzkräften herrscht, die schon die volle Vorbildung für den praktischen Beruf mitbringen. Selbstverständlich muß der angewandte Entomologe bei seinen Forschungen stets das letzte Ziel in der Lösung der großen praktischen Probleme sehen. Er muß vor allem auch mit der chemischen Industrie zusammen arbeiten, der er auf Grund seiner Forschungen Anregung zu neuen Wegen geben kann.

Auch HOWARD, der Weltführer der angewandten Entomologie, sieht in der Vertiefung wissenschaftlicher Forschung den einzigen Weg zu weiterem Fortschritt und drückt am Schluß seiner berühmten, vor der Entomological Society of America im Jahre 1924 gehaltenen Rede die prophetische Überzeugung aus, daß wir *am Vorabend von Aufsehen erregenden Entdeckungen in der Schädlingsbekämpfung stehen*. Möge, falls diese Prophezeiung in Erfüllung geht, die deutsche angewandte entomologische Wissenschaft nicht als unbeteiligte Zuschauerin beiseite stehen, sondern ihren kräftigen Anteil daran haben.

Ihnen allen rufe ich vor dem größten Forum der deutschen Naturforscher die Bitte zu: *Jeder möge nach seinem Können dafür wirken und eintreten, daß die obigen Forderungen baldigst erfüllt werden. Das ganze Land, die ganze Bevölkerung und unser gesamtes Wirtschaftsleben wird Nutzen daraus ziehen. Und einem wichtigen Gliede der deutschen Wissenschaft wird dann, daran zweifle ich nicht, wie in so vielen anderen Disziplinen, die Führerschaft zufallen.*

Das morphologische Bedürfnis.

Von PAUL ERNST, Heidelberg.

Wer jetzt nach jahrzehntelangem Wirken in einem, besonders der Morphologie gewidmeten Beruf dem Ende seines Amtes entgegengieht, der wird, wenn er ehrlich ist, ein Gefühl der Enttäuschung über seine Wirksamkeit vor sich selbst nicht verbergen können. In Tausenden von Prüfungen hat er immer wieder gefunden, daß, wo die *Anschauung* fehlt, höchstens ein armseliges Bächlein farb- und würzloser Dialektik trüfzelt. Dieses Geschlecht mag allenfalls Ohren haben zu hören, keinesfalls Augen, zu sehen, geschweige denn zu schauen. Der Altmeister unserer Wissenschaft schreibt: Mit der mangelhaften Fähigkeit zum Sehen, d. h. zur Aufnahme und inneren Verwertung des Gesehenen, zum Schauen, habe ich bei meinen Zuhörern dieselbe betäubende Erfahrung gemacht wie Sie. Ich pflegte die Menschen, insbesondere meine Zuhörer, in 3 Klassen einzuteilen: 1. die große Mehrzahl derer, die das nicht sehen und in sich verarbeiten können, was man ihnen zeigt; 2. die verhältnismäßig geringe Zahl derer, die das können, und 3. die sehr kleine Zahl derer, die etwas sehen, was ihnen nicht gezeigt worden ist. Manche lernen das wohl im Laufe der Zeit, aber nach den Erfahrungen, die man im Examen macht, ist ihre Zahl recht gering und daher das Resultat am Abschluß des Studiums bei der großen Mehrzahl der Ärzte recht dürftig. Als weitere Zeugen stehen hinter mir der *Anatom* mit dem Ruf eines glänzenden Lehrers und mit dem Zauber einer fesselnden Persönlichkeit, der jedes meiner Worte unterschreibt, und der *Philosoph* und *Pädagoge*, der mich in meiner Klage und Anklage bestärkt und mir versichert, das sei die Krankheit des Zeitalters und werde in allen Regionen des Geistes verspürt, im Gebiet der schaffenden, bildenden und gestaltenden *Werkerziehung*, im Gebiet des *Realismus*, der die *Dinge* (Res) erklären will, aber auch im Gebiet des *Humanismus*, der den *Homo* zu verstehen sucht, denn im weitesten Sinne herrscht die Macht der Form als Bilden und Gestalten auch in Schrift und Sprache. Der anatomische Gedanke, den einst MORGAGNI in die Medizin eingeführt hat, indem er den Krankheiten einen Sitz anwies, ist verblaßt und verkümmert oder wird gewaltsam unterdrückt. Ein wundervolles, reiches Angebot von Anschauungsmaterial findet geringe und kühle Nachfrage. Das großartige Bildungsmittel des Kindes ist noch immer das Bilderbuch, aber der Jüngling sträubt sich, im offenen Buch der Natur zu blättern, worin ihm auf jeder Seite Offenbarungen aufleuchten. Er sieht nicht mehr, was ihm vor Augen liegt und verschließt die Augen vor den Dingen. Der Tiefstand des Anschauungsvermögens, des *morphologischen Bedürfnisses* steht also fest und muß einmal laut und offen vor aller Welt bekannt werden, nicht mit der Bitterkeit

einer Anklage, auch nicht als Rechtfertigung und Verteidigung der Morphologie, sondern als Bekenntnis und Vermächtnis. Käme doch ein Großer, der dieser Jugend das morphologische Bedürfnis einzupflanzen berufen wäre, was uns Geringen in Jahrzehnten nicht gelang. Aber es müßte wohl einer kommen, der wie HELMHOLTZ alle Lorbeeren der Physik und Mathematik auf seinem Haupte trüge und am Ende seines Lebens demütig sein Knie beugte vor GOETHE. Dann würde man vielleicht aufhorchen, vielleicht aufatmen.

Wie einst SCHOPENHAUER das metaphysische Bedürfnis forderte als die einheitliche Erklärung der gesamten Erfahrung, als den Drang nach einer Lösung des Welträtsels und Weltproblems, als das Bedürfnis nach einer Weltanschauung, so hoffen wir auf das Erwachen des *morphologischen Bedürfnisses*, denn keine Weltanschauung ohne Anschauung, keine Anschauung ohne Schauen, ohne das Schauen des äußeren, dann des inneren Auges, ohne die Welt des Auges. Das Größte, was der Mensch auf Erden vollbringt, ist zu Schauen und das Geschaute zu künden (RUSKIN). Nicht im abstrakten Wissen, sondern in der richtigen und tiefen anschaulichen Auffassung der Welt liegt die Quelle wahrer Weisheit (SCHOPENHAUER).

Ferner stützen wir uns auf GOETHE'S Wort: Man wird nicht lange mit Bestimmungen der äußeren Verhältnisse und Kennzeichen sich beschäftigen, ohne das *Bedürfnis* zu fühlen, durch *Zergliederung* mit den organischen Körpern gründlicher bekannt zu werden! — Vor allem tut uns not das morphologische Bedürfnis nach einer kraftvollen, farben- und gestaltenfrohen Anschauung. An sie schießt und krystallisiert die Mechanik von selbst an, dank dem kausalen Bedürfnis, das tief im Menschen wurzelt und keiner Erweckung bedarf. Ohne äußere Anschauung aber hängt Mechanik in der Luft, zerflattert im Winde der Begriffswelt. An der Hand GOETHE'S und vorwiegend mit seinen Worten — denn er ist für uns immer noch der *größte Geist des deutschen Volkes*, der *größte Erzieher des deutschen Geistes* — wollen wir werben für die Auferweckung des morphologischen Bedürfnisses, des Anschauungsvermögens. Wahrhaftig nicht für eine stiere, stumpfe Anschauung, wie sie die neunmal Weisen hinzustellen belieben, sondern für eine Morphologie, welche Anschauung mit physiologischem Denken verbindet, welche den Gegenstand biologisch auffaßt, denkend beobachtet, kurz für eine physiologisch beseelte Morphologie.

Es ist klar, daß Begabungen des *visuellen Sinnes*- und *Vorstellungstypus*, die „Augenmenschen“ das morphologische Bedürfnis ohne weiteres und selbstverständlich empfinden. Im Vertrauen aber darauf, daß die meisten Menschen einem gemischten

Typus der Begabung angehören, also auch Vertreter des *auditiven* und des *kinästhetischen Typus* den Gesichtswahrnehmungen nicht völlig verschlossen sind, wenden wir uns doch in unserer Hoffnung auf ein Erwachen des morphologischen Bedürfnisses an alle; ist es doch erwiesen, daß die meisten Gedächtnis- und Rechenkünstler sich rein optischer mnemotechnischer Hilfsmittel und selten akustisch-motorischer bedienen.

Wie und warum ist es aber zu diesem Tiefstand des Anschauungsvermögens gekommen? Ich finde zwei Ursachen, die eine liegt in der Erziehung des *Kindes*, die andere in der Bildung des *Jünglings*.

Die pädagogische Erfahrung von Jahrtausenden ist in den Wind geschlagen. Mit 6 Jahren bekommt das *Kind* alles Technische fix und fertig in die Hand. Jede gestaltende Funktion ist weggefallen. Das einzige Motto für die Jugend lautet: Durch Spiel und Freude zum Lernen gelangen! Wo aber kein Ergon, da entsteht kein Organon. Ohne daß die Hand gestaltet, wird morphologisches Sehen nicht ausgebildet. Der Mensch ist das vernünftigste Wesen, weil er Hände hat, sagt ANAXAGORAS. Jedenfalls besteht eine Wechselwirkung zwischen Hand und Verstand.

Und der Jüngling wird erzogen in der Geringschätzung, ja Verächtung der Morphologie, und das hängt so zusammen: Medizin kann, *soweit sie Wissenschaft ist*, nur Naturwissenschaft, *angewandte Naturwissenschaft* sein. Die naturwissenschaftliche Theorie kann nur Mechanik sein, alle Naturerklärung besteht in dem Aufweis der kausalen Notwendigkeit, womit eine Erscheinung die andere hervorbringt. In jeder Naturlehre steckt aber nach KANT nur so viel eigentliche Wissenschaft, als Mathematik darin anzutreffen ist. Und nach HELMHOLTZ ist es das Ziel der Naturwissenschaft, sich in Mechanik aufzulösen. Daher die Neigung der Naturwissenschaft, qualitative Unterschiede in den Eigenschaften der Dinge auf quantitative zu reduzieren. Aber die Abhängigkeit der Qualität von der Quantität ist ein synthetisches, kein analytisches Verhältnis. Wir können die Zusammengehörigkeit feststellen, aber nicht begreifen. Wir können nicht sagen, weshalb zu 450 Billionen Ätherschwingungen in der Sekunde Rot, zu 640 Billionen Blau als Empfindung gehört. Nach der naturwissenschaftlichen Weltansicht gehören aber nur die quantitativen Bestimmungen an sich, absolut und primär, zum Wesen der Wirklichkeit, dagegen die qualitativen, relativ und sekundär, zu ihrer Erscheinung im Bewußtsein, und für diese verschiedene Erkenntniswertung des Qualitativen und des Quantitativen war das Entscheidende das Bedürfnis der mathematischen Theorie, welche meßbare Größen braucht und der an den Dingen deshalb dasjenige als wahrhaft wirklich gilt, was sich quantitativ bestimmen läßt, oder mit DESCARTES Worten, was man intellektiv, *clare et distincte*, nicht imaginativ, *obscure et confuse*, vorstellt! (WINDEL-

BAND.) Was für die Farben gesagt ist, gilt auch für andere Empfindungen: Der Duft der Rose ist nicht deren chemische Zusammensetzung, der Klang des Tones nicht dessen Luftwellen.

Übrigens ist die These von der *rein mechanischen Weltkonstruktion* erst eine Frucht des 19. Jahrhunderts und gipfelt in der LAPLACESchen Formel. Die Begründer der *nova scientia* (GALILEI, KEPLER, NEWTON) haben nicht so gedacht. Sie wußten, daß der Begriff des Mechanischen für die Welt eine Metapher sei und daß es strenger wäre, zu sagen: Es gelte die Welt nur an dem Punkt zu erkennen, *wo* sie mechanisch konstruiert oder *als ob* sie mechanisch konstruiert sei. So schreibt KEPLER an FABRICIUS: „Du machst mir zum Vorwurf, daß ich die Natur nicht in ihrer Ganzheit zu ersehen strebe, sondern nur in ihrer quantitativen Seite. Darauf antworte ich: Das Quantum ist ihr Schwanz, und daran halte ich sie, aber daran halte ich sie fest.“ Das Quantum ist das *ποσόν* des Platon, das *ποιόν* entzieht sich der Berechnung und Beherrschung. Wenn also das Quantum nur durch Berechnung erklärt werden kann, läßt sich vielleicht das Quale nicht irgendwie dem Verständnis erschließen?

Ein Naturding kann nie dadurch begreiflich gemacht werden, daß seine *Zweckmäßigkeit* hervorgehoben wird. Die Auffassung der Zweckmäßigkeit darf also nie ein Erkennen sein wollen. Andererseits aber würde man auf dem Standpunkt der mechanischen Naturerklärung nur dann ein Recht haben die teleologische Betrachtung der Natur völlig zu verwerfen, wenn man mit Hilfe der wissenschaftlichen Begriffe das gesamte System der Erfahrung bis auf den letzten Rest begreiflich zu machen imstande wäre. Sollten sich aber Punkte finden, wo die wissenschaftliche Theorie zur Erklärung des Gegebenen nicht ausreicht, so würde an diesem Punkte die Möglichkeit einer Ergänzung des Wissens durch eine teleologische Betrachtung zugestanden werden müssen, wenn sich zugleich zeigte, daß das mechanisch Unerklärliche den unabweisbaren Eindruck des Zweckmäßigen macht. Kritische Teleologie kann also nur die *Grenzbegriffe* der mechanischen Naturerklärung betreffen. Solcher Begriff ist das *Leben*. Der *Organismus* ist kein *Mechanismus*. Man könnte höchstens sagen: Der Organismus *hat* vielleicht einen Mechanismus oder bedient sich eines Mechanismus. Aber eine mechanische Erklärung des Organismus ist nicht gelungen, noch nach der Einrichtung unseres Verstandes überhaupt möglich, wenn auch die Möglichkeit einer mechanischen Entstehung der organischen Körper nicht völlig verneint werden kann. Aber auch die *Entwicklungsmechanik* ist ohne die teleologischen Kategorien der Anpassung, Entwicklung, der Determinanten und Dominanten nicht angekommen. Man vermag nach dem Gesetz der mechanischen Kausalität zwar die Entstehung und Verfassung des Weltgebäudes und der Himmelskörper, aber nicht den kleinsten organischen

Naturkörper, keinen Grashalm und keine Raupe zu erklären. Jedes Leben ist immer nur wieder durch anderes Leben zu verstehen. Mag man die einzelnen *Funktionen* der Organismen durch den mechanischen Zusammenhang ihrer Teile untereinander und mit der Umgebung begreifen, man wird immer wieder die Eigenart der *organisierten Materie* und ihre *Reaktionsfähigkeit* als ein nicht weiter reduzierbares Moment in Rechnung ziehen müssen. Der Organismus ist das Wunder in der Welt der Mechanik! Darum ist die teleologische Betrachtung der Organismen notwendig und allgemeingültig. Sie darf nur nichts anderes sein als eine Betrachtungsweise. Das Denken darf sich nicht dabei beruhigen, sondern der Einblick in diese zweckvolle Lebendigkeit muß vielmehr als ein *Regulativ der Naturbeobachtung*, als *heuristisches Prinzip* für die Aufsuchung der mechanischen Zusammenhänge dienen, mittels deren sie, die Lebendigkeit, sich in jedem einzelnen Falle verwirklicht. Das ist *auch* KANT, und es ist wirklich nicht angebracht, daß das Ei klüger sein will als die Henne. Wie unendlich müßten wir verarmen, wenn wir uns in den weiten Strecken, wo die mechanische Naturerklärung versagt, nicht wenigstens an dieses heuristische Prinzip anklammern dürften. Morphologie klärt auf und erleuchtet, wo keine Mathematik je hineinzündet! —

Aus der *Übertragung* der strengen Forderungen KANTS, der Wissenschaft nur anerkennt, soweit Mathematik darin anzutreffen ist, und von HELMHOLTZ, Naturwissenschaft habe sich in Mechanik aufzulösen, aus der Übertragung dieser Thesen auf die Medizin und den Menschen, und aus ihrer *Überspannung* fließt alle Geringschätzung und Verachtung der Morphologie in den letzten Jahrzehnten. In Wahrheit sind aber die Begriffe *Mensch, Organismus, Entwicklung, Leben* und alle damit zusammenhängenden *biologischen Begriffe* der streng mechanisch-mathematischen Theorie unzugänglich, also Grenzbegriffe der mechanischen Naturerklärung, wo die teleologische Betrachtungsweise nach demselben KANT notwendig und allgemein gültig ist, wenn auch nur als heuristisches Prinzip für die Aufsuchung der mechanischen Zusammenhänge, mittels derer sich die zweckvolle Lebendigkeit verwirklicht.

Also beruht die Geringschätzung der Morphologie auf einem *Mißverständnis*, auf mißverständener Übertragung der mechanisch-mathematischen Theorie auf den Menschen, auf den sie doch nur ganz beschränkte Anwendung finden kann.

Nun will sich Naturwissenschaft aber nicht bescheiden, sie macht nicht Halt vor dem Organismus, sondern ruht nicht, bis sie den *Organismus*, ihr Hauptproblem, als höchstkompliziertes Mechanismus erkannt hat. Und weil im innersten Kern der Organismus dieser Betrachtungsweise widerstrebt, besonders insoweit Form, Bildung und Gestaltung in Frage kommen, wird diese Welt des Auges als unbrauchbar und unbequem, minder-

wertig und widerspenstig beiseite geschoben und vernachlässigt. Aber die mathematisch-exakte und die empirisch-beschreibende Erkenntnis sind nur verschiedene symbolische Formen, in denen wir die entscheidende *Synthese* von Geist und Welt vollziehen. Es ist eine Mannigfaltigkeit von Naturbegriffen möglich, ohne daß die Objektivität des einen die des anderen aufhebt und zunichte macht. Führt der eine Weg zur berechenbaren Kausalgleichung, so führt der andere zur vollkommen sichtbaren Verknüpfung des Anschaulichen; ist der eine konstruktiv, so ist der andere deskriptiv.

Nun ist aber Medizin nicht bloß Naturwissenschaft. Über die *zwei Seiten der Medizin* sagt DIETL: „Die letzte Stunde der alten empirischen Medizin, die einer streng wissenschaftlichen Richtung weichen mußte, war gekommen, als man begann, im Arzt den Naturforscher und nicht den Heilkünstler zu schätzen. Die Medizin ist eine Wissenschaft, die eine mathematische Grundlage hat, wie jede Naturwissenschaft. Die Mathematik schließt aber alle Kunst aus. Das höchste Ziel der alten Schule war: *Heilen*, und das Wissen war nur ein zufälliges Ergebnis ihrer Heilversuche. Das höchste Ziel der neuen Schule ist: *Wissen*, und das Heilen ist nur ein notwendiges Ergebnis des Wissens. Es gibt zwei Wege der Erkenntnis am kranken Menschen: 1. Anwendung der Erfahrung aus dem Gebiete der Biologie, sowie der Chemie und Physik; 2. jenes künstlerische Erraten, die spezifisch ärztliche Intuition“. — Intuition ist aber *Anschauung*, die unmittelbare Erfassung der Wirklichkeit in ihrer vollen Sinnenfälligkeit (äußere Anschauung) oder, auf seelische Erlebnisse bezogen, in ihrem vollen Bewußtsein (innere Anschauung). Die Medizin kann nicht den Anspruch erheben, eine besondere Wissenschaft zu sein. Da der *Mensch* dem Menschen selbst doch immer wieder als wichtigster Gegenstand in jeglicher Hinsicht erschien, so findet Medizin ihre Daseinsberechtigung in der *Würde des Gegenstandes*, nicht im *Wert der Methode*, worin die Medizin nie bahnbrechend und pfadfindend gewesen ist, sondern zu allen Zeiten gebahnte Wege eingeschlagen hat. Sie zieht die Nutzenanwendung der Methoden tiefgründiger Wissenschaften auf den Menschen.

Der *Forschung* ist also ihr Weg vorgezeichnet. Medizin, soweit sie Wissenschaft ist, kann nur Naturwissenschaft sein und mag sich denn in Mathematik und Mechanik auflösen. Denn Naturwissenschaft ist durchgängig eine entweder reine oder angewandte Bewegungslehre (KANT). Was aber für die *Forschung* gilt, gilt nicht auch für die *Lehre*. Die *Forschung* blüht, glänzt, feiert sich und wird gefeiert. Aber es ist eine Kluft zwischen *Forschung* und *Lehre*. Auf dem Mißverständnis, als ob *Forschung* und *Lehre* dasselbe wären, sich deckten oder gleiche Wege einzuschlagen hätten, beruhen alle unsere Mißerfolge der Erziehung und des Unterrichts. Oder zweifeln Sie an unseren

Mißerfolgen? Noch nie gedieh in Medizin und Religion das Sektenwesen so üppig wie heute. Noch nie ist so wie heute das Volk in hellen Haufen zu den Kurfuschern, den Dunkelmännern gelaufen, weil es zu den einseitigen Mechanisten kein Vertrauen hat, denn der einfache, ungelehrte Mann läßt sich in alle Ewigkeit nicht einreden, daß er eine Maschine sei und der hochgebildete Techniker und Maschinenbauer erst recht nicht! Das A und O der Lehre muß die Anschauung sein, die äußere, sinnliche, gestalt- und farbenreiche Anschauung, erzeugt und geweckt durch das morphologische Bedürfnis. Darin allein liegt die Rettung unseres verkümmerten und verarmten Geschlechtes, welches, wie der tragische Held nach ARISTOTELES, Mitleid und Furcht erweckt, Mitleid mit seinem dünnen, fadenscheinigen Wissen, und Furcht vor seinem künftigen Handeln. Wir geben ihm Steine statt Brot, wenn wir die Medizin lehren nur insoweit Mathematik darin anzutreffen ist, soweit sie sich in Mechanik auflösen läßt und soweit sich der Geist zwischen Abscisse und Ordinate tummeln kann. Das ist nur ein kleines, dürftiges Stück der Medizin, ihre dürre Heide und rings umher liegt schöne, grüne Weide. Daneben steht des *Lebens* goldener Baum, die Welt des Auges und der Anschauung.

Darum lautet unsere Lösung: „Nicht gegen NEWTON, nicht weniger NEWTON, sondern neben NEWTON mehr GOETHE. Neben NEWTON in der *Forschung* mehr GOETHE in der *Lehre*. In der *Forschung* herrsche Mechanik und Mathematik, in der *Lehre*, in Erziehung und Unterricht herrsche die Anschauung, denn eine Welt des Auges ist eine reichere Mitgift für den jungen Arzt als ein Schulsack voll mathematischer Formeln und Kurven.

Wenn es also das Ziel der Naturwissenschaft ist, sich in Mechanik aufzulösen, ist es darum auch das Ziel der *Biologie*, und damit jenes Teils der Biologie, den wir Medizin nennen? Das ist die Frage. Es wäre denkbar, daß der Satz von der Erhaltung der Energie Geltung hätte auch für belebte Systeme und daß dieselben sich dennoch unserer Mechanik entzögen (HERTZ). Alle wissenschaftliche Forschung ist in letzter Linie nichts anderes als Feststellung von Ähnlichkeiten zwischen bisher als unähnlich erschienenen Dingen, und der erhabenste Ausdruck dieser Feststellung ist die quantitativ ausdrückbare Beziehung dieser bisher unähnlich erschienenen Dinge auf ein gemeinsames anderes Ding. So ist Organisches mit Unorganischem, sind Organismen mit Mechanismen in vergleichende Beziehung gebracht. Das geschieht unter der Voraussetzung, daß sie vergleichbar seien, unter irgendeinem Gesichtspunkt miteinander verglichen werden können. Zugrunde liegt der Gedanke: Organisches und Unorganisches sind die beiden Teile der Schöpfung, der Welt. Teile eines Ganzen müssen sich irgendeinem Gesichtspunkt vergleichender Betrachtung unterordnen und einfügen lassen. Und da kann es sich

doch nur darum handeln, wieweit sie ähnlich oder unähnlich sind, und wieweit Gesetze des einen Teils auf den anderen anwendbar seien.

Physiker sind aus gutem Grunde keine *Vitalisten*. Ihr Gegenstand wird sich wohl restlos in Mechanik (Bewegung) auflösen lassen. Und die *Chemiker* haben durch künstliche Synthese des Harnstoffes, des Indigo, des Zuckers, des Gummis und vieler anderer Stoffe gezeigt, daß sie die Natur nachahmen können, ohne einer Lebenskraft zu bedürfen. Aber die *Biologen*, alle, die mit dem Leben (*bíos, vita*) zu tun haben, sind alle mehr oder weniger *Vitalisten*, ob sie sich dazu bekennen oder nicht, je nachdem ihnen der physikalisch-chemisch unerklärbare Rest der Lebenserscheinungen groß oder klein dünkt. Sie sind auch Vitalisten auf ihre Weise und nach ihrer Sonderart, wenn sie die Lebenskraft als einen *Archaeus insitus*, einen inwendigen Alchymisten, wie PARACELSUS, als *vita propria* der Teile, als ein metaphysisches Prinzip, wie HALLER, als Bildungstrieb (*nisus formativus*), wie BLUMENBACH, als einen Schöpfungsgedanken, wie AGASSIZ, als eine Naturkraft, die an physikalische und chemische Gesetze gebunden sei, wie JOH. MÜLLER, als eine kosmische Intelligenz, wie JOH. REINKE, oder ein übernatürliches Wunder als transcendentalen Vitalismus, oder als Entelechie, als den Ausdruck für die Eigengesetzlichkeit des Lebendigen, wie DRIESCH, deuten, und für den Reiz, die Bewegung, den Stoffwechsel, die Fortpflanzung und Vermehrung, die Vererbung, oder für die Zweckmäßigkeit und den planmäßigen Ablauf vieler Erscheinungen, oder für die psychische Tätigkeit die Lebenskraft in Anspruch nehmen bis hin zu jenem berühmten Botaniker, der seinen Schülern gesteht, daß er die Woche hindurch Mechanist, am Sonntagnachmittag Vitalist sei!

Soweit also die Medizin nicht *angewandte exakte Naturwissenschaft* ist, soweit sie auch *Intuition* ist, soweit sie nicht bloß *Forschung*, sondern *Lehre* ist und soweit sie *Biologie* ist und einen *physikalisch-chemisch unerklärbaren Rest* übrig läßt, hat sie Raum für die *Anschauung*, für die Welt des *Auges*.

Hören wir GOETHE'S Worte! Die freie, reine, treue, tiefe *Anschauung* ist die Quelle aller Wahrheit. Aus dieser gereinigten Anschauung fließt alles Denken, Erkennen, Wissen und Schaffen. Sie hilft im Mannigfaltigen das Einfache erblicken, im Besonderen das Allgemeine zu erschauen. „Ohne unmittelbare Anschauung begreife ich nichts.“ Bei jedem aufmerksamen Blick in die Welt theoretisieren wir, jede Anschauung ist Theorie (*theoria*). Theorie ist nie Zweck, nur Mittel, nicht die Krönung der Wissenschaft, sondern sie soll uns auf die Anschauung zurückführen. Anschauung ist das größte Bildungsmittel. Naturwissenschaftliche Gesetze sind vorläufige Abschlüsse oder Forschungshypothesen. Es ist nicht wahr, daß es nur Erkenntnis gibt, wo Gesetze gefunden werden, oft ist die Kausalität und ihre Erkenntnis nichts als Tautologie (HAR-

NACK). „Meine Tendenz ist die Verkörperung der Ideen“, d. h. Ideen so hinzustellen, daß die Anschauung sie als körperliche Tatsachen erfaßt. Die Anschauung fragt nach dem Was, nicht nach dem Warum der Wissenschaft, noch nach dem Wozu der Teleologie, wenn sie nicht das wahre Telos in der Gestalt selbst erblickt. Nicht nach den Ursachen wird gefragt, nur nach den Bedingungen, unter welchen die Phänomene erscheinen. Sich hinaufzuschwingen zu einer höheren Anschauung, das ist Wissenschaft als Kunst zur Ganzheit und Einheit zusammengefaßt (Synthese).

Die äußere *Anschauung* führt uns in die *Welt des Auges*. „Das Auge war vor allen anderen das Organ, womit ich die Welt faßte“, das beredteste von allen Organen, der klarste und edelste Sinn, der sich über die Materie „verfeint“ und sich den Fähigkeiten des Geistes nähert. Die Forderung heißt: Mit den Augen zu sehen, was vor den Augen Dir liegt, diese sonnenhaften Augen zu brauchen als Organ zur Aufnahme der Wahrheit: Die Sinne rein zu erhalten und mit seinen frischen Augen zu sehen. Das intensive, das große, durchs ganze Leben wirksame Schauen mit dem körperlichen Auge bewirkt eine Schärfung des inneren Sinnes. Man lernt mit den Augen des Geistes sehen. Die Welt des Auges führt zu einer Schule des Sehens, bis daß wir die Gegenstände im Geiste wieder hervorbringen können und sie im eigentlichen höheren Sinne anschauen. Wir müssen sehen lernen, um uns in die Welt des Auges einzuführen. In dem Auge spiegelt sich von außen die Welt, von innen der Mensch, die Totalität des Innern und des Äußeren wird durch das Auge vollendet. Des Auges Fassungskraft und Klarheit gehört dem Verstande eigentlichst an und das Sehorgan wird zum Mittelpunkt des gesamten geistigen Lebens.

„Ohne Schauen kann ich nicht denken.“ „Zum Sehen geboren, zum Schauen bestellt“, sagt der Türmer und mit ihm jeder Morphologe von sich. Vom Hinstarren auf die Natur spricht GOETHE oft. Vom Schauen soll uns weder Fabel noch Geschichte, weder Lehre noch Meinung abhalten. Das wohlgeschaut Besondere kann immer für ein Allgemeines gelten, d. h. jedes tief Erschaute ist die Quelle von Gedanken. Der „Naturschauer“ steht in der Mitte zwischen dem Naturphilosophen, der von oben herunter, und dem Naturforscher, der von unten hinaufleitet. Zum Erschauen gehört das mit Hilfe des Verstandes durchführbare Vereinfachen, darin liegt der Kampf gegen die überhäufte Empirie, gegen die grenzenlose Mannigfaltigkeit, liegt die Überwindung der Tatsachenfülle durch die erschaute Einheit der Gestalt. So besiegen wir das Grauen vor der empirischen Weltbreite.

Sehen und Wissen, Anschauung und Denken wirken gegenseitig aufeinander ein. Zwei entgegengesetzte Forderungen treten auf: Das Bedürfnis, im einzelnen genaue Kenntnisse zu besitzen, damit das Auge überhaupt sehen lerne,

und das Bedürfnis, die allgemeinen Zusammenhänge zu erfahren, ebenfalls, damit überhaupt gesehen werde. Ohne Kenntnis der Einzelheiten sieht der Mensch den Gegenstand nicht gut. Ohne Besitz von allgemeinen ordnenden Ideen, welche die Gegenstände zueinander in Beziehung setzen, ohne Ahnung des lebendigen Kreises, in welchem Entferntes sich gegenseitig aufklärt und die zartesten Bezüge dem forschenden Geiste darlegt, sieht er überhaupt nicht, was ihm vor Augen liegt. Was man weiß, sieht man erst. Das Wissen ist die Vorschule des Sehens. Um die Natur zu sehen, muß man so viel wie möglich über sie wissen. Aber wenn Wissen nicht gestaltet wird, erstickt es an der Überfülle.

In der *Gestaltung* des Wissens liegt die *Synthese*. Wenn man, müde der Analyse, vor einigen Jahren nach Synthese schrie, hier ist sie. In der architektonischen gegenüber der mathematischen Methode der exakten Wissenschaften, in der Verkörperung der Ideen, in der leidenschaftlichen Parteinahme GOETHEs für GEOFFROY ST. HILAIREs zusammenfassendes, synthetisches Verfahren gegen CUVIER und LINNÉ und ihr trennendes analytisches Verfahren, in der Vereinigung der mathematisch-exakten und der empirisch beschreibenden, anschauenden Erkenntnis als den verschiedenen symbolischen Formen, in denen wir die Synthese von Geist und Welt vollziehen.

Wir müssen uns die Wissenschaft notwendig als *Kunst* denken, wenn wir von ihr irgendeine Art von *Ganzheit* erwarten. Unser Ziel ist, das Ganze in der *Anschauung* zu beherrschen, nicht in der *Berechnung*. An die Stelle der mathematischen Folge und ihrer mechanischen Notwendigkeit setzen wir die Anschauung einer Lebenseinheit der Natur. Und KANT sagt: „Wir können uns einen Verstand denken, der, weil er nicht, wie der unsrige, diskursiv, sondern intuitiv ist, vom synthetischen Allgemeinen, der Anschauung eines Ganzen als eines solchen, zum Besonderen geht, das ist von dem Ganzen zu den Teilen.“

Wir kämpfen nicht gegen die *mathematisch-mechanischen Methoden*. Das wäre Torheit. Einen Weg, der zu Erfolg und Triumph geführt hat, verläßt man nicht, und einer siegreichen Regierung macht man keine Revolution. Aber von der Wissenschaft erwarten, sie solle die Rätsel der Natur lösen, heißt in einer starken Illusion befangen sein. Es gibt kein absolutes Wissen, wir wandern immer im Felde des Unbegreiflichen und Unaussprechlichen herum. Was fruchtbar ist allein ist wahr. Alle Hypothesen sind bequeme Bilder, sich die Vorstellung des Ganzen zu erleichtern. Gattung, Art, Atom, Äther, Strahlen, Wellen, Anziehungskraft sind nicht greifbare Dinge, materielle Tatsachen, sondern eben Bilder, Schöpfungen, hervorgegangen aus dem Bedürfnis, sich durch Nachgestalten die Phänomene faßlich vorzustellen. Alles Suchen und Finden der Chemie leitet sich aus zwei Ideen her, aus zwei disparaten Gedankenelementen, die Stoff und Form, Quantität und

Qualität entsprechen, nämlich aus dem Atomismus, der Gruppierung der Atome zu Molekeln und aus der Umbildung dieser Molekel mittels der Wandelbarkeit der Energie.

Man kann eine Maschine als Triumph der mathematisch-mechanischen Methode, der *exakten technischen Wissenschaften* bewundern, und muß daneben doch für die *biologischen Wissenschaften* den Tiefstand des Anschauungsvermögens, den Mangel des morphologischen Bedürfnisses, bitter beklagen. Die Welt des Auges stellt andere Anforderungen an Fassungs- und Urteilskraft als das Verständnis einer Maschine. Ja, die mathematisch-mechanischen Hypothesen hindern das Wiederbeschauen, das Betrachten des Gegenstandes von allen Seiten. Durch sie lernen wir denken und berechnen, verlernen aber das eigentliche Sehen. In diesem Urteil liegt keine Unterschätzung der exakten Wissenschaften, sondern das Bekenntnis einer Weltanschauung, die neben der mechanischen auch ihr Recht hat, die in der Wissenschaft die Kunst sieht, die grenzenlose Empirie zu durchsichtiger Klarheit zu gestalten, die „gefährdete Kultur aus den Klauen der atomistischen Beschränktheit zu erretten“, und die Natur wieder schön, übersichtlich und faßlich zu gestalten.

Wir haben das Bekenntnis der Großen, daß sie in den sicheren Besitz einer Idee durch innere Anschauung kamen, daß sie, wie GOETHE, ihre Ideen mit Augen sahen und erst hinterher die Beweise dafür suchten. Den Großen lieferte der Versuch den Beweis für die angeschaute Idee (*θεωρία*), während die kleinliche Neugierde den Versuch anstellt, um zu sehen was dabei „herauskommt“.

Eine warnende Stimme erhebt die *geschichtliche Betrachtung*. Sie hat gezeigt, daß der Rhythmus in der Entwicklung der Medizin in jeder Kultur der gleiche ist und mit den gleichen Merkmalen auftritt. Es ist der Gang von der magisch-religiösen *Urmedizin* durch die Zeit *wissenschaftlicher Anfänge* hindurch zur *Blütezeit*, d. h. der Zeit großer Ideen zu einer Periode des *Ausbaues*, d. h. technischer Vervollkommenung und wissenschaftlicher Vertiefung und Verbreiterung bis zu einer Zeit des *Niederganges* (Decadenz).

Von allen früheren alten Kulturen unterscheidet sich aber die *abendländische Medizin* durch den *anatomischen Gedanken*. Damit ist ihre ureigenste Denkform gewonnen. Allen alten Völkern und Kulturen fehlte der anatomische Trieb, das Bedürfnis nach Anatomie, oder ganz allgemein gesagt das morphologische Bedürfnis in der Medizin. Durch den anatomischen Gedanken hat die abendländische Medizin eine scharf umrissene eigene Physiognomie, und diese Denkform gibt uns den Maßstab zur Beurteilung ihrer Entwick-

lung. So oft Kräfte am Werk waren, die vom anatomischen Gedanken abzogen und abtrünnig machen wollten, waren sie zur Erfolglosigkeit verurteilt. Alles, was in der abendländischen Medizin Bestand hatte, knüpfte irgendwie an diese Denkform an, die wir gar nicht fähig sind zu sprengen, weil wir damit an unserem eigentlichen und innersten Wesen Verrat üben würden. Wir gäben unser Bestes preis.

Die Wetterzeichen sind günstig. Es ist, als hätte der Wind schon umgeschlagen. Die Diagnostik der inneren Krankheiten, von der Chirurgie gar nicht zu reden, auch die feinere Untersuchung der Haut, sie werden auf dem Wege der Durchleuchtung und Capillarmikroskopie wieder anatomisch, sie treiben *Anatomie am Lebenden*.

Darum rufe ich berühmte Kliniker unserer Zeit zu Zeugen auf. Der eine schreibt: „Nicht in verschwommenen Theorien soll sich der Forscher bewegen. Der springende Punkt ist die *anatomische Fragestellung*. Die Geschichte der Hysterie lehrt, in welches verhängnisvolle Dunkel uns in neuerer Zeit die vielgepriesene funktionelle Medizin führt und zu welcher krystallinen Klarheit wir überall da gelangen, wo uns das *Licht der Morphologie und Anatomie* voranleuchtet.“ Der zweite sagt: „Ohne *Anatomie* gehen wir unter in diesem funktionellen Wahn.“ Und der dritte leitete den Kongreß für innere Medizin ein (1924) mit der Frage: „Sehen wir wieder mehr mit GOETHE'S *Augen* als mit denen NEWTONS?“, und gibt mir damit mein Stichwort wieder.

Darum rufen wir in unserer Hoffnung und Sehnsucht nach dem Wiedererwachen des *morphologischen Bedürfnisses* als Symbol und Wahrzeichen, als unseren guten Geist GOETHE an, nicht den GOETHE der Pflanzenmetamorphose, der Farbenlehre, der Nachbilder, der Wirbeltheorie des Schädels, des Zwischenkiefers oder irgendeiner besonderen naturforschenden Leistung, sondern um seiner großartigen einheitlichen Vorstellung des *Naturganzen* willen, GOETHE, der an die Stelle der mathematischen Folge und ihrer mechanischen Notwendigkeit die *Anschauung einer Lebenseinheit* der Natur setzte, GOETHE, der überall eine *kosmisch geschlossene Ganzheit* sah, GOETHE, der in der Farbenlehre gesiegt hat, auf dem Wege nach dem *Weltsinn*, während NEWTON siegte auf dem Wege nach der *Weltformel*, GOETHE, den Kündler der *reinen Anschauung*, aus der alles Denken, Erkennen, Wissen und Schaffen fließt, GOETHE, den Naturforscher, Naturdeuter und Naturschauer. Ohne Schauung keine Anschauung, ohne diese keine Weltanschauung: *ἡ θεωρία τὸ ἥδιον καὶ ἀγιον*.

Also nicht, wie es einst vor 44 Jahren mit wegwerfender Gebärde hieß: „GOETHE und kein Ende!“ sondern: „Zurück zu GOETHE!“ —

Heilkunst und Naturwissenschaft.

Von F. SAUERBRUCH, München.

Die Sprache der Völker ist der Spiegel ihres Denkens. Es hat darum einen tiefen Sinn, wenn die ärztliche Tätigkeit bald mit dem Worte Heilkunst, Heilkunde, Heilwissenschaft, bald, wie heutzutage, als „wissenschaftliche Medizin“ bezeichnet wird. Alle diese Namen entsprechen einer bestimmten Vorstellung vom Wesen ärztlicher Tätigkeit. In ihnen kommt die wechselnde Form, unter der die Ärzte zu verschiedenen Zeiten gedacht und gehandelt haben, zum Ausdruck.

Die Kulturentwicklung seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts hat die ärztliche Tätigkeit restlos zur wissenschaftlichen, und zwar naturwissenschaftlichen Medizin gestempelt. Gewaltig ist der Aufschwung, der in dieser Epoche durch die induktive Forschung eingeleitet wurde. Unter dem Einfluß des Geistes, der die Medizin beherrscht, geht viel von der Heilkunst verloren. Ärztlichem Denken und Handeln gibt heute fast ausschließlich die Naturwissenschaft das Gepräge. Darf es so sein?

Diese Frage haben in der letzten Zeit sorgenvoll viele, wie BIER, KREHL, HIS, KRAUS, LIEK, BRAUN, WEISZÄCKER u. a. und im Auslande LAMÉRIS, SAHLI, FEDEROW, NASSAUER, LERICHE gestellt.

Daß eine Kluft zwischen der praktischen Tätigkeit des Arztes und der naturwissenschaftlichen Medizin besteht, ist in der Tat unverkennbar. Man kann sie verschieden erklären, z. B. in ihr eine Erscheinung des allgemeinen Kulturkonfliktes unserer Zeit sehen: Das Wesentliche aber ist mit der Frage getroffen: hat die praktische Heilkunst das richtige Verhältnis zur Naturwissenschaft? Ist sie in ihrem Bestreben, es den Naturwissenschaften gleichzutun, nicht auf einen Irrweg geraten? Ich will versuchen, darauf eine Antwort zu geben.

Zunächst, was ist Heilkunst und Naturwissenschaft? Wie sind beide entstanden und welche Beziehungen haben sie zueinander?

Der Trieb, dem kranken Mitmenschen zu helfen, ist uns angeboren, so wie das Kreaturgefühl gegenüber einer göttlichen Macht auch ursprünglich ist. Ähnlich wie der Mensch sich kleidet, wenn er friert, und ähnlich, wie ein Tier dem anderen die Wunden beleckt, so hilft der Mensch dem Menschen. SCHWENINGER hat dieses Verhältnis in schöne Worte gefaßt: „Der Arzt ist keine Einrichtung der Gesellschaft, sein Vorhandensein keine gewollte Zweckmäßigkeit, wie das Recht, und kein geduldetes Zugeständnis an die Schwäche, wie es die Kirche ist; keine gepflegte Anlage der Erfrischung, wie die Kunst, und kein Wahrzeichen der Zucht, wie das Königtum. Der Arzt ist ein aus dem Urzustande in die Gesellschaft gerettetes Erbe. Sein Vorhandensein ist nicht Ergebnis irgendeiner Absicht; der Arzt ist da, wie eine Selbst-

verständlichkeit, die aus der Artung menschlichen Wesens sich ergibt, wie Wasser und wie Brot.“

Aber ebenso angeboren und selbstverständlich und von allem Seelischen des Menschen nicht zu trennen, ist der Trieb, die Umwelt zu deuten und hinter das Geheimnis des Lebens zu kommen. Darum gesellte sich zu der ursprünglich instinktmäßig betriebenen Heilkunst bald etwas anderes: der Drang, das Leben mit seinen Erscheinungen zu erklären. Im Beginne sind es religiös mystische Vorstellungen. Sie werden allmählich ausgeschaltet. Auf Grund von Beobachtungen und Erfahrungen wird eine medizinische Denkform gesucht und gefunden. Die Heilwissenschaft entsteht.

In dem Moment, wo dieses zweite Element ärztlicher Tätigkeit sich durchringt, zeigt sich schon sein Gegensatz zum ersten. Dem gefühlsmäßigen Triebe, auf Grund von subjektiven Eindrücken und Erfahrungen zu helfen und zu handeln, steht von nun an für alle Zeiten die Heilwissenschaft gegenüber. Sie will Leben und Krankheit erklären und der Heilkunst rationelle Wege vorschreiben.

Diese Heilwissenschaft ist kulturgebunden. Form und Inhalt wechseln mit Zeitströmungen und Zeitauffassungen. Ob die Krankheiten erklärt werden durch Dämonen oder böse Geister, durch Einfluß der Sterne, durch Gifte oder Bakterien ist nebensächlich.

Und so geht es Jahrhunderte und Jahrhunderte hindurch.

Das soll ihnen ein kurzer geschichtlicher Überblick zeigen.

Bewußt kommt dieser Konflikt zum ersten Male im Zeitalter des HIPPOKRATES zum Ausdruck, und zwar in den beiden altgriechischen Ärzteschulen von Knidos und Kos. In Knidos wurde die Medizin als Wissenschaft betrieben und gelehrt. Eine theoretische Krankheitslehre wurde geschaffen, die die unbefangene Beobachtung trübte und zu Irrwegen und allerlei Spekulation führte. Der Kranke wurde zugunsten des Krankheitsbegriffes vernachlässigt.

HIPPOKRATES dagegen sah in der Heilkunst keine Wissenschaft, die jeder erlernen könne. Besondere Eigenschaften des Verstandes und des Herzens sind unerläßliche Voraussetzungen. Erfahrung ist die Grundlage alles ärztlichen Könnens. Heilkunst ist nur durch eigene Beobachtung am Krankenbette und durch Schulung der Sinne zu erlernen. Unabhängig von philosophischen Neigungen des Zeitalters sucht er das ärztliche Wesen in seiner reinen Urgestalt zu erfassen und zu begrenzen. Er hat als erster die ewigen Grundgedanken der Heilkunde aller Zeiten ausgesprochen und betätigt. Ihr Ziel und Inhalt ist Behandlung des Kranken. Mit vorurteilslosem Blick sieht er

die Krankheitserscheinungen, die er mit klassischer Klarheit erfaßt und schildert. Seine Kenntnisse dienen ihm nur dazu, den Ablauf der Krankheit zu erkennen, nicht aber daraus Rückschlüsse auf ihre Natur und ihre Entwicklung zu machen. Er sieht in der Heilkunst etwas Eigenes, etwas Besonderes, ein Gebiet für sich, das mit der Wissenschaft nichts zu tun hat. Seine Sprüche: „Das Leben ist kurz, die Kunst ist lang; der rechte Augenblick ist rasch enteilt; der Versuch ist trügerisch; das Urteil ist schwierig“, sind Kennzeichen seiner Auffassung.

Dabei dachte HIPPOKRATES historisch. Er wußte, daß Errungenschaften und Wahrheiten eines Zeitalters oft Irrtümer enthalten, die erst die Zukunft offenbart. Seine künstlerisch intuitive Art, die Heilkunst zu betreiben, geht wohl am klarsten aus dem Satze hervor, den er in der alten Medizin zum Ausdruck bringt: „Man muß ein bestimmtes Maß zu erlangen suchen. Aber ein Maß, sei es ein Gewicht oder eine Zahl, die als Richtschnur dienen kann, wirst du beim Lebenden nicht finden — keine andere als die körperliche Empfindung.“

In der begrenzten tiefen und bescheidenen Auffassung seiner Heilkunst liegt ihre klassische Größe.

Der von HIPPOKRATES klar empfundene Sinn der Heilkunst geht in der folgenden Zeit der Dogmatiker verloren und Krankheitsdeutung wird betrieben. Das Können des Arztes gelangte dabei nicht zur freien Entfaltung, selbst dann nicht, als später anatomische und naturwissenschaftliche Kenntnisse erheblich zunahmen.

In viel schärferer Form kommt der Gegensatz zwischen Heilkunst und Heilwissenschaft in der Renaissance zum Ausdruck. Nach einer traurigen Zeit des Niederganges war damals aus Sehnsucht nach Wiedergeburt ein allgemeiner Kulturschwung entstanden. Ihren Sinn haben die Ärzte früher als alle anderen begriffen, und Ärzte werden die stärksten Stützen des neuen Zeitalters. Unter ihnen ragen hervor: VESAL, AMBROISE PARÉ und PARACELSUS.

Die geschichtliche Bedeutung VESALS beruht darauf, daß er in seiner klassischen Anatomie die Grundlage der ganzen kommenden naturwissenschaftlichen Medizin schuf. AMBROISE PARÉ ist als Arzt und Mensch ein ewiges Vorbild chirurgischer Kunst.

Der Gewaltigste aber in diesem Dreigestirn ist PARACELSUS. Sein Name steht neben dem des HIPPOKRATES. Er ist Träger der Reaktion gegen die medizinische Pseudowissenschaft seiner Zeit; er drängt wieder auf die Bahn der Erfahrung und der vorurteilsfreien Naturbeobachtung. Trotz aller Mystik, die in seiner religiösen Empfindung begründet ist, entspringen seine Gedanken naturwissenschaftlicher Betrachtung, die dem Zeitalter KOPERNIKUS entspricht.

HOHENHEIM setzt symbolisch in den Kern alles Seienden das Leben.

Es folgt denselben Gesetzen, wie alle Bewegungserscheinungen der unbelebten Welt; aber dennoch unterscheidet es sich grundsätzlich von allem anderen Geschehen, daß es dem großen Weltall, von dem es der Anschauung nach nur ein winziger Teil ist, an Bedeutsamkeit gleichkommt.

Das Wesentlichste aber an diesem Arzte ist, daß er mit seinem großen Vorgänger HIPPOKRATES in der Auffassung des ärztlichen Berufes als einer Kunst einig ist. Auch für ihn ist das Heilen der Kranken etwas Eigenes, etwas Besonderes und nicht ein Bestandteil von Religion, Philosophie und Wissenschaften.

Die Wirkung der Geistesriesen VESAL, PARÉ, HOHENHEIM gab der Heilkunde im ganzen ein völlig anderes Gesicht. Das 16. und das 17. Jahrhundert werden von einem großen Zug beherrscht. Naturwissenschaftliches Denken beginnt.

Astronomie, Mechanik und Optik und selbst die Chemie nehmen einen beispiellosen Aufschwung. Er mußte die gesamte Weltanschauung und die übrigen Wissenszweige nachdrücklich beeinflussen. Die Naturwissenschaften rückten in den Brennpunkt des Lebens und bestimmten seinen Realismus. Das Zusammenwirken anatomischer, mikroskopischer und experimenteller Forschung und technische Verbesserung der Untersuchungsmittel führten zu einer erstaunlichen Erweiterung medizinischer Anschauungen und Kenntnisse. Es entstand die induktive Forschung in der Medizin. Sie verknüpfte sich mit dem Namen BACONS, der in seinem „Novum Organon“ ihre Wege und Ziele auseinandersetzte. Die Entdeckung des Blutkreislaufes war ihre erste Großtat.

So entwickelte sich langsam zum ersten Male das, was wir heute medizinische Wissenschaft oder wissenschaftliche Medizin nennen.

Aber in ihrem Stolz auf die großen Fortschritte und in Übertreibung ihrer Möglichkeiten verliert diese Richtung bald den sicheren Boden, aus dem sie emporwächst. Sie überschätzt sich und vergißt, daß ihre Wurzeln nur in der Heilkunst liegen können. Die naturwissenschaftliche Heilwissenschaft dieser Epoche sucht mehr zu erklären, als sie vermag. Durch den Vergleich der Blutgefäße mit hydraulischen Röhren und des Herzens mit einem Pumpenstempel, des Brustkorbes mit einem Blasebalg und der Muskeln mit Hebeln war man dem Wesen der Lebensfunktion gewiß nicht näher gekommen. Und die hochgepriesene Mathematik führte auf sog. exaktem Wege zu den größten Verirrungen. Die auf solchen Anschauungen gegründete, sog. Iatrochemie Iatrophysik versagten in der Praxis vollständig. Hilflos standen die Ärzte trotz naturwissenschaftlicher Kenntnisse und Erkenntnisse den Volksseuchen jener Zeit gegenüber. Und als man dann mit der Chinarinde, die nach Europa kam, auf einmal überraschende Erfolge beim Wechselfieber erzielte, da war es mit dem Ansehen der naturwissenschaftlichen Medizin ganz vorbei. Die Ärzte zweifelten jetzt, ob überhaupt der bisherige Weg richtig gewesen sei und ob nicht viel-

mehr eigene empirische Beobachtung für die praktische Krankenbehandlung den Vorzug verdiente.

Das große Ziel, die Medizin in eine Naturwissenschaft umzuwandeln, war kläglich gescheitert. Reumütig erkannte man wieder, daß in der einfachen Beobachtung des Lebens und in praktischer Erfahrung das Wesen der ärztlichen Tätigkeit liegt. Freilich war nach den gewaltigen Fortschritten des 17. Jahrhunderts die naive bescheidene Form hippokratischer Kunst nicht mehr möglich, aber ihr Geist, erweitert und ergänzt durch neue naturwissenschaftliche Tatsachen, konnte die Lösung bringen — und sie kam.

Der große englische Arzt SYDENHAM erklärte wieder die sinnliche Wahrnehmung am Krankenbette als die einzige Quelle der Erkenntnis. Ihm ist die Krankheit ein gesetzmäßig verlaufender Prozeß mit eigener Naturgeschichte und die Hauptsache ärztlicher Tätigkeit das Heilen. Wie seine großen Vorgänger, HIPPOKRATES und PARACELSUS, sieht er in dem Heilvorgang das Walten der Naturkraft. Er ist bewußt Theologe und weiß, daß man den Körper in seinem Kampf mit der Krankheit nur unterstützen kann. In geschickter Ausnutzung dieser Möglichkeit sieht er die Kunst des Arztes, zu der er sich laut bekennt. Die Wissenschaft ist für ihn nur eine Stütze ärztlicher Aufgabe.

Gewissermaßen eine Steigerung und eine Weiterentwicklung der SYDENHAMschen Grundsätze stellt die Medizin BOERHAVES, des geistigen Vaters der ersten Wiener Schule, dar. Auch für ihn war der Grundstock der Tätigkeit des Arztes die Heilkunst; aber er sah in ihr keinen Gegensatz zur Wissenschaft. Vielmehr versuchte er, sie zu vereinigen und zu verbinden. Aber alle wissenschaftlichen Erfahrungen müssen in der Klinik gewissermaßen wie in einem Sammelbecken vereinigt werden.

Unter Einfluß und Führung dieser beiden bedeutenden Kliniker entstand wieder zuverlässige Beobachtung am Krankenbette. Die Kunst des Schauens blühte erneut empor, und die ärztliche Wissenschaft erhielt durch Fühlung mit der praktischen Tätigkeit und durch klare und vernünftige Einschränkung ihrer Ziele wieder rechten Sinn. Die Heilkunst hatte wieder einmal gesiegt.

Leider brachten zeitgenössische Kulturströmungen die Ärzte wieder allzuschnell aus der richtigen Bahn. Unter dem Einflusse der allgemeinen Geistesrichtung entstehen Ende des 18. Jahrhunderts und im ersten Drittel des 19. Jahrhunderts spekulative Systeme, die zu schwerer Gefahr werden. Die Naturphilosophie verliert den Sinn für das Reale. Spekulation ist höchste, ja einzige Erkenntnisquelle.

Die Reaktion gegen diese uferlosen Phantasien und wundergläubigen Schwärmereien ging von Frankreich aus. BICHAT und seine Nachfolger kehrten zur Beobachtung, Analyse und Experiment, kurz zum realen Boden der Naturwissenschaft zurück. BICHAT ist der Begründer der mo-

dernen naturwissenschaftlichen Aera der Medizin, der Aera der empirischen, induktiven Forschung. Sie setzte sich im Anfang nur langsam durch, fand aber dann in Deutschland und Österreich, vor allem in Wien einen besonders günstigen Boden. Hier entstand die sog. zweite Wiener Schule, der Männer wie ROKITANSKY und SKODA das Gepräge gaben. Die weitere Entwicklung führte hier in der Folge zu einer ganz besonders eindrucksvollen Auseinandersetzung zwischen Heilkunst und Heilwissenschaft. Noch nie vorher hatte der naturwissenschaftliche Gedanke in solchem Ausmaße und in solcher Überheblichkeit die ärztliche Tätigkeit zu erfassen und zu beherrschen versucht wie jetzt. Noch niemals vorher hatte die medizinische Wissenschaft so uneingeschränkt den Anspruch erhoben, exakt zu sein.

Der Geist, den jene Zeit charakterisiert, mögen ein paar Sätze aus einer Arbeit DIETELS, eines hervorragenden Schülers ROKITANSKYs, beleuchten: „Die letzte Stunde der bodenlosen Empirie ist gekommen. Nimmermehr kann sie uns bei dem gegenwärtigen Stande der Naturwissenschaften genügen. Sie muß einer höheren, streng wissenschaftlichen Richtung weichen. Nur was im Prinzip der Naturwissenschaften begründet und aus diesen abgeleitet werden kann, darf auf die praktische Medizin übertragen werden. Alles andere gehört in das Reich der Mystik. Unsere Vorfahren kümmerten sich um den Erfolg ihrer Behandlung, wir aber kümmern uns um den Erfolg unserer Forschung. Der Arzt muß als Naturforscher und nicht als Heilkünstler geschätzt werden. Die Medizin hat ihr Objekt, ihr Prinzip, ihre Methode wie jede Naturwissenschaft, und namentlich die praktische Heilkunst geht nicht aus subjektiven, sondern objektiven Begriffen hervor. Sie ist eben eine Wissenschaft und keine Kunst. Das höchste Ziel der alten Schule war Heilen, und das Wissen war nur ein zufälliges Ergebnis der Heilversuche. Das höchste Ziel unserer neuen Schule ist Wissen und das Heilen ein nebensächliches Ergebnis des Wissens. Im Wissen und nicht im Handeln liegt unsere Kraft.“

Diese wenigen Sätze mögen genügen. Aus ihnen spricht ein Geist, der die organische und historische Entwicklung der Medizin erkennt und dem Wesen ärztlicher Kunst verständnislos gegenübersteht. Es ist bezeichnend, daß genau so, wie 200 Jahre früher, in der Renaissance dieser hochgepriesenen Wissenschaft eine armselige, hilflose Heilkunst gegenübersteht. Sie zeigt auch diesmal wieder ihre ganze Unfähigkeit gegenüber einer Volksseuche, der Choleraepidemie des vorigen Jahrhunderts. Auch diesmal leitet Versagen ärztlichen Könnens eine starke Reaktion ein. Ihr Symbol, das im 17. Jahrhundert die Chinarinde war, ist diesmal der PRIESSNITZsche Umschlag. Er entstammt nicht wissenschaftlicher Überlegung, sondern der Volksmedizin. Seine günstige Wirkung auf viele Krankheiten war unverkennbar, und es ist begreiflich, daß die Ärzte sich von einer Wissen-

schaft, die ähnliches nicht zu bieten hatte, enttäuscht abwandten. Die Ärzte gingen ihre eigenen Wege, und nur so konnten Homöopathie, Magnetismus, die Erfahrungslehre RADEMACHERS und die christlich-katholische Medizin RINGSEIS blühen.

So bietet die Mitte des vorigen Jahrhunderts ein eigenartiges Bild von Widerspruch und Zerrissenheit in der Medizin. Auf den Hochschulen ernste und erfolgreiche Arbeit in Wissenschaft und Forschung, allerdings mit kritikloser Bewertung ihrer Ergebnisse. Bei den praktischen Ärzten ausgesprochenes Mißtrauen gegenüber dieser Wissenschaft und ebenso kritiklose Unterschätzung ihrer Erfolge, sogar aller erprobten und bewährten Besitztümer ärztlicher Kunst.

Der Stimmung, von der mancher einsichtsvolle Arzt in jener Zeit beherrscht gewesen sein mag, hat der bekannte Praktiker STIEGLITZ im Jahre 1840 klassischen Ausdruck verliehen: „Die Medizin ist so gesunken und erschlaft, daß ihr jede Aufrüttelung heilsam sein muß. Alles, was sie in neue Bahnen versetzt, selbst wenn es Irrtümer und Verkehrtheiten sein sollten, ist willkommen.“

Als STIEGLITZ diese Worte schrieb, war die Wendung näher, als er ahnte. Im fünften Dezenium des 19. Jahrhunderts tritt die Medizin in eine neue, ihre letzte Phase ein.

Ihnen allen, sehr verehrte Damen und Herren, sind die Tatsachen bekannt, die die Eigenart der letzten Epoche charakterisieren. Die pathologische Anatomie unter VIRCHOWS Führung gibt der Lehre MORGAGNIS vom Sitz der Krankheit endlich vollen Gehalt. Sie wird zur Grundlage der ganzen Klinik. Von den ersten tastenden Versuchen ätiologischer Erfassung der Krankheiten führt der Weg ununterbrochen über Bakteriologie, Serologie zur Schutz- und Heilimpfung, schließlich zur unspezifischen Reizkörpertherapie. Den Chirurgen aber im besonderen schenkte diese Zeit Narkose, Antisepsis, Asepsis und künstliche Blutlehre.

So reihten sich Fortschritt an Fortschritt und junge Wahrheiten an alte Erkenntnis. Jeder Tag brachte andere Fragestellungen, neue Anregungen und neue Lösungen, und es waren Männer und Köpfe da, die diese seltenen Möglichkeiten erfaßten und bis zum letzten ausnutzten. Es mag eine Lust gewesen sein, in jener Zeit zu schaffen.

Dann kam das Jahr 1895. Das stolze Gebäude unseres Wissens von Leben und Krankheit wird gekrönt durch die epochale Entdeckung RÖNTGENS. Diagnostische und therapeutische Möglichkeiten von ungeahnter Weite werden erschlossen.

Der Medizin der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts drücken wiederum Naturwissenschaft und Forschung ihren Stempel auf. Ähnlich wie in der Renaissance, als der Geist die Fesseln des Mittelalters durchbrach und gewaltige Entdeckungen und umwälzende Erfindungen, wie die Buch-

druckerkunst, der Menschheit neue Wege wiesen, so war es auch jetzt. Naturwissenschaftliches Denken und Forschen durchdrang das ganze Kultur- und Geistesleben. Die großen Erkenntnisse, wie sie sich z. B. in dem Gesetze der Erhaltung der Kraft ausdrückten, ließen selbst die Lösung der Lebensrätsel erwarten.

Eine neue, hoffnungsfrohe Wissenschaft, die Lehre vom Leben, entsteht. Die Biologie mit ihren großen Problemen rückt bald in den Vordergrund. Lange Zeit wird die ganze Arbeitsrichtung der medizinischen Wissenschaft durch sie bestimmt.

Ganz anders als in früheren naturwissenschaftlichen Epochen greifen die Ergebnisse der Forschung auf die Praxis über. Auf dem Boden der Bakteriologie erwachsen die ätiologische Therapie, in Form der Serum- und Antitoxinbehandlung, und die Prophylaxe der Infektionskrankheiten.

Bedeutungsvoll war auch die Entwicklung der modernen Chirurgie. Für sie war die örtliche Begrenzung der Krankheitsvorgänge im Sinne VIRCHOWS ein Anstoß zu fruchtbarer Arbeit. Kühn erweiterte sie von Tag zu Tag ihr Arbeitsfeld und brachte der Therapie reichen Gewinn. Klarheit der Diagnose und kausale Beseitigung der Krankheit bestachen naturgemäß die Ärzte und stellten ihr Denken um. Im Vertrauen zu operativer Kunst werden in der Folge den Chirurgen auch ausgesprochene interne Krankheiten übergeben.

Endlich glaubt man das Ideal ärztlicher Tätigkeit erreicht zu haben: klare naturwissenschaftliche Diagnose und kausale Therapie. Aber genau so, wie früher unter ähnlichen Verhältnissen an der Wienerschule, kam es anders: Die Ärzte merkten bald, daß mit anatomisch-pathologischer Auffassung allein ein Krankheitsvorgang nicht zu verstehen war. Eine Fülle von Erscheinungen blieb unerklärt. Dem Chirurgen wurde täglich gezeigt, wie wenig bei zusammengesetzten Krankheiten — und das sind die meisten — seine Eingriffe kausal sein können. Die Unzulänglichkeit pathologisch-anatomischer Diagnostik suchte man durch biologische Methoden auszugleichen. Welches Vertrauen man ihnen schenkte, geht aus Worten v. WASSERMANNs hervor; er spricht unter Hinweis auf sie von einem Triumph der medizinischen Wissenschaft und stellt stolz fest, daß es jetzt endlich möglich sei, Diagnosen zu stellen, ohne den Kranken selbst zu sehen, lediglich auf Grund der Untersuchung seiner Körpersäfte und seiner Ausscheidung; Worte, die denen DIETELS fünfzig Jahre vorher sehr ähnlich sind. Ein gefährlicher Irrweg vom Krankenbette ins Laboratorium ist beschritten.

Notgedrungen mußte diese Richtung zu einer unerhörten Spezialisierung unseres ganzen Faches führen. Es wird für den einzelnen unmöglich, alle Untersuchungsmethoden zu beherrschen und die daraus abgeleitete Therapie zu betreiben. Subjektive Krankheitserscheinungen, denen ein

objektiver Maßstab fehlt, verlieren schließlich jede Bedeutung. Die Spezialisierung teilt den menschlichen Körper in viele Einzelteile, von denen jeder seine eigenen Erkrankungen und seine eigenen Krankheitssysteme besitzt. Der Herzspezialist kennt die feinsten Methoden seines eigenen Gebietes; Erkrankungen der Nachbarorgane sind ihm gar nicht selten schon fremd.

Am stärksten hat wohl von allen Ärzten der Chirurg diese Mechanisierung der Heilkunde empfunden. Er muß sich täglich in seiner harten Arbeit davon überzeugen, wie wertvoll für ihn die Ergebnisse gefühlsmäßiger Untersuchung sind und wie häufig wissenschaftliche Methoden im Stiche lassen. Er erlebt immer wieder, zu welchen Irrtümern selbst die objektivste aller Untersuchungsmethoden, die Röntgendurchleuchtung führen kann, wenn sie nicht ergänzt und korrigiert wird durch subjektive Befunde. Der Irrglaube, mit der Feststellung eines Röntgenbefundes sei das Wesen der Krankheit erfaßt, ist leider nicht nur bei Kranken, sondern auch bei Ärzten verbreitet. Was alles aber verraten solch einseitigen Befunden gegenüber dem erfahrenen Arzte aber Gesichtsausdruck, Mienenspiel und die Augen des Kranken, sein Geruch, seine Haltung und sein Gemütszustand. Wie überlegen sind z. B. bei entzündlichen Erkrankungen umschriebene, wenn auch noch so kleine Schmerzpunkte allen biologischen Untersuchungsmethoden gegenüber.

Auch die praktischen Ärzte haben lange gemerkt, daß das goldene Zeitalter, das die exakte Wissenschaft ihnen versprach, nicht gekommen ist. Vor allen Dingen sind sie enttäuscht darüber, daß die mit so großen Hoffnungen begrüßte kausale Therapie versagt hat. Sie haben erkennen müssen, daß die altbewährten Methoden der Behandlung auch heute noch zu Recht bestehen, trotzdem sie naturwissenschaftlich durchaus ungenügend begründet sind. Diätbehandlung ist nicht deswegen wertvoll, weil wir die einzelnen Calorien berechnen können und über die chemischen Vorgänge des Verdauungsprozesses unterrichtet sind, sondern weil die Erfahrung zeigt, daß bestimmte Zustände durch bestimmte Diät wirksam beeinflußt werden können. Bäder, die seit alters her empfohlen werden, sind ihrer Wirkung nach noch nicht exakt erfaßt. Ob wir mit ORIGENES die warmen Quellen als Tränen gefallener Engel ansehen oder ihren Einfluß erklären durch den Salz- oder Jodgehalt oder durch die radioaktiven Substanzen, das ist für die Praxis des Arztes von unwesentlicher Bedeutung. Wichtiger für ihn sind genaue Dosierung und genaue Kenntnis der Reaktion. Das aber lehrt nicht die exakte Naturwissenschaft, sondern die vorurteilslose Naturbeobachtung. Und wieviel Wertvolles hat die Schulmedizin in den letzten Jahrzehnten nur aus diesem Grunde verworfen. Das war der Sinn des BIERschen Artikels über die Homöopathie, und wie ist er mißverstanden worden. Daß die Homöopathie viel wahre Heilkunst enthält, darüber kann kein Zweifel bestehen. Ihre

Grundsätze brauchen darum noch nicht richtig und ewig wahr zu sein. Das ist das Prinzip der Sterilisatio permagna ganz gewiß auch nicht, trotzdem es als wissenschaftlich anerkannt wird. Wie anders, als wir Praktiker, einzelne Pharmakologen das Wesen der Heilkunst auffassen, bewies die Rede HEUBNERS gegen BIER. Zwei Welten standen sich gegenüber, hoffnungslos getrennt: die Welt der exakten Heilmittelforschung und die Welt des geborenen und erfahrenen Arztes.

Die Pharmakologie, über die ich als Chirurg natürlich mir nur ein sehr vorsichtiges und bescheidenes Urteil erlauben darf, hat sich bemüht, die Beziehung zwischen chemischer Konstitution und physiologischer Wirkung aufzudecken. Trotzdem sind die Ärzte in der Praxis nach wie vor auf empirische Therapie beim Menschen angewiesen. Auch hat die wissenschaftliche Pharmakologie, die uns auf dem Gebiete der experimentellen Pathologie und Physiologie so vieles geschenkt hat, leider die Entstehung einer Pseudopharmakologie nicht verhindern können. Ist nicht vielleicht daran der fehlende Zusammenhang zwischen ihr und der Klinik schuld? Die kritik- und maßlose Anpreisung aller möglichen chemischen Mittel für alle möglichen Krankheiten kann gewiß nicht mehr Wissenschaft genannt werden, und mit Heilkunst hat es nichts mehr zu tun. Solange wir in unseren wissenschaftlichen Zeitschriften diesen Inseratenunfug dulden, haben wir kaum ein Recht, gegen Kurpfuscherei zu Felde zu ziehen. Die Erklärung der Verleger, daß nur auf diese Weise die Kosten für die Zeitschriften gedeckt würden, wäre von den Ärzten grundsätzlich abzulehnen.

Auch gegen mein eigenes Fach wäre vieles vorzubringen. Flache und einseitige Auffassung von Krankheitsbildern hat zu mancher Entgleisung in der Chirurgie geführt. Ich erinnere nur an die Behandlung der Epilepsie mit Nebennierenexstirpation. Es war ein Verdienst von LIEK, solche Irrwege zu brandmarken. Dem jüngeren REHN verdanken wir wichtige Ratschläge, sie durch grundsätzlich anderes Denken zu vermeiden.

So sind wir in Diagnostik und Therapie durch manche traurige Erfahrung über den Irrtum, die Heilkunst sei eine Naturwissenschaft, aufgeklärt worden, und zwar gerade durch die Naturwissenschaft. Bescheiden beginnen wir wieder, uns zu besinnen. Wir haben erkannt, daß auch die beste wissenschaftliche Methode über die Vorgänge des Lebens und der Krankheit nicht alles, nicht einmal immer Wesentliches aussagen kann. Die medizinische Wissenschaft kann Krankheiten erforschen. Der kranke Mensch aber kann nicht wissenschaftlich erfaßt werden. Die naturwissenschaftliche Betrachtung, die auf nüchterner klarer Beobachtung vor sich geht, bedarf einer erheblichen gemüthlichen Ergänzung.

Der Arzt muß seine Erfahrungen mit der ganzen Seele machen; sonst ist Messen und Zählen, Untersuchen und Forschen toter Mechanismus.

Über jedem Können und Wissen, das eine Zeit vermittelt und bestimmt, steht die Eigenart des handelnden Arztes. Dadurch wird seine Tätigkeit zur Kunst. Hier ist etwas, das unbeeinflusst von allen Strömungen unverändert bleibt und letzten Endes das Beste und Größte unseres Berufes ist.

Wir überblicken heute 5000 Jahre Medizin. Im Auf und Ab ihrer Entwicklung sehen wir trotz aller Verschiedenheiten, die die jeweilige Eigenart der Epoche bedingt, grundsätzlich immer wieder dasselbe, den Kampf zwischen Heilkunst und Heilwissenschaft. Die naturwissenschaftliche Medizin hat einen besonderen Hang, die Eigenart der Heilkunst zu unterdrücken, dadurch daß sie mehr sein will, als sie sein kann. Geblendet von Fortschritten und Leistungen verliert sie die Kritik; alles wird naturwissenschaftlich gedeutet, und keine überragende Weltanschauung korrigiert die Irrtümer. Das äußere Zeichen des beginnenden Irrweges ist Anwachsen des Spezialistentums, weil den gewaltigen Wissensstoff keine einheitliche Idee zusammenfassen kann, ein eindeutiges Zeichen sinkender Kultur. Ärzte und Kranke erfaßt Mißtrauen gegenüber der naturwissenschaftlichen Medizin, unter deren Einfluß wertvolle, ja notwendige Attribute ärztlicher Kunst verloren gingen. Nicht die Naturwissenschaft an sich bringt die Heilkunde in diese Sackgasse, sondern der große Irrtum, Wissen von der Natur sei Verstehen der Natur.

In diesem Augenblick setzt die Reaktion ein, die unter sehr verschiedenen Formen sich vollzieht. Sie führt zu Abkehr von der Wissenschaft, ja sogar zu offener Auflehnung der Ärzte gegen sie.

Bei historischer Betrachtung befinden wir uns heute an einem solchen Wendepunkt. Eindeutige Zeichen sprechen dafür. Sehnsucht nach Zusammenfassung und schöpferischer Gestaltung der Zusammenhänge brechen überall durch. Übertriebenes Spezialistentum, Christian science, die Seelenmedizin Coués und das Anwachsen des Kurpfuschertums trotz hochentwickelter wissenschaftlicher Medizin sind mahnende Beispiele.

Ähnlich wie in der Renaissance und in den vierziger Jahren des vorigen Jahrhunderts ist die naturwissenschaftliche Medizin dadurch, daß sie ihre Grenzen überschritt, der Heilkunst zur Gefahr geworden. Aber diese wird, genau wie unter ähnlichen Verhältnissen früherer Epochen, sich von dem Zwange wieder befreien und ihre Eigenart durchsetzen. Sie, die echter Naturbeobachtung entspringt und die Naturwissenschaft als ihre Dienerin braucht, kann selbst niemals eine exakte Naturwissenschaft sein. Damit ist die elementare, unveränderliche Eigenart der Heilkunst genügend gekennzeichnet.

Was ist nun das Wesen der Naturwissenschaft? Es tritt uns in zwei Formen entgegen. Die eine strebt darnach, alle Erscheinungen der Natur in

ihrer Mannigfaltigkeit zu beobachten und die Lebensvorgänge bis in alle Einzelheiten hinein zu beschreiben. Sie erzählt uns von Bäumen und Sträuchern, von Blumen und Blüten, von Tierformen und Tierarten, von den Verhältnissen ihres Lebens, ihrer Entwicklung, ihres Gedeihens und ihres endlichen Todes. Dabei besteht kein grundsätzlicher Unterschied, ob diese Feststellungen unmittelbar mit unseren Sinnen oder mittelbar mit Hilfe bestimmter Instrumente wahrgenommen werden. Diese beschreibende Naturwissenschaft kann, wenn sie zum Erleben des Geschauten wird, ein plastisches Bild der Naturvorgänge vermitteln; ja es ist nur ein kleiner Schritt, daraus schöpferisch sich ein Weltbild herzustellen. Freilich wäre es gekennzeichnet durch Demut und Ehrfurcht vor dem Unerforschlichen. Es wird geradezu zu einer Religion, wie das bei GOETHE der Fall war. Voraussetzung für diese Fähigkeit sind wache starke Sinne und ein lebendiges Erinnerungsvermögen.

Diese Art der Naturbetrachtung oder besser des Naturerlebens ist für einen guten Arzt selbstverständlich und unerläßlich. Der Arzt, der im GOETHESCHEN Sinne den Menschen und besonders den kranken Menschen zu erleben vermag, wird damit von selbst zum Künstler.

Aufgaben des Arztes sind Krankheitserkennung und Krankheitsbehandlung. Dazu bedarf er bestimmter Kenntnisse und vielleicht auch Erkenntnisse. Anatomie, Physiologie, Physik, Chemie, Pathologie sind darum notwendig. Daß diese Gebiete nur auf dem Wege naturwissenschaftlicher Methodik erfaßt werden können, bedarf keiner näheren Begründung. Mit ihrer Hilfe kann der Arzt sein subjektives Empfinden und sein eigenes starkes Gefühl, das ihm Anschauen und Erschauen des Lebens schon vermittelt hat, ergänzen und vertiefen. So gehört diese Form naturwissenschaftlicher Betrachtungsweise organisch zur ärztlichen Kunst und bildet eine wesentliche Vorbedingung für sie.

Daneben aber gibt es eine Naturwissenschaft, die ein anderes Ziel verfolgt, das im einzelnen von Begabung und Temperament des betreffenden Forschers weitgehend bestimmt wird. Sie ist nicht so naiv und bescheiden wie die erste. Sie hat einen höheren Flug, und ihre letzte Aufgabe sieht sie in der Lösung der Lebensrätsel. Das Wie? Warum? Wozu? steht im Brennpunkte ihres Bestrebens. Man belauscht die Natur und sucht die Kräfte zu ergründen, durch die sie wirkt. Und wo die einfache Beobachtung nicht genügend Klarheit schafft, da werden durch das Experiment klare Bedingungen geschaffen. Der Vorgang wird analysiert, und Einzelheiten werden im Versuche erforscht. An Stelle künstlerisch naiver Betrachtungsweise und subjektiven Erlebens des Ganzen tritt damit eine Untersuchung von Einzelheiten. Diese analytische Arbeit ist gebunden an die jeweiligen zeitgenössischen allgemeinen Möglichkeiten.

Diese induktive Arbeitsmethode der Naturwissenschaft kennt keine Demut und keine Ehrfurcht vor dem Naturgeschehen. Überhebung und Überschätzung der Ergebnisse sind vielmehr für sie beachtenswerte Gefahren. Ihre Ergebnisse können immer nur bedingt richtig und ihre Wahrheiten immer nur relativ sein. Die gefundenen Gesetze gelten so lange, bis andere sie umstürzen. Freilich ist die Sicherheit, mit der wir beobachten und Schlüsse ziehen, bei den einzelnen naturwissenschaftlichen Gebieten verschieden. In der Physik, die Vorbildlich für das Wesen wissenschaftlicher Erkenntnisse ist, liegen die Verhältnisse wesentlich günstiger als in der Biologie. Auch hier gelten zwar physikalische und chemische Gesetze, aber sie erklären die Vorgänge im gesunden und kranken Körper nicht. Die Exaktheit physikalischer Forschung ist unmöglich. Gerade darum muß der Arzt gegenüber Leben und Krankheit und im Gefühl seiner schwierigen Heilaufgabe teleologisch denken. Der gewaltige Vorgang der Entzündung z. B. kann ihm nichts anderes als Abwehr und zweckmäßige Reaktion des Körpers auf Schädlichkeiten bedeuten. Nur das Zuviel und Zustark will er beeinflussen und kann es, wenn er richtig beobachtet und genügend Erfahrung hat. Gerade darum ist die Beobachtung am Krankenbette von so ausschlaggebender, grundsätzlicher Bedeutung. Kausale Zusammenhänge wie in der Mechanik gibt es in der Biologie nicht. Leben wird nur durch Leben verstanden. BORST bezeichnet den menschlichen Organismus sehr schön „als ein in sich selbst ruhendes und durch sich selbst tätiges System. Ein System mit Selbstregulation, welches einer plan- und sinnvoll konstruierten Maschine vergleichbar ist, aber einer Maschine im lebensvollen Sinne, in welcher der Grundsatz: ‚Einer für alle und alle für einen‘ gilt.

Die Teile dieser Maschine sind in weitgehendem Maße fähig, ein Eigenleben zu führen. Sie haben aber unter Verzicht darauf mit dem Prinzip der Arbeitsteilung sich zu einer höheren Einheit zusammengeschlossen. Leidet ein Teil, so leidet das Ganze. Aber das Ganze ist im Kleinen so tief verwurzelt, daß jeder Teilschaden sofort den Ausgleich im Interesse des Ganzen aufruft. Wenn eine gewöhnliche mechanische Maschine beschädigt ist, ruft man den Handwerker, der den Schaden behebt; ist der Mensch krank geworden, ruft man den Arzt. Doch was kann dieser anderes tun als *adjuvare naturam*? Die lebendige Maschine repariert sich selbst“.

Dieser Vergleich erklärt alle Schwierigkeiten, die dem Arzte gegenüberstehen. Leben wird nur durch Leben verstanden.

Im Wesen der zweiten Form naturwissenschaftlicher Arbeitsrichtung liegt die Neigung zum Spezialisieren, und in dieser Einengung geht leicht der Blick für das Ganze verloren. Ein blühender Baum wird nicht mehr als Ganzes erfaßt, innerlich aufgenommen und erlebt. Sein Blühen im Früh-

ling, sein Wachsen im Sommer und sein Welken und Sterben im Herbst verlieren an Bedeutung gegenüber den Feststellungen, wie er anatomisch aufgebaut ist, wie seine Säfte reagieren und welche Struktur seine Zellen haben.

Das Gegenüberstellen der beiden Betrachtungsweisen führt von selbst zu der Frage, wer die wahre Vorstellung von dem Baume hat: der, der ihn in seiner Gesamtheit, in seiner Pracht erschaut, ihn mit allen seinen Sinnen in sich aufnimmt und erlebt, oder derjenige, dem das alles kein Erlebnis ist, der dafür aber anatomische und physiologische Eigenschaften und Einzelheiten seines Aufbaues und seiner Funktion kennt? Was für den Baum gilt, gilt ebenso für den gesunden und den kranken Menschen. Das erstrebenswerte Ideal wäre natürlich, beide Betrachtungsweisen zum Erkennen des Lebens heranzuziehen. Wie wenigen aber ist das vergönnt? Dem geborenen Arzte schenkt die harmonische Vereinigung beider Kraft und Größe seiner Kunst. Wer ihr Wesen richtig erfaßt, begreift, daß eine Objektivierung des Kranken, wie die exakte Naturwissenschaft sie anstrebt, unmöglich ist. Das elementare Verhältnis zwischen ihm und seinem Helfer läßt es nicht zu. Bei der Fülle von Eindrücken, die schon bei dem ersten Anblick des Kranken auf den Arzt einstürmen und die für die ganze Beurteilung oft ausschlaggebend sind, kann man von naturwissenschaftlichem Vorgehen nicht reden. Die Art, wie der Kranke auf uns wirkt, wie wir ihn erschauen und erfassen, erleben, so wie in dem genannten Beispiele den Baum, das ist etwas, das sich im wesentlichen gefühlsmäßig, oder, wie wir sagen, intuitiv uns übermittelt. Die Erscheinungen des Lebens können am Krankenbette eben nur qualitativ erfaßt werden. Sie sind durch Maße und Zahlen nicht darstellbar. Für den Arzt ist die Wirklichkeit bestimmt durch die Art, wie sie auf ihn wirkt und wie er sie empfindet. Je umfassender der Gesamteindruck, desto klarer und tiefer das innerliche Bild. In dieses müssen sich wissenschaftlich erforschte Einzelheiten einfügen.

Die exakten Naturwissenschaften können ihrem Wesen nach diese Art der Naturbetrachtung nur bedingt anerkennen. Manche werden sogar bezweifeln, ob sie überhaupt zu einem klaren Ergebnis führt. Aber in einem höheren Sinne des Wortes ist das Erschaute und Erlebte genau so wahrhaftig, wie das induktiv Erforschte. Bei der ärztlichen Betrachtungsweise des Kranken vermittelt uns die Intuition jedenfalls wichtige Aufschlüsse in Ergänzung zu den Erkenntnissen des Verstandes. Wie oft vollzieht sich z. B. beim Chirurgen die letzte Überzeugung von der Notwendigkeit eines dringlichen Eingriffes in der Hauptsache nur auf diesem Wege! Neben dem scharfen Denken geht dann in unserer Seele etwas ganz Besonderes vor, dem der Arzt in entscheidenden Augenblicken mehr Vertrauen schenken darf als starrer, vernunftgemäßer Betrachtung. Das intuitive Gefühl sträubt sich gegen jedes Schema, das die unendlich mannig-

fachen Erscheinungen des Lebens zusammenfassen will. Je stärker die Anschauung des Menschen, desto mehr lehnt er den Zwang wissenschaftlicher Schlußfolgerungen ab. Es überrascht darum auch nicht, daß die besten Kliniker aller Zeiten sich zu dieser Form des Erkennens bekannt haben und nur ganz wenige, z. B. NAUNYN, sie ablehnten. KREHL hat noch vor wenigen Wochen in einem schönen Vortrag über die „Standpunkte in der inneren Medizin“ die Intuition als ein wichtiges Hilfsmittel ärztlichen Denkens bezeichnet. Die Geschichte der Medizin zeigt uns geradezu überzeugend, wie aus intuitivem Denken sogar große Einzelleistungen entspringen und wie bahnbrechende Ideen ihr zu verdanken sind.

Es gibt wohl kein überzeugenderes Beispiel für diese Tatsache als GOETHE: Das Betrachten eines Schädels, das Erfassen seiner Form und das Erschauen seines Aufbaues lösen bei ihm, ich möchte fast sagen, reflexartig die Überzeugung aus, daß das Hinterhauptbein ein Wirbel sein müsse, eine Erkenntnis, die erst spätere anatomisch-naturwissenschaftliche Arbeit beweisen konnte. Die Art, wie GOETHE die Natur zu betrachten pflegte, geht auch aus einem bemerkenswerten Ausspruch hervor: „Der Mensch an sich selbst, sofern er sich seiner gesunden Sinne bedient, ist der größte und genaueste physikalische Apparat, den es geben kann. Es ist das größte Unheil der neuen Physik, daß man die Experimente gleichsam vom Menschen abgesondert hat und bloß in dem, was künstliche Instrumente zeigen, die Natur erkennen und das, was sie zu leisten vermag, beschränken und beweisen will.“ Von dieser tiefsten Eigenart mag uns gewöhnlichen Sterblichen nur sehr wenig beschieden sein. Aber, daß man sich mit ihrer Hilfe der Wahrheit ebenso nähern kann, wie auf dem Wege analytischer Forschung, ist wohl gewiß.

Ich kann mir nicht anmaßen, Ihnen eine philosophische Erklärung der Intuition zu geben und durfte nur von dem sprechen, was ich selbst bei begnadeten Ärzten oft erlebt habe. Die Intuition ist eine besondere Form der Erkenntnis, die uns angeboren ist; — dem einen mehr, dem anderen weniger; vielleicht darf man sagen, daß sie eine durch die menschliche Entwicklung verbesserte Form des Instinktes ist. Verarbeitung des Erlebten, seine Umsetzung in das Persönliche ist ihr Wesen. Erinnerung, gutes Gedächtnis, plastische Vorstellung spielen eine große Rolle, und starke optische Eindrücke scheinen besonders wichtig zu sein. Übrigens braucht uns diese angeborene Fähigkeit nicht zu überraschen. Man denke nur an die wunderbaren vernunftmäßigen Leistungen mancher Tiere, die sie nur mit Hilfe ihres Instinktes vollziehen.

Ich weiß genau, daß dieser Anerkennung der Intuition als einer zuverlässigen Erkenntnismöglichkeit von vielen widersprochen wird. Alle, die in der Mathematik und in den exakten Naturwissenschaften den einzigen Weg zur Erkenntnis

sehen, werden diese Auffassung bestimmt und schroff ablehnen. Ich kann mit ihnen darüber nicht streiten, ebenso wenig wie über Weltanschauung. Vielleicht muß man als Arzt am Krankenbette die ganze innere Not beim Entscheiden über lebensgefährliche Eingriffe empfunden haben, um sich frei und offen zu dieser besonderen Form des Erkenntnisvermögens neben dem exakten Denken zu bekennen. In solchen Augenblicken empfindet man die Wucht gefühlsmäßiger Erleuchtung. Man merkt dann aber auch, wie das Beste an unserer Arbeit aus subjektivem Erleben und nicht aus objektivem Erkennen entspringt.

Die beiden gegenübergestellten naturwissenschaftlichen Betrachtungsweisen unterscheiden sich also grundsätzlich. In der ersten künstlerischen drängt alles zu einem Ganzen, über das Beobachten hinaus zum Erleben; Vielseitigkeit und Großzügigkeit sind ihre Merkmale. Demgegenüber ist der andere Weg eng und muß es sein. Wertvolle Tatsachen werden gefunden. Sie dürfen für den Arzt nicht Selbstzweck werden. Sie helfen ihm erst dann, wenn sie eingeordnet werden in ein großes, subjektiv entworfenes Bild.

Leider sind unter dem Einfluß der exakten Naturwissenschaften die unmittelbare Benutzung unserer Sinne und das Erleben der Natur, wie GOETHE es verstand, fast verloren gegangen. Diesen Mangel hat uns ja auch der Herr Vorredner zeigen wollen, wenn er vom verlorengegangenen morphologischen Bedürfnisse sprach. Und jeder Lehrer des ärztlichen Nachwuchses weiß, wie schwer es heute ist, die Studenten für so wunderbar elementare Vorgänge, wie z. B. das Ausheilen einer Wundhöhle, das Sprossen der Granulationen, ihr zielbewußtes Vordringen und die endliche Überhäutung, zu begeistern. Die Kunst, so etwas mit der Seele zu erschauen und in sich aufzunehmen, — wo wird sie noch geübt? Der Sinn der jungen Ärzte ist auf wissenschaftliche Medizin gerichtet, und er ist dankbar für theoretische Auseinandersetzungen. Naive Beobachtung wird gering gehalten, und Erlebnisse am Krankenbette müssen zurücktreten gegenüber wissenschaftlichen Arbeiten im Laboratorium. Der unärztliche Zug, der heute das Studium beherrscht, geht auch aus den Lehrbüchern hervor. Nichts mehr von der plastischen künstlerischen Darstellung des Krankheitsvorganges und seines Erlebens am Krankenbette. Statt dessen findet man seitenlange, wissenschaftlich theoretische Abhandlungen über Ätiologie, Bakteriologie, physikalische Chemie und anderes mehr; nicht einmal nur Tatsachen, sondern spekulative Betrachtung und unsichere deduktive Schlüsse aus unsicheren Untersuchungen. Die Kunst der Darstellung ist verloren gegangen, weil die Kunst des Erlebens fehlt. Und wie not täte es, unseren jungen Medizinern wieder ärztliche und nicht medizinisch-wissenschaftliche Lehrbücher in die Hand zu bekommen.

Meine sehr verehrten Damen und Herren! Was ich Ihnen heute sagen durfte, ist alles gewiß nichts

Neues. Es sind Betrachtungen und Gedanken, die sich bei den Ärzten aller Zeiten in kritischen Entwicklungsphasen unseres Faches einstellen und nach Formulierung drängen. Auch die gegenwärtige Krisis ist nichts Anderes, als was unter ähnlichen Bedingungen schon des öfters da war. Nur sind die Gegensätze zwischen Heilkunst und naturwissenschaftlicher Medizin größer und tiefer als in früheren Epochen.

Ich konnte Ihnen zeigen, daß im Gegensatz zur Heilkunst, deren Wesen im subjektiven Erfassen des Lebens liegt, die exakten Naturwissenschaften, die objektivieren müssen, dem Arzte nur bedingt helfen können. Heilkunst ist vom Persönlichen das Persönlichste. Ihr Wesen liegt in dem Erfassen der gesamten Eigenart des Kranken. Je stärker der Arzt sie erlebt, desto wahrer ist sein Urteil. Wenn wir das wieder einsehen, so werden wir frei von dem Zwange, den die einseitig naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweise auf die freie Entfaltung des Arztes ausgeübt hat.

Daß meinen Ausführungen herbe Kritik und manches Mißverstehen folgen werden, weiß ich. Die Verantwortung, Lebensfragen der Heilkunde in breiter Öffentlichkeit anzuschneiden, ist groß. Mancher wird dabei vielleicht sogar eine Art Verrat an der medizinischen Wissenschaft empfinden, — aber glauben Sie mir, nicht Mißachtung vor der Naturwissenschaft oder Verkenning ihrer gewaltigen Bedeutung trieb mich zum Worte. Wer selbst sich bemühte, durch eigene wissenschaftliche Arbeit unser Fach zu erweitern, darf an Wendepunkten der Medizin öffentlich bekennen, was er glaubt und wo er Irrwege sieht. Nicht gegen die naturwissenschaftliche Medizin an sich habe ich mich gewandt, sondern nur gegen ein Zuviel und gegen Auswüchse. Wir brauchen die Naturwissenschaften, wir brauchen ihre Methodik, ihre Klarheit und Schärfe. Unseren Sinnen sollen durch sie neue Möglichkeiten gegeben werden. Aber diese selbst dürfen dabei nicht verkümmern für den unmittelbaren natürlichen Gebrauch. Wir müssen wieder einsehen, daß es neben der exakt naturwissenschaftlichen Methode noch etwas anderes gibt, die Intuition, von deren Bedeutung ich Sie hoffentlich überzeugen konnte. Unbestechlicher Wahrheits- und Wirklichkeitssinn ist das eigentliche Wesen der Naturwissenschaft; aber gerade das scheint mir in der heutigen naturwissenschaftlichen Medizin durch die Art, wie sie betrieben wird, und in der Einseitigkeit, wie man ihre Ergebnisse deutet, schwer gefährdet.

Noch größer ist die Verantwortung, Kurpfuschern und Heilkünstlern aller Art durch meine Worte scheinbare Unterlagen für ihre dunkle Tätigkeit geschenkt zu haben. Ich werde sie tragen. Ein offenes Bekenntnis zu der Eigenart unseres Berufes nützt seiner Entwicklung und schadet nicht seinem Ansehen. Das Vertrauen zum Arzte, das bedroht ist, kehrt zurück, wenn er wieder wahre Heilkunst treibt und nicht nur Mediziner ist. Ein solcher Wandel wird besser zur Bekämpfung

der Kurpfuscher wirken als alle gegen sie gerichteten Gesellschaften und Gesetze. Es sei den Laienärzten zugebilligt, daß einige unter ihnen Begabung für die Heilkunst haben; aber noch deutlicher sei ihnen an dieser Stelle gesagt, daß Begabung allein nicht genügt für das verantwortungsvolle Amt des Arztes und daß eine naturwissenschaftliche gründliche und hingebende Schulung der Sinne und kritische Prüfung der Erfahrung neben Aufopferung und Pflichterfüllung bis zum letzten unerläßlich sind.

Am allergrößten aber ist die Verantwortung gegenüber dem ärztlichen Nachwuchs. Aber gerade aus ihr heraus hielt ich mich für berechtigt, ja verpflichtet, Mahner und Warner zu sein. Aus tiefer Sorge um unsere Kunst und ihre zukünftigen Vertreter habe ich gesprochen. Wir segeln in einem gefährlichen Fahrwasser, und diejenigen, denen die jungen Ärzte anvertraut sind, müssen das Schiff wieder in die rechte Bahn bringen. Gelingt das nicht, so geht eines der besten Hüter unserem Vaterlande verloren.

Uns allen brennt die Frage auf den Lippen: Wie kommen wir aus diesem Wirrwarr heraus? Zunächst einmal durch ein offenes Bekenntnis zur Heilkunst und durch den Willen, die Auswüchse exakter Naturwissenschaft in der Medizin auszurotten. Sie muß uns wieder Dienerin werden wie früher. Sie muß uns wieder verstehen, damit wir sie verstehen können, und sie muß wieder Fühlung nehmen mit den Nöten des Arztes am Krankenbette. Freilich, wir können Kulturströmungen mit Gewalt nicht ändern, und es braucht eine gewisse Zeit, bis Reaktion und Besinnung sich durchsetzen. Die Umstellung hat schon begonnen. Überall legt man wieder mehr Wert auf allgemeine Bedingungen, die in der Persönlichkeit des Kranken liegen. Konstitutionspathologie, Vererbungslehre, Einschätzung von Luft, Licht und Klima als Heilfaktoren sind weitere Zeichen dieses Wandels.

Für diese neue Zeit, die kommen muß und kommen wird, fällt uns eine verantwortungsvolle Aufgabe zu. Wir wissen, daß in Zeiten eines solchen Überganges der Hang zur Mystik und Spekulation groß ist. Die gesunde Eigenart der Heilkunst müssen wir davor schützen. Wir können es nur dadurch, daß wir dem Nachwuchs die erprobte naturwissenschaftliche Methodik zu erhalten und zu hinterlassen suchen, freilich mit dem Bekenntnis, daß die Heilkunst selbst keine Naturwissenschaft ist und sein darf. Die Naturwissenschaften brauchen wir zur Schärfung unserer Sinne, unseres Denkens, für die Erziehung zur Wahrheit und Klarheit, aber unter ausdrücklicher Betonung, daß es neben der vernunftgemäßen Erfassung von Lebensvorgängen auch eine andere intuitive gibt, die der Arzt nötig hat, vor allem aber, daß Arztsein etwas Besonderes, Eigenes ist. „Alterius non sit, qui suus esse potest“, sagt PARACELSUS.

Aber eins darf in diesem Zusammenhange nicht

unterdrückt werden: der Wunsch nach besserer Auswahl des Nachwuchses. Nicht jeder, der Medizin studiert, hat die nötigen Voraussetzungen für den Beruf des Arztes. Kein Examen ist leichter als das medizinische Staatsexamen, nichts aber schwerer als der ärztliche Beruf. Eigenschaften des Verstandes, des Herzens und der ganzen Persönlichkeit sind zu fordern, wie nirgendwo sonst. Eine solche Prüfung auf die Eignung ist schwer, aber sie ließe sich durchführen; sie wird ja auch in anderen Berufen, an denen die Allgemeinheit Interesse hat, erreicht. Die Erziehung solcher geeigneter Anwärter müßte dann ärztlich und nicht nur wissenschaftlich sein. Der Student müßte täglich erleben, wie ganz anders der Arzt am Krankenbette, als im Laboratorium denkt und denken muß.

Dann täte eine grundsätzliche Änderung des Studienplanes not. Befreiung von dem viel zu vielen Kleinkram und den überflüssigen Spezialfächern ist unerlässlich. Sie hemmen die ärztliche Erziehung und gestalten dazu die wissenschaftliche Ausbildung nur oberflächlich. Es braucht nicht jedes Einzelfach Unterrichtsgegenstand zu sein, und erst recht hat es keinen Anspruch auf Berücksichtigung im Examen. Daß es heute anders ist, beweist uns die Ohnmacht der heutigen Heilkunst, sich gegen Entseelung und mechanisierende Spezialisierung durchzusetzen. Befreit den Studenten von dem Druck des Zuviel und laßt ihn wieder schulen durch Lehrer, die vor allem Ärzte sind! Vom Laboratorium zurück ans Krankenbett! In den wichtigen Fächern der Anatomie und der Pathologie soll der junge Arzt wieder fühlen, sehen, schauen lernen. In den Kliniken soll er Kranke erleben; das gilt für ihn mehr als Wissenschaft und Forschung. Der Mediziner wird vieles dabei einbüßen, aber der gute Arzt wird unserem Volke aufs neue geschenkt, und das tut not.

Und ein zweites, das wiederkommen muß, ist die Ehrfurcht vor dem Unerforschlichen und Achtung vor der Vergangenheit. Die Kenntnis verflossener Epochen der Medizin lehrt uns, die Gegenwart richtiger einschätzen.

Geschichtliche Betrachtungsweise hätte die Wiener Schule und auch wohl uns selbst vor Überhebung, Überschätzung und Irrwegen geschützt.

Man sollte schon auf der Hochschule lehren, daß die ärztliche Wissenschaft kulturgebunden ist und auf und ab geht mit Zeitströmungen, daß aber ewig und unverrückbar das Wesen der Heilkunst bleibt. Also: Geschichte der Medizin, auch wenn sie im selbständigen Kolleg gelehrt wird, nicht als Selbstzweck, sondern in Verbindung mit der lebenden Heilkunst.

Es ist sicher kein Zufall, daß am deutlichsten und klarsten den Zwiespalt der heutigen Medizin Geschichtsforscher wie HONIGMANN, SIGERIST, KOCH u. a. erfaßt haben. Und ich möchte an dieser Stelle diesen Herren und insbesondere dem Altmeister SUDHOFF danken für die vielen Anregungen und Erkenntnisse, die die Geschichte der Medizin mir vermittelt hat.

Und die dritte Forderung, die man stellen muß, ist die Schulung des jungen Mediziners in kritischem Denken. Gerade der Naturwissenschaftler sollte als Kompensation seiner Arbeit die Philosophie haben. In der stürmischen Entwicklung der letzten Jahrzehnte hat man auch diese Grundwahrheit verkannt. Gerade wir Ärzte brauchen philosophische Schulung. Nicht Kenntnis von Systemen und spitzfindigen Einzelheiten, sondern Aufklärung darüber, daß es nur bedingte Wahrheiten gibt, und daß auch naturwissenschaftliche Tatsachen wandelbar sind und durch allgemeine ästhetische und seelische Betrachtungsweise ergänzt und korrigiert werden müssen. Objektive Wahrheit ist noch kein Erkenntnisprinzip. Man muß die Wahrheit am Leben selbst messen. Dazu aber gehört eine innere Freiheit, die nur aus dem Boden einer synthetischen Kultur herauswachsen kann. Gerade darum ist für den Arzt eine Weltanschauung nötig, die ihm Religion oder Philosophie vermitteln kann. Große Ärzte und Naturforscher aller Zeiten waren Philosophen. Aus ihrer Weltanschauung entsprang die Voraussetzung für ihr Werk. KEPLER fand seine Ideen in Anlehnung an PLATOS Weltbild. Arztsein ist Dienst am kranken Menschen. Ein großes Ideal bestimmt darum das Wesen unserer Kunst. Mir will es scheinen, als ob es schließlich bei den exakten Naturwissenschaften auch nicht anders wäre. Selbst der weltfremde theoretische Mathematiker dient letzten Endes der Allgemeinheit.

Bei aller Anerkennung des Selbstzweckes, den jede Wissenschaft in sich trägt, und den sie unabhängig von Tagesfragen und Tagesforderungen verfolgen muß und soll, ist auch ihr letzter Sinn und Zweck Dienst am Menschen. „Was man nicht nützt, ist eine schwere Last.“ Und so wird die exakte Naturwissenschaft, ebenso wie die Heilkunst und ebenso wie die Religion, geädelt durch ihre allgemeine Bedeutung für die menschliche Kultur. Alle finden Inhalt und höheren Sinn erst dann, wenn sie die Völker innerlich erheben.

In dieser versöhnenden Aufgabe sind Naturwissenschaft und Heilkunst eins, und in dieser Gemeinsamkeit liegt letzten Endes ihre gegenseitige Gebundenheit.

Über Genußgifte.

Von WALTHER STRAUB, München.

Die Leitung unserer Versammlung hat mir die Aufgabe gestellt, vor Ihnen über „Genußgifte“ zu sprechen. Es sind 3 Faktoren, die das Thema bestimmen: Genuß, Gift und „ich“. Mit der bekannten Bescheidenheit des Gelehrten beginne ich mit dem „ich“, um mich persönlich sofort wieder auszuschalten und statt „ich“ zu sagen: ein Pharmakologe, d. h., die pharmakologische Seite des Problems ist zu behandeln. Für „Genußgifte“ interessieren sich nämlich viele Instanzen unseres Daseins, nicht nur der Genießer selbst. So der Staat, der sie gerne verwaltet und besteuert, der Arzt, der sie seinen Patienten, je nachdem, verbietet oder erlaubt, sie sind ein wichtiger Faktor seiner Autorität; auch die Wissenschaft, die ihnen ihre ganze Gründlichkeit angedeihen läßt. Die chemische, die botanische und die medizinische Wissenschaft. In der medizinischen Wissenschaft ist es der Hygieniker und der Pharmakologe, die sich beruflich besonders mit den Genußgiften zu befassen haben.

Das sind zwei medizinische Standpunkte. Der Hygieniker möchte die Welt gerne gesund und glücklich machen, das einzelne Individuum ist ihm weniger das Objekt seines Strebens, er geht aufs Ganze. Sein Forschungsmittel, wenn er sich mit Genußgiften beschäftigt, ist vorwiegend die Statistik, die Quintessenz eines meist vom Zufall geleiteten Massen- und Rechenexperimentes. Ich will hier gewiß nicht schlecht sprechen von der Statistik — schon die nahe Gesolei nötigt mich zur Zurückhaltung — aber es gibt eben noch eine andere Art der Betrachtung der Genußgifte, das ist die pharmakologische, und aus fachlichen Motiven heraus begrüße ich es, daß es mir erlaubt ist, hier und in dieser Umgebung einmal die Pharmakologie der Genußgifte ein wenig zu erläutern. Die bescheidene Wissenschaft der Pharmakologie beschäftigt sich mit der Wirkung chemischer Substanzen auf den lebenden Organismus und ihr Mittel ist das Experiment, ihr Objekt ein Individuum, Tier oder Mensch. Sie erstrebt die Ermittlung des Gesetzes der Wirkung einer Substanz, und wenn die ermittelten Gesetze eine sinngemäße Verallgemeinerung erlauben, den Logos des Pharmakon herauspringen lassen, freut sie sich ganz besonders. Wenn sich also die Pharmakologie mit den Genußgiften beschäftigt, so tut sie es voraussetzungslos, sie stellt auch hier die allgemeinen Wirkungsgesetze auf, sie schafft eine Theorie und begründet damit oft nachträglich die Logik der Empirie; denn die beliebtesten Genußgifte der Menschheit sind alle durch den Instinkt gefunden.

Was sind nun Genußgifte? Eine schlagende Definition würde wahrscheinlich WILHELM BUSCH gegeben haben; wir müssen uns etwas geschraubter ausdrücken. Sie stehen in einem Gegensatz zu den Genußmitteln, die wir schlechtweg auch Nahrungsmittel nennen können. Wenn die Genußmittel

zur Erhaltung des Daseins überhaupt dienen, so die Genußgifte zu dessen zwangsweiser Verschönerung. Da seit dem ersten Sündenfall bekanntlich eine Daseinsverschönerung nicht ins Unermeßliche gesteigert werden kann, sind auch den Mitteln dazu Grenzen gesteckt, wo der Genuß aufhört und ein unmittelbarer oder nachträglicher Schaden eintritt. Sie sind also prinzipiell gefährlich. So müssen die Genußgifte Leistungen haben, die über die gewöhnliche Ernährung hinausgehen, so raffiniert man diese durch Material und Kochkunst auch gestalten mag, sie müssen, mit einem Wort, auf das Geistige wirken, und zwar unmittelbar und möglichst rasch. Das Geistige ist im Gehirn konzentriert, also müssen es Nervengifte sein; Gifte — vor diesem Wort müssen wir bei unserer Betrachtung den laienhaften Respekt ablegen. Gift ist kein absoluter Qualitätsbegriff. Gift ist uns nur Relativität und Quantität. Das harmlose, ja fürs Leben unbedingt nötige Kochsalz wird zum Gift, wenn wir zuviel davon uns zuführen, ebenso das Wasser, wenn es destilliert ist, und umgekehrt: die Blausäure geben wir sogar Kindern im Bittermandelwasser als nützliches Hustenmittel.

Wenn also das, was wir „Genußgifte“ nennen, uns den gewünschten Genuß verschaffen soll, so müssen wir damit umgehen können wie der Arzt mit der Blausäure, wir müssen wissen, was wir tun, und wie weit wir gehen können. Diese empirische Pharmakologie der Genußgifte hat sich die Menschheit im Laufe von Jahrhunderten und Jahrtausenden angeeignet, sie hat ihre empirischen Umgangsformen mit den Genußmitteln sich aufs genaueste ausgearbeitet, die Natur und Wirkungsgesetze der Gifte berücksichtigt, ohne sie naturwissenschaftlich oder gar medizinisch zu kennen. Unsere hauptsächliche Aufgabe soll es heute sein, nachzusehen, was die pharmakologische Wissenschaft und Weisheit zum *bestehenden Gebrauch* der Genußgifte zu sagen hat.

Die *erste Frage* in der Pharmakologie eines Giftes ist die nach dem Organ, mit dem es wirkt; denn Gift und Organe haben ganz besondere Wahlverwandtschaften, die sich gegen alle Hindernisse zu sättigen wissen. Wenn ein Mensch im Wundstarrkrampf sich windet, so wissen wir, daß es trotz der Vielheit der Erscheinungen und Äußerungen doch nur einige Zellen im Rückenmark sind, die durch das Gift so verändert sind, daß eben die Katastrophen des ganzen Organismus eintreten, und wenn der Herzkranke ein Mittel wie Digitalis in den Magen bekommt, so tritt die Besserung ein, weil das Gift mit der Muskulatur des Herzens reagiert. Das ist eine Qualitätsfrage.

Die *zweite Frage* ist dann die der rein materiellen Verteilung, und da zeigt sich wieder, daß das Gift zumeist in dem Organ abgelagert ist, an dem sich die Wirkung zeigt. So steckt das Starrkrampfgift

nur in jenen erwähnten Rückenmarkszellen, die Digitalisgifte nur im Muskel der Herzkammer; zwischen diesen Organen und den Giften bestehen chemische Wahlverwandtschaften, an allen anderen Organen des Organismus geht das Gift interesselos vorüber.

Die *dritte Frage* wie äußert sich die Wirkung? Diese ist, jedenfalls für den Fall Genußgift, immer eine Förderung oder Lähmung der Funktion des betroffenen Organes.

Alle Genußgifte sind nun nach ihrer Wirkungsspezifität Gehirngifte vielseitigster Schattierung; ihre Wirkungsart ist meistens eine rein lähmende, sie sind also in einer Systemgruppe mit den Mitteln, mit denen man narkotisiert, wie z. B. dem Chloroform. Chloroform schaltet das ganze Großhirn und noch mehr aus, wenn es zur Narkose benützt wird. Wenn man langsam narkotisiert, bemerkt man zuerst Rausch, dann Schlaf, dann erst Narkose. Den operierenden Arzt interessiert das nicht, er will das Maximum; den Pharmakologen aber interessieren die Zwischenstadien gar sehr, schon aus praktischen Gründen. Als er erkannte, daß im Verlauf der Narkose auch ein rasch übersprungenes Stadium des echten Schlafes steckt, sagte er sich, daß ein Narkoticum, das so schwach ist, daß es nur Schlaf macht, etwas sehr nützlich sein müßte und aus dieser Überlegung heraus entstand das Chloralhydrat und die vielen Schlafmittel der Neuzeit, die ein wirklicher Segen der Menschheit und der chemischen Fabriken geworden sind.

Es ist nun klar, daß in dem Narkosestadium bis zum Schlaf alle erzwungenen Zustandsänderungen des Bewußtseins stecken, als deren Maximum der „Rausch“ zu gelten hat. Es ist aber auch weiter klar, daß im gleichen Bereich eine unendliche Menge feiner und feinsten Abstufungen der Gehirntätigkeit enthalten sein müssen, die um so eher für sich allein mit Giften erzielt werden können, je schwächer und spezialisierter diese sind, das ist dann noch nicht Rausch, sondern Umstimmung der psychischen Tätigkeit¹⁾. So gibt es Gifte wie den Haschisch, der Ideenflucht und Steigerung der Phantasie macht, mexikanische Kakteengifte, die Farbenorgien vorzaubern, die Gifte der Nachtschattengewächse, die man zu religiösen Kultzwecken entdeckte und verwandte, um visionäre Zustände hervorzuzaubern.

Wenn wir uns nun der Analyse der einzelnen Genußmittel zuwenden, so beginnen wir am besten mit dem Alkohol, denn er ist wohl das älteste Genußgift der Menschheit. 1. Buch Mos. 9. Kap., Vers 20ff. Er ist der Patriarch unter seinesgleichen, mit ihm sollen dann die anderen Genußgifte verglichen werden. Die Gehirnwirkung des Alkohols

¹⁾ Deshalb soll hier auch von der Erwähnung des Arsenik abgesehen werden, da seine Einverleibung keinen „Genuß“ im engeren Sinne darstellt, darum scheidet das Nicotin aus, da es keinerlei Zentralnerveneffekte, sondern ausschließlich solche auf das periphere Nervensystem ausübt.

als Genußgift ist durch ein einziges Experiment geklärt. Wenn wir den Zeigefinger unserer Hand an der Fingerspitze mit einem Gewicht belasten, das wir gut heben können, so leisten wir bei jedem Hub des Fingers eine Arbeit = Hubhöhe mal Gewicht, ausgedrückt in Meterkilogramm. Wir machen diese Arbeit rhythmisch nach dem Takt eines Metronoms, und bemerken bald, daß die Hubhöhen kleiner werden und schließlich ganz aufhören, wir können nicht mehr und sind ermüdet; berechnen wir die gesamte geleistete Arbeit bis zur totalen Ermüdung, so ergibt sich z. B. (die Zahl ist willkürlich) eine Totalarbeit von 2 Meterkilogramm. Um sie zu leisten ist nötig 1. der Sinneseindruck des Ohres vom Metronombefehl, 2. eine Willensleistung, 3. eine Innervation der Fingerbeugemuskel am Unterarm, 4. deren Kontraktion.

Wenn wir den Versuch vereinfachen und den Willen ausschalten, indem wir den Muskel, der den Finger beugt, im gleichen Takt wie vorher mit dem Metronom, diesmal elektrisch reizen, so bekommen wir bis zur Ermüdung 3 Meterkilogramm Arbeit, also die Hälfte mehr; bei dieser erzwungenen Arbeit muß der Muskel alles hergeben, was er hat, und da wir sahen, daß bei der Arbeit unter Einschaltung des Willens der Muskel weniger gearbeitet hat als er könnte, schließen wir, daß nicht der Muskel ermüdet, sondern der Wille, also das Gehirn. Wir sehen darin eine zweckmäßige Einrichtung, die uns vor restloser Verausgabung unserer Kraft schützt und eine Reserve zurückbehalten läßt, und wir schließen, er gibt bei der Arbeit, in die noch der Wille eingeschlossen ist, nicht alles her, er behält sich noch eine Reserve zurück. Wie wird nun die Arbeitsausbeute unter einer kleinen, nicht berauschenden Dosis Alkohol? Der Versuch nach der 1. Anordnung, d. h. unter Einschaltung des Willens, gibt 2,5 m/kg, also Mehrleistung unter Alkoholwirkung, aber der Versuch mit dem elektrischen Reiz gibt auch nicht mehr wie 2,5 m/kg, und nicht soviel wie im alkoholfreien Zustand, wo 3 m/kg geleistet wurden. Daraus folgt folgendes:

Der Alkohol hat zwei Dinge gemacht: erstens, er hat unseren Willen so verändert, daß wir alles aus dem Muskel herausgeholt haben, was an Arbeitsfähigkeit darin steckt, wir haben sogar die Reserven verpufft, aber die Reserven sind im Alkoholzustand kleiner wie im normalen, Alkohol hat also auch zweitens den Muskel geschwächt, denn er ist ausgepumpt mit 2,5 m/kg Arbeit statt 3 m/kg wie zu erwarten wäre. Die Mehrleistung der natürlichen Willensarbeit unter Alkohol ist also nur eine Schiebung, hervorgerufen durch eine Willens-täuschung. Normalerweise sorgt der Wille dafür, daß der Muskel sich nicht total verausgabt, vielmehr sich noch Reserven zurückbehält, er hat eine Hemmung, die sehr zweckmäßig ist und diese Hemmung hat der Alkohol gelähmt; daneben hat er noch den Muskel selbst geschwächt; er hat also *nur* gelähmt, und der Förderungseffekt ist nur eine Täuschung. Die Wegschaffung der natürlichen

Hemmung von Verausgabung ist eine Gehirnwirkung des Alkohols; sie interessiert uns in erster Linie, sie gibt uns die Formel für die Generalwirkung des Alkohols: er ist ein *Hemmungslähmer*.

Und diese Formel ist auf alle Alkoholleistungen zu übertragen, ganz besonders auf die geistigen: er macht mitteilsam und menschenbedürftig, vertrauensselig und selbstzufrieden, den Schüchternen gesellig, den Schweiger beredt, den Zaghafte unternehmungslustig, alles auf dem Boden einer Hemmungslähmung. Er steigert uns das Gefühl der *Individualität*. Das wäre die psychophysische — gewissermaßen moralische — Seite der Alkoholkwirkung.

Doch diese Wirkungscharakterisierung reicht noch nicht zur gerechten Beurteilung eines Genußmittels aus, wichtiger wie Qualitätsfragen sind hier solche der Quantität. Die Vollnarkotica, wie Chloroform, von denen wir in unserer Betrachtung ausgegangen sind, werden zu 99% aus dem Organismus wieder unverändert ausgeschieden, er kann mit ihnen nichts anfangen, kann chemisch sie nicht zerstören, wie er es mit den Nahrungsmitteln macht. Anders der Alkohol: Er verschwindet zu 99% und ist auch nach sehr großen Gaben in keiner Körperausscheidung mehr aufzufinden. Der Organismus verbrennt ihn zu Kohlensäure und Wasser und gewinnt von ihm die gleiche Menge Wärme, wie wenn wir ihn in der Spirituslampe verbrennen. Er existiert also nach der Aufnahme nur eine gewisse Zeit im Organismus unverändert, und da er unwirksam ist, sowie er sich zersetzt hat, folgt, daß die narkotische Alkoholkwirkung noch durch einen Zeitfaktor bestimmt ist, der es jedenfalls mit sich bringt, daß kurze Zeit nach der Aufnahme das Maximum von Alkohol im Blute kreist und von ihm den Organen zugeführt wird.

Wir kommen ins Gebiet der Zahlen. Zunächst ein Extrem: Im Blute einer Schnapsleiche, d. h. eines Mannes, der eine tödliche Dosis Alkohol aufgenommen hatte und beim Tode noch ein Depot im Magen besaß, also das mögliche Verteilungsmaximum aufwies, fand man einen Gehalt von 0,33%, also im Liter 3,3 g, und im ganzen Körperblut ca. 21 g Alkohol; die Leber enthielt 0,21%, das Gehirn natürlich am meisten, 0,47%.

Der Alkohol hat sich also ziemlich gleichmäßig über alle Organe verteilt und es berechnet sich auf den Menschen von ca. 40 kg Weichteilgewicht etwa 130 g Alkohol als tödliche Dosis.

130 g Alkohol sind etwa 8 Glas Kognak; es ist zwar nicht schön, 8 Kognak zu trinken, aber man stirbt nicht daran, denn weitaus der größte Teil des resorbierten Alkoholes wird eben verbrannt und die Schnapsleiche hat sehr viel mehr wie 8 Schnäpse rasch hintereinander trinken müssen, um die tödlichen 0,33% ins Blut zu bekommen.

Im Versuch am Menschen hat sich ergeben, daß 27,5 g Alkohol, in der konzentrierten Form von Schnaps in kurzer Zeit getrunken, einen maximalen Blutalkoholgehalt von nur 0,036% machen, also

rund $\frac{1}{10}$ des tödlichen Blutgehaltes jener Schnapsleiche, und dieses Maximum wird erworben bei Einverleibung von rund $\frac{1}{4}$ der absoluten Alkoholmenge, die in den Organen angesammelt sein muß, um zu töten. Dabei war die Wirkung noch nicht einmal ein Rausch.

Also $\frac{1}{4}$ der tödlichen Effektivdosis macht $\frac{1}{10}$ der tödlichen Alkoholkonzentration im Blut und in den Organen und kaum eine Rauschwirkung. Daraus folgt, daß von $\frac{1}{4}$ tödlicher Dosis weitaus die größte Menge rasch nach dem Aufnehmen zerstört wird und auf die Geschwindigkeit dieser Zerstörung kommt es an, sie ist ein konstanter Gegenfaktor der Wirkung.

Wurden nämlich die 27,5 g Alkohol verdünnt, d. h. in Form von $\frac{1}{2}$ l Bier getrunken, was schon für die Zufuhr mehr Zeit verlangt, noch mehr für die Resorption, so wurde überhaupt nur ein Blutalkoholgehalt von 0,004%, also ungefähr $\frac{1}{100}$ der tödlichen Konzentration erreicht und gar keine merkliche narkotische Wirkung, man kann sagen, in diesem Falle wird der Alkohol nahezu so rasch zerstört, als er vom Darm aus dem Körper zuströmt; das wäre also die chemische Kinetik der Mäßigkeit!

Weiter interessieren uns die quantitativen Zeitverhältnisse der Wirkung oder die Frage: Wie lange bleibt der Alkohol im Blute und welche Wirkung äußert er dabei? Eine total abstinenten Versuchsperson nimmt 26 g Alkohol in konzentrierter Form auf einmal zu sich, von Zeit zu Zeit werden ihr Blutproben entnommen und analysiert. Sie erreicht nach $\frac{1}{2}$ Stunde ein Maximum im Blut von 0,05% und erst nach 4 Stunden ist das Blut alkoholfrei; es dauert also 4 Std., bis der Alkohol verschwunden ist, bei Anwendung einer mäßigen Dosis. Daß sie mäßig war, gab die abstinenten Versuchsperson selbst an, sie spürte nichts von Rausch. Daß diese zirkulierende Menge aber objektiv doch nicht wirkungslos war, ergaben die mit feinsten Mitteln der experimentellen Psychologie angestellten Messungen der Hörschärfe und wir gehen nicht fehl, wenn wir annehmen, daß auch die geistigen Leistungen wie Rechnen, Apperzeption usw. in gleichem Maße sich geändert haben. Die Änderung war stets eine Verschlechterung, wenn der Alkoholgehalt des Blutes den Wert von 0,05% erreicht hatte. Davon merkt subjektiv die Versuchsperson zwar nichts, aber es folgt daraus, daß auch in kleinen Dosen des üblichen Genusses der Alkohol uns täuscht, und zwar mehrere Stunden lang, ebensolang sind wir nicht in voller Leistungsfähigkeit.

Wir müssen noch etwas bei dem Zerstörungsvermögen des Organismus für Alkohol bleiben, denn es ist eigentlich einer der wichtigsten Punkte der pharmakologischen Alkoholfrage. Die Zerstörungsfähigkeit ist uns angeboren, denn Alkohol ist ein natürlicher Bestandteil des Organismus, er entsteht dauernd als ein Nebenprodukt bei der Zersetzung der Kohlenhydrate im Stoffwechsel, und selbst der abstinenteste Abstinente kann sich

nicht dagegen wehren, schon am frühen Morgen beim Aufstehen 0,002% Alkohol in seinem Blut zu haben, oder 20 mg im Liter. Dieser Gehalt ist das Produkt einer dauernden Bildung und Zerstörung von Alkohol, es läßt sich leider nicht sagen, wieviel der *Alkoholumsatz* pro Tag ausmacht, da wir weder Bildungs- noch Zerstörungsgeschwindigkeit kennen, immerhin sind es nicht unbeträchtliche Mengen. Alkohol ist also ein normaler Körperbestandteil und das „Gift“ Alkohol ist uns gar nicht fremd, wir haben unsere bestimmten angeborenen chemischen Umgangsformen mit dieser Substanz.

Das Talent, den Alkohol zu zerstören, kann man nun durch Übung steigern; die durch Training dieses angeborenen chemischen Talent es erreichte Steigerung der Zerstörungsgeschwindigkeit nennen wir Gewöhnung. Durch gesteigerte Zufuhr lernen wir es, immer größere Mengen zu verbrennen. Dies hat natürlich auch Rückwirkung auf die narkotische Wirkung. Der Ungewöhnnte wird berauscht von Mengen Alkohol, die dem Gewöhnten noch gar keinen Eindruck machen, und umgekehrt; der Gewöhnte muß mehr Alkohol zu sich nehmen, um die gewünschte narkotische Wirkung zu erzielen, denn weitaus den größten Anteil des zirkulierenden Alkoholes zerstört er ja kraft seines gepflegten Talent es. Das Erlernen der gesteigerten Alkoholzerstörung geht rasch vor sich, ein total abstinenter Hygieniker hat es nach Ausweis der Stoffwechselversuche an sich selbst in 4 Tagen gelernt!

Also beurteilen wir pharmakologisch den Alkohol folgendermaßen: Ein recht schwaches Narcoticum, geeignet, feinere Lähmungsgrade der geistigen Vorgänge zu erzeugen, eine dem Organismus nicht fremde Substanz, die wir mit Leichtigkeit zu unwirksamen Abbauprodukten zerstören, ein Vorgang, der aber immerhin Zeit braucht, denn nach einmaliger wirksamer Dosis stehen wir mindestens 4 Stunden unter Alkoholwirkung. Daraus ergibt sich seine soziale Stellung als Genußgift. Was wir von ihm wollen, ist die Hemmungslähmung. Wir bezahlen sie bewußt mit einer Verminderung geistiger und körperlicher Leistungsfähigkeit, dafür schadet er uns in der mäßigen Form der Hemmungslähmung nicht, er betrügt uns bloß. Mit Betrügnern wird man fertig, wenn man sie durchschaut, man muß wissen, daß seine Wirkungen 6–8 Stunden dauern, so viel Zeit muß man für den Umgang mit ihm aufbringen; wo wir im Kreislauf der 24 Stunden des Tages uns die Zeit stehlen, ist eine Zweckmäßigsfrage; am besten ist es, die Alkoholzerstörung in jene Zeit zu verlegen, wo wir ohnehin narkotisiert sind, in die Schlafenszeit. So ist die pharmakologische Zeit für die Einnahme des Giftes der Abend, wo das Individuum von den Reizen und Überreizen des Tages eines sog. Kulturmenschen abreagieren will, wo das Aggregat von Individuen sich zu Geselligkeit zusammenfindet, und so wird aus dem „Gifte“ ein Geselligkeitsfaktor.

Es liegt mir ferne, von „fröhlichen Weinbergen“ zu schwärmen, es soll nur der Logos des Pharmakon entwickelt werden und der Logos heißt: Ein angenehmer, aber durchschauter Schwindler. Es ist nicht jedermann gegeben, mit dem Alkohol in pharmakologischer Mäßigung umzugehen, schon weil die Pharmakologie eine ganz unbekannte Wissenschaft ist und so haben falsche Dosierungen und Nichtberücksichtigung seiner zeitlichen Wirkungsverhältnisse schon seit Noahs Zeiten mehr oder weniger aktives Ärgernis der Nebenmenschen erweckt. Soweit es sich um jene Sorte von Nebenmenschen handelt, die auf dem Wege des gütigen Zuredens den Individualkampf kämpfen, interessiert das pharmakologisch nicht sonderlich, wenn aber die Bestrebungen legislativen Zwang anstreben, wie das jetzt so viel diskutierte Gemeindebestimmungsrecht, da dürfte etwas mehr Berücksichtigung der Pharmakologie des Alkohols am Platze sein. Zwei mächtige Feinde solcher Kategorie sind ihm im Laufe der Jahrhunderte erstanden, beide unter der politisch-militärischen Konjunktur. MUHAMMED und der Präsident WILSON. MUHAMMED hat ohne Pharmakologie erkannt, daß ein Genußgift, das die bei Orientalen so geschätzte Selbstbeherrschung dezimiert, das den Genießer 6–8 Stunden lang der Urteilsfähigkeit beraubt, ihn sich einseitig exponieren läßt, körperlich schlapp macht, nichts taugt für ein Eroberervolk, das ohne Weg und Steg im heißen Klima, umgeben von feindlichen Menschen und Tieren, nach vorwärts drängt. MUHAMMED war ein kluger, religionstiftender General, er konnte den Alkohol wohl verbieten, er ließ seinen Gläubigen andere Narkotica wie den Haschisch und das Opium.

WILSON erkannte, daß seine hastigen Landsleute ungemütlich im Genießen sind, daß sie sich nicht still abends hinsetzen, und ihren Alkohol als Geselligkeitsfaktor kultivieren, sondern den ganzen Tag über, alle paar Stunden einen „Drink“ nehmen und dann wieder zur Arbeit liefern. Er erkannte, daß man damit keine Höchstleistung im Granatendrehen erzielen kann, daß das Taylorsystem das aufs genaueste nachrechnen ließ. Darum nahm auch er seinen Völkern den Alkohol. Auch das ist pharmakologisch verständlich. Präsident WILSON war auch ein Großer unter seinesgleichen, ein großer Literaturhistoriker – und er gab seinen Völkern nichts für den genommenen Alkohol und was daraus geworden ist, können wir täglich in der Zeitung lesen.

Damit kämen wir zu einem weit mächtigeren Genußgift, dem Opium und was damit zusammenhängt, dem Morphin, dem Heroin und manchen anderen Modernitäten. Opium als Genußgift ist eine arabische Erfindung, es ging mit den Mohammedanern nach Osten, wo es auf Völker und Rassen stieß, die ihm rettungslos verfielen, die Chinesen und Malaien. China hat in der Zeit der Opiumhochkonjunktur pro Jahr 18 000 000 kg als Genuß-

gift verbraucht, die gesamte übrige Welt nur einige 100 000 als Medikament. Es hat für Opium ebensoviel ausgegeben wie es für seinen Teeexport und einige andere Posten einnahm und seine Handelsbilanz zur negativen gemacht. So ist Opium im wirtschaftlichen Haushalt größter Völker etwa dasselbe wie Alkohol für uns. Die wirksame Substanz des Opium ist das Morphin. Es ist in seinen Wirkungen viel subtiler und feiner gestuft wie der Alkohol, der dagegen brutal erscheint. Die wirksame Dosis für den normalen Menschen ist etwa 10 mg, ihre Wirkung eine Abschwächung unangenehmer Außeneindrücke aller Art von den Zahnschmerzen bis zu den Finanzämtern. Unter dieser Wirkung ist der Mensch durchaus normal, keine Spur von Rausch, nur Wohlbefinden. Der Chinese hat diese Morphinwirkung unter die schöne Formel gebracht:

Vergessen der Vergangenheit,
Verachtung der Gegenwart,
Gleichgültigkeit gegen die Zukunft,

ein Zustand, der bei den ethischen Anschauungen des Islam und des Buddhismus das Erstrebenswerteste überhaupt ist. Wenn wir den Alkohol als Faktor der Selbstüberschätzung gekennzeichnet haben, so gilt das Morphin-Opium als Mittel zur Ausschaltung der Individualität. Der eine treibt zur Geselligkeit, das andere zur kontemplativen Isolierung.

Die pharmakologische Bewertung des Opiums als Genußgift ist von 2 Umständen bestimmt. Der eine ist die ganz besondere Art der Gewöhnung. Die 10 mg, die den Menschen das erstemal euphorisch gemacht haben, reichen bei der dritten Wiederholung schon nicht mehr aus, er muß mehr nehmen zur Erzielung der gleichen Minimumwirkung, schließlich enorme Mengen. Die Ursache liegt darin, daß der Organismus auch mit dem Morphinmolekül leicht fertig wird und auch hierin eine so große Fertigkeit bekommt, daß eben der hochgetriebene Morphinist von einem ganzen konsumierten Gramm nur einige Milligramm unzersetzt Morphin für seine Euphorie rettet, die dann auch nicht größer ist wie bei der ersten Dosis von 10 mg. Es scheint, daß die Zersetzung des großen Moleküls Morphinium zu nicht so harmlosen Endprodukten führt wie die des Alkohols, so daß schon dadurch eine den Morphinismus begleitende Erkrankung oder Gesundheitsschädigung eintritt. Doch ist hier noch vieles zu klären.

Ein anderes ist, daß der Morphiniumgenuß zur Sucht wird. Der Morphiniumgenießer, der durch die erste Dosis aus seiner Mißstimmung heraus normal geworden zu sein glaubt, fühlt sich in Zukunft überhaupt nur mehr normal, wenn er unter Morphinium steht und wenn man es ihm nimmt, ist er wirklich krank und zu nichts zu gebrauchen. Das ist hier ganz anders wie beim Alkohol. Von der Trunksucht kann man sagen, daß ihre Voraussetzung ein schon von Haus abnormer geistiger Habitus des Menschen ist; die Substanz Alkohol

macht an sich nicht die Trunksucht, die Substanz Morphin macht dagegen aus dem normalen Menschen den „Süchtigen“. Deshalb ist Morphinium ein wirkliches Genußgift, ein Genuß, den man schwer bezahlt. Und das läßt sich verallgemeinern: Genußgifte, die auf somatischem Wege zur Sucht führen, sind wirkliche Gifte, verführerisch besonders deshalb, weil ihre Leistungen meist ganz ausgesucht begehrenswerte Seelenstimmungen sind. Der Fall Opium-Morphium zeigt auch die auffallende Erscheinung, wie sehr für eine spontan-epidemische Ausbreitung eines Genußgiftes die Rassenfrage von Bedeutung ist. Opium ist bei den Arabern, und Mohammedanern den Verbreitern des Gebrauches, nie zum Volkslaster geworden, nur die gelbe Rasse ist besonders gefährdet. Offenbar hängt dies mit den feineren Wirkungsleistungen zusammen, die gewünscht werden; jede Rasse hat hier ihre besonderen Liebhabereien. Ein primär-pandemisches Rauschgift existiert eigentlich nicht. Das hindert natürlich nicht, das auf dem Wege der Propagierung ein Gift von einem Volke, einer Rasse, auf die andere überspringt, ob es aber Wurzel faßt, hängt von vielerlei ab, vor allem davon, ob etwa ein eingewurzelter Gift zu verdrängen ist; in diesem Falle hat es der Neuling schwer; wo aber das Rauschgift fehlt, hat es jeder Neuling leicht, wie in neuester Zeit in den zwangsweise trockengelegten Ländern zu sehen ist, die alles aufsaugen, was irgendwie berauschend wirkt. Umgekehrt sind dann auch in den Alkoholländern Morphinium, Cocain u. a. niemals Volkslaster geworden, sondern aus größerem Abstand besehen nur Individualliebhabereien.

Für Leistung und Verbreitung eines Genußgiftes ist auch die Art der Einverleibung von bestimmender Bedeutung; je weniger Zeit, je weniger Apparat die Einverleibung braucht, desto leichter die Verbreitung. Opium wird geraucht, das braucht einen stillen Raum und komplizierte Apparatur; auch zur Applikation der Morphinumspritze muß man zum mindesten ein wenig beiseite gehen. Da ist es denn von ganz besonderem Interesse, daß der durch die Amerikaner wiedergefundene Modus der Gifteinverleibung durch das Schnupfen der Gifte vielleicht der mächtigste Förderer der modernsten Rauschgiftlaster geworden ist. Auf solchem Wege ist eine wirksame Dosis rasch, sicher und heimlich zu applizieren. Daß man ein Gift durch die Nasenschleimhaut aufnehmen kann, wurde schon KOLUMBUS beim Betreten der neuen Welt durch die tabakrauchenden Eingeborenen demonstriert. Das Schnupfen ist nur eine Abart des Rauchens, die pharmakologisch besonders interessant ist, wie wir erst seit nicht zu langer Zeit wissen. Unsere Nasenschleimhaut ist nämlich ein unangenehm gutes Resorptionsorgan; wenn wir chemisch leicht nachweisbare Sachen schnupfen, können wir sie in wenigen Minuten schon im Harn nachweisen, der Weg führt am schnellsten zum Ziel, wenn der Nasenschleimhaut die chemisch isolierte Reinsubstanz angeboten wird.

Auf diese Weise hat in allerneuester Zeit unter den Morphinabkömmlingen das Heroin seinen Weg gemacht. Dieses Diacetylmorphin ist als ein Hustenmittel nach Art des Kodeins erfunden worden; es ist therapeutisch ein ziemlich bedeutungsloses Mittel, an dem die darstellende Fabrik wenig Freude gehabt hat. Die Amerikaner haben gefunden, daß es geschnupft einen sehr rasch eintretenden Rausch besonderer Art, wohl mit etwas phantastischem, erotischem Einschlag macht, der rasch vorübergeht. Dazu genügt schon eine dreimal kleinere Dosis als bei Morphin. Die Japaner sollen die Sache ebenfalls aufgegriffen haben und das Heroin den Chinesen in großen Mengen liefern, die jetzt ja mit dem Opium allerlei innere und äußere Schwierigkeiten haben. Tatsächlich sind in Deutschland im Jahre 1913 einige hundert Kilogramm der Substanz fabriziert worden, ebensoviel in England, in Japan nichts, 1923 dagegen haben wir 1100 kg, England 2200, Japan 4900 kg fabriziert und verkauft. Heroin birgt zweifellos in sich die Gefahr der Sucht. Amerika kennt sie sehr genau und hat sogar die Fabrikation der Substanz radikal verboten.

Wenn schon für Heroin das Angestrebte der Rausch ist und der Boden der Verbreitung des Heroinlasters eine besondere Düngung durch Dekadenz oder Prohibition verlangt, so gilt das in erhöhtem Maße für das Cocain. Dieses in der Medizin unersetzliche Alkaloid, das Anaestheticum, das die Unannehmlichkeiten der großen Allgemeinnarkose durch Chloroform vermeiden läßt, ist bekanntlich von Hause aus ein narkotisches Genußmittel. Die peruanischen Cocakauer waren Schwerarbeiter in Kupferminen, die von ihren Arbeitgebern aufs rücksichtsloseste ausgenutzt wurden. Der Genuß des Cocablattes verschaffte ihnen vermehrte Leistungsfähigkeit, vermindertes Nahrungsbedürfnis, Abstumpfung gegen Hitze und Kälte, aber alles auf demselben Wege der Täuschung, wie wir sie schon beim Alkohol kennengelernt haben. So hat sich auch der Genuß des Cocablattes in Europa nie durchsetzen können, obwohl die Forschungsreisenden märchenhafte Berichte von der Wirkung der Droge mitbrachten und sicher Neugierige genug vorhanden waren, es an sich auszuprobieren; es leistete auf dem Wege der Einverleibung in den Magen nicht mehr wie der Alkohol.

Die Reindarstellung des Alkaloides und die daraufhin einsetzende Ermittlung der Konstitution gibt die Erklärung des Versagens. Das Molekül ist sehr zersetzlich, und beim innerlichen Gebrauch kommt so wenig unzersetztes Cocain ins Gehirn, daß nur jene minimalen Wirkungen erzielt werden, die der Alkohol eben besser und billiger macht. Das wurde mit einem Schlage anders, als man das reine Alkaloid schnupfte. Es läßt sich so mit größter Geschwindigkeit ein Rausch erzielen, von wiederum ganz besonderer Art. Eine Euphorie mit freudig erhöhter Stimmungslage, der Trübsinnige wird glücklich und zufrieden, er

hat eine gewaltige Meinung von sich selbst, alles, was er sagt und tut, ist ihm bedeutend, ohne ihn ginge alles schief, sein Gedankenablauf ist beschleunigt. Er sucht nach Absatz seiner Leistungen und schart sich mit Gleichgesinnten zusammen, er macht Proselyten und darin liegt das Infektiöse des Cocainismus. Man kann wohl sagen, die Cocainwirkung ist ein Mittelding zwischen Alkohol und Morphin. Nur ist es noch ganz unsicher, ob eine Gewöhnung auf derselben chemischen Basis vorhanden ist wie bei diesen Giften. Jedenfalls aber besteht eine Sucht; der Cocainist ist krank, wenn er sein Gift nicht hat, wie der Morphinist, aber der Unterschied ist sehr zu Ungunsten des Cocains. Der Morphinist ist im Morphinumzustand leistungsfähig, abnorm für den Beobachter erst, wenn er sein Gift nicht hat, der Cocainist aber ist im Cocainzustand eben verrückt.

So findet der Cocainismus auch seine Hauptverbreitung in Kreisen, an deren Normalität und voller Leistungsfähigkeit kein absolutes Interesse besteht. Als Giftseuche ist er bei uns unter ganz abnormen Umständen, die Nervosität der Kriegs- und Nachkriegszeit, die Knappheit und Teuernis des gewohnten Narkoticums Alkohol ließen den Cocainismus entstehen; die Rückkehr zu normalen Verhältnissen wird ihn wohl bald wieder vergehen lassen, besonders mit der Nachhilfe des Staates, der den Cocainverkehr schon so erschwert hat, daß die Cocainisten jetzt mehr Gips wie Cocain schnupfen müssen.

Um den Cocainismus als Volkslaster von der sozialen Seite aus richtig einzuschätzen und etwa gegen das Morphin abzuwägen, ist etwas Statistik sehr interessant und beruhigend. In Deutschland kommen auf den Kopf der Bevölkerung pro Jahr für die rein-therapeutische Verwendung 3 mg, das macht für 60 Millionen Menschen rund 180 kg! Der medizinische Weltbedarf an Cocain kann auf 1000 kg pro Jahr veranschlagt werden. Die deutsche Cocainproduktion dagegen war im Jahre 1921 rund 6000 kg, die Weltproduktion rund 20 000 kg, man kennt diese Zahlen sehr genau, weil das gesamte Cocablatt in den holländischen Kolonien produziert wird und der Handel sehr zentralisiert ist. Es ergeben also diese Zahlen, daß pro Kopf etwa 20mal soviel Cocain produziert wird als medizinisch nötig. Beim Morphin und dem einzigen Volk der Chinesen liegen die Verhältnisse, wie oben gezeigt, viel, viel ungünstiger, dort kann man schon sagen, fast alles produzierte Morphin wird für die Sucht verwendet.

Das Cocain leitet uns auf einen kurzen Seitensprung zu einer pharmakologisch wie ethnographisch gleich interessanten Gruppe von Rauschgiften, nämlich den Alkaloiden der Solanaceen; der Name Tollkirsche, Bilsenkraut und Alraune zeigt die Familie. Ihr Gift ist das Atropin und einige seiner Modifikationen. Der chemische Bau des Atropins ist sehr nahe verwandt dem des Cocains, mit dem es den gleichen Kern besitzt.

Die Drogen, die solches Gift enthalten, sind instinktiv zu allen Zeiten und von allen Völkern der Erde gefunden und verwendet worden. Australische Neger kauen und rauchen Pituri, in Peru und Kolumbien ist der Tongatrank, in Indien, China, Persien, Ägypten, Littauen, überall findet man die Droge als Rauschmittel. Wie schon der Name Tollkirsche sagt, haben die Substanzen augenfällige Rauschwirkungen, und zwar alle Grade und Schattierungen. Unser medizinisch verwandtes Scopolamin ist eine Art gebändigtes Tropenalkaloid, es wird deshalb zum bekannten Dämmer Schlaf der schmerzlosen Geburt verwandt.

Aber die tropischen Verwandten werden hauptsächlich zur Erzielung eines visionären Exaltationszustandes verwandt und entsprechend dosiert. Sie sind so auch meist nicht ein Genußgift der Allgemeinheit, sondern in irgendeiner Weise mit religiösen Kultzwecken verknüpft, so ist glaublich, daß sich im Altertum die Delphische Pythia, im Mittelalter die zum Blocksberg reitenden „Hexen“ mit Dämpfen oder einer aus dem Kraut hergestellten Salbe in den gewünschten Zustand versetzt haben. Das dünne Bier des Mittelalters wurde durch Bilsenkrautzusatz an Wirksamkeit dem Wein etwas genähert. Von manchen sog. wilden Volksstämmen, bes. Südamerikas, wird atropinhaltiges Material auch geraucht, oft vermischt mit Tabak, dadurch bekommt Tabak narkotische Qualitäten, die seinem eigenen Alkaloid, dem Nicotin, ganz und gar fehlen.

Soweit es sich bei diesen Giften um Genußgifte handelt, dürfte der erstrebte Zustand der nach dem Rausch eintretende tiefe Schlaf sein, der mit besonders angenehmen Träumen verschönt sein soll. Was ist nun Pharmakologisches an diesem Gebrauch? Die Atropinalkaloide lähmen kein unbedingt lebenswichtiges Organ, sehr im Gegenteil zu anderen Genußgiften, die in übertriebener Dosis durch Lähmung des Atemzentrums immer lebensgefährlich sein können. Der Gebrauch der letzteren setzt schon gewisse Dosierungserfahrungen voraus, Atropin erregt das Atemzentrum und stört nur das Gehirn, und dieses ist ja kein unbedingt lebenswichtiges Organ. So machen Überdosierungen nur gesteigerte Wirkung, eine Art von Tobsucht. Der Genießer läuft aber keine direkte Lebensgefahr. Die Heildosis von Scopolamin ist z. B. ein $\frac{1}{2}$ mg, es haben aber Kranke ohne Schaden schon 20 mg genommen. Atropinalkaloide können sehr leicht aus dem Körper unverändert ausgeschieden werden, ganz im Gegensatz zu dem verwandten Cocain.

In diesen beiden pharmakologischen Eigenschaften, der Schonung lebenswichtiger Organe bei der Wirkung und der raschen Ausscheidung aus dem Körper liegt wieder eine interessante Begründung eines menschlichen Instinktes, der sich schon an diese Gifte wagte, zu Zeiten, wo man vor wirksamen Substanzen überhaupt noch sehr großen Respekt hatte.

Schließlich im Zusammenhang mit dem am Großhirn rein lähmend wirkenden Stoffe noch einige Worte über die Haschischgruppe, zu der Haschisch, Absinth, Kawa-Kawa und Hopfen zu rechnen sind, eine Gruppe, die als wirksamen Bestandteil ätherische Öle, bzw. deren nächste Umwandlungsprodukte enthält. Unser pharmakologisches Wissen von diesen Stoffen ist noch recht dürftig und rasch erzählt, es sind flüchtige, dadurch riechende Stoffe, sehr schwer löslich in Wasser, deshalb sehr schwer und unsicher vom Magen aus resorbierbar, auch der Organismus kann nicht viel mit ihnen chemisch anfangen, er scheidet sie mühsam und nicht unzersetzt wieder aus, deshalb treiben sich diese Stoffe lange in ihm herum und machen noch nach ihrer eigentlichen Genußwirkung manchen Schaden; es sind so Substanzen, die ganz besonders zu chronischen Schadenwirkungen aller Art neigen, angeblich besonders zu bleibenden Schädigungen des Gehirns.

Der Haschisch der Orientalen ist das Mittel des künstlichen Traumes bei leidlich wachem Zustande. Der Haschischgenießer verliert jede Vorstellung von Zeit und Raum, sein Gehirn ist dabei in dauernder Tätigkeit, von einer solchen Intensität und Mannigfaltigkeit, daß man nicht die Zeit findet, die Ideen zu verknüpfen, Ideenflucht nennt man den Zustand neurologisch; die verführerische Besonderheit ist, daß alle Ideen angenehm sind, und daß auch lästige Außenreize, wie Lärm usw., in angenehme Eindrücke wie Klänge umgewertet werden. Entsprechend der schweren Resorbierbarkeit des ätherischen Öles hält bei innerlichem Gebrauch der Haschischzustand stundenlang an, um dann einem ruhigen Schlaf Platz zu machen; bei Rauchen des Haschischs tritt die Wirkung rascher ein und verschwindet auch rascher. Haschisch ist das Mittel zur Reizung der Phantasie, es wirkt bezeichnenderweise am intensivsten auf Menschen mit reger Phantasie und nur wenig auf nüchterne. So ist der Haschisch das Rauschmittel des Orientalen geworden, ein richtiges Rassengenußmittel; es liefert ihm jene „künstlichen Paradiese“ Baudelaires, die sein an Kulturreizen armes Dasein braucht, es ersetzt ihm BEETHOVEN und REMBRANDT, das Grammophon und den Kino; unter Haschisch verschafft er sich visionär die Träume, die er gerade will, er braucht nicht aus dem Haus zu gehen und kein Billett zu kaufen.

Nicht viel anders ist die Wirkung des Absinths, und es ist bezeichnend, daß wieder ein phantasiereiches Volk, die Franzosen seine Liebhaber geworden sind, so sehr, daß die staatliche Fürsorge eingriff und den Anbau von Absinth gesetzlich verbot. So brauchen wir von der schwerer beweglichen germanischen Rasse kein Gruseln und keine Angst vor den haschischartigen Giften zu haben, sie werden uns kein künstliches Paradies vorzaubern. Unser dem Haschisch verwandter Stoff steckt im Bier, nämlich der Hopfen. Hopfen und

Haschisch gehören zur Brennesselfamilie, und auch Hopfen enthält ein narkotisch wirkendes ätherisches Öl, das sogar für sich als leichtes Schlafmittel verwandt wird. Die Schläfrigkeit nach manchen Bieren ist wahrscheinlich mehr auf den Hopfen zu schieben als auf den Alkohol. Von Visionen und Phantasien ist da nichts mehr vorhanden, und ich wage es nicht, den auf der Kirchweih den Maßkrug schwingenden Bauernjungen und den haschischmüden Beduinenscheich zu analogisieren.

Damit können wir die Liste der narkotischen Genußgifte abschließen, sie ist nicht vollzählig, aber was nicht erwähnt ist, ist belanglos. Ganz allgemein kann man sagen, daß alle diese Gifte Lähmer des zentralen Nervensystems sind; auch da, wo sie scheinbar positive Effekte äußern, besteht im Grunde Lähmung.

Der Instinkt des Menschen hat aber nicht nur nach lähmenden und die Sorgen brechenden Substanzen die Erde abgesucht, er braucht zuweilen auch das Gegenteil, erregend wirkende Substanzen. Die Pflanzen, die solche Wirkungen haben, hat der suchende Instinkt gefunden; es sind im ganzen 8 Stück, verteilt über die alte und neue Welt, und alle enthalten die gleiche wirksame Substanz, das Coffein. Die Stammpflanzen sind meist im botanischen System so weit auseinander wie ihre Standorte auf der Erde, Kaffee in Arabien, Tee in China, Cola in Afrika, Maté in Südamerika. Der Instinkt der Menschheit auf Coffein scheint so scharf zu sein, daß man nicht annehmen kann, es existiere noch irgendeine Pflanze auf der Erde, die Coffein enthielte, sie wäre längst gefunden. Die Standortsländer reichten für den Weltbedarf nicht aus, und so hat man die Pflanzen allenthalben in Kultur genommen; unser Mokka kommt wohl mehr aus Guatemala und der Tee aus Ceylon. So ist das Coffein zum wahrhaft pandemischen Genußmittel geworden. Auch der Chemiker hat noch etwas dem Coffeinhunger nachgeholfen und die Substanz künstlich zu machen gelehrt, sein Ausgangsmaterial ist weniger ästhetisch, es ist u. a. der Guano! So unappetitlich dieses Ausgangsmaterial des Chemikers ist, so interessant ist es für unsere Betrachtung. Es ist nämlich die Harnsäure des Guanos, die der Chemiker in Coffein verwandelt, und dazu ist gar nicht viel chemische Arbeit nötig; er nimmt ein Atom Sauerstoff heraus und klebt 3 Moleküle des Restes des Methylalkohols hinein, und das Coffein ist fertig, in langen seidenglänzenden Krystallnadeln. Für unsere Betrachtung heißt das, daß das Coffein unserem Organismus nicht fremd ist, zwar nicht so homogen wie der Alkohol, aber da wir das Coffein in unserem Körper mit Leichtigkeit wieder in dem Ausgangsmaterial Harnsäure sehr nahe verwandte Stoffe zurückverwandeln, und da diese Stoffe normale Produkte des menschlichen Stoffwechsels sind, können wir das Coffein zwar nicht wie den Alkohol als Kind unseres Stoffwechsels begrüßen, aber doch immerhin als wohlgeleiteten Vetter. Allerdings,

so ganz spielend geht die Umwandlung des Coffeins in unserem Körper nicht vor sich, es dauert immerhin einige Zeit, bis die Arbeit geleistet ist, glücklicherweise, denn nur das intakte Molekül hat die erstrebte Wirkung, ja ein Teil des zugeführten Coffeins geht sogar unverändert in den Harn über. An diesem Rest kann man nun die zeitlichen Verhältnisse der Coffeinwirkung chemisch verfolgen, denn man kann sagen, solange Coffein ausgeschieden wird, zirkuliert es auch im Organismus und wirkt. Die analytischen Methoden der Messung der Coffeinausscheidung sind außerordentlich fein, noch kleine Spuren eines Milligrammes können so erfaßt werden.

Es hat sich nun gezeigt, daß nach Einnahme der üblichen Dosis Coffein, d. h. von 0,1 g, die Coffeinausscheidung nach etwa 8 Stunden beendet ist, sie ist in den ersten Stunden am höchsten, so daß man nicht fehl geht mit der Annahme, daß wir durch eine Tasse Kaffee, d. h. 0,1 g Coffein, immerhin 4 Stunden merklich unter Coffeinwirkung stehen.

Auf dem gleichen Wege ließ sich ferner entscheiden, ob unser Organismus sich an Coffein gewöhnt, nach der Art, wie er dies mit dem Alkohol fertigbringt, also etwa auch ein Talent entwickelt, das zugeführte Coffein mehr und mehr zu zerstören, so daß zur Erreichung der gleichen Wirkung mit der Zeit steigende Dosen nötig wären. Das ist nun nicht der Fall, denn die Ausscheidungsgeschwindigkeit des Coffeins bleibt stets die gleiche, und schon der Säugling macht das mit der gleichen Geschwindigkeit wie der Stammgast eines wahren Kaffeehauses. Coffeinismus ist also schon aus physiologisch-chemischen Gründen, und da es auch bei chronischem Gebrauch zu keiner Abschwächung der Wirksamkeit gibt, vielmehr jede Dosis jederzeit gleich stark wirkt, auch pharmakologisch mehr wie unwahrscheinlich.

Die Wirkung des Coffeins in den Genußmitteldosen ist eine rein positive; es wirkt mit vielen Organen unseres Körpers, aber mit allen nur fördernd; die Funktion reizend; erst bei ganz großen Dosen tritt Lähmung ein. Dies muß einmal mit allem Nachdruck gesagt sein, denn nach einem saloppen Sprachgebrauch nennt man Kaffee und Tee oft „narkotische Aufgußgetränke“. Narkotisch heißt sprachlich lähmend, und in Unkenntnis der pharmakologischen Analyse nennt man gerne alles, was auf das Gehirn wirkt, narkotisch, ohne Lähmung und Förderung zu unterscheiden. In Wirklichkeit sind Coffein und die bisher erwähnten Narkotica Antagonisten.

Die Erregungswirkung des Coffeins ist nun eine sehr vielseitige: Das Gehirn wird nach Ausweis der psychologischen Untersuchungen in allen seinen Leistungen gefördert, das Herz zu größerer Arbeit gereizt, ebenso die Körpermuskulatur gestärkt, sie ermüdet weniger und leistet mehr, auch ist die Nierentätigkeit gesteigert. Das wäre ein bißchen viel des Segens, wenn man das von jeder Tasse Kaffee geliefert bekäme. Glücklicher-

weise ist der Coffeinappetit der einzelnen Organe verschieden, und das Großhirn steht hier an der Spitze, als das coffeinempfindlichste unserer Organe. Das heißt für dieses Organ aber weiterhin, daß es seine Förderung schon von der kleinsten Dosis bekommt, die an anderen Organen noch nicht wirkt, wahrscheinlich weil eben das Gehirn sich selbst zuerst nimmt, was es braucht, und erst den Überschuß abgibt. So sind die Genußdosen des Coffeins im Kaffee und Teegetränk 0,1 g Coffein, das hat die Menschheit ganz empirisch herausgefunden. Die sog. therapeutischen Dosen, die der Arzt dem herz- und nierenkranken Patienten gibt, fangen beim Fünffachen erst an.

Die Pharmakologie sagt also nach allem Vorbrachten vom Coffein etwa folgendes: Ein Mittel zur Bekämpfung von Schlaf und Schläfrigkeit, zur Erhöhung der geistigen Leistungsfähigkeit, dem menschlichen Organismus homogen, ohne Gewöhnung und ohne Gefahr der Erzeugung einer Sucht; und damit dürfte seine pandemische Wertschätzung begründet sein. Gefunden im heißen Klima, ist es dem Orientalen das Mittel zur Bekämpfung der klimatischen Schlaptheit, das Mittel zum Wachbleiben; *wir* fangen unseren Tag mit Coffeingenuß an, um wach zu werden, wir sollen ihn aber nicht damit aufhören, wenn wir schlafen wollen.

So ist das Coffein für den normalen Menschen unter allen Genußgiften der Gipfel der Harmlosigkeit, denn was es dem Gehirn leistet, ist harmlos, fast möchte man sagen moralisch, und es sich im Körper chemisch benimmt, ist taktvoll. Man nimmt Anstand, hier noch von einem Genußgift zu sprechen, und könnte die Substanz getrost zum Genußmittel ernennen; sie dürfte eigentlich keine Feinde haben.

Wie schon erwähnt, ist beim Coffein der Abstand zwischen der Genuß- und Heildosis ein sehr großer. Das spricht allein schon für die Unschädlichkeit der Genußdosis. Dies gilt bestimmt für den gesunden Menschen. Es ist nun eine bekannte Erfahrung, daß kranke Organe für das ihnen passende Heilmittel besonders empfindlich sind. So wirken z. B. die Fiebermittel nur am fiebernden Menschen und nicht am normalen. Unter solchen Umständen ist es zu verstehen, daß Menschen, deren coffeinempfindliche Organe krank sind, schon durch die kleinen Genußdosen des Coffeins ungünstig beeinflußt werden, besonders wenn sie täglich genommen werden. Man darf aber keinesfalls den Spieß umkehren und behaupten, daß gesunde Organe durch Coffein krank werden und deshalb den Kaffee als den Erzfeind der Menschheit hinstellen — der meist gleich coffeinstark genossene Tee ist merkwürdigerweise noch nicht so verdächtigt worden — sondern überlasse das Coffeinverbot lieber dem Arzt, der es diagnostisch motiviert findet und kein Interesse hat, daß eingebildete Kranke entstehen.

Soweit das, was in kurzer Zeit über die Pharmakologie der wesentlichsten Genußgifte gesagt werden kann. Ich habe mich absichtlich nur auf die auf

das Gehirn wirkenden Substanzen beschränkt, denn sie sind es, die ein Bedürfnis aller Menschen aller Zonen geworden sind. Ich habe auch nur von den Gesetzen jener Wirkungen gehandelt, die ganz allgemein gewünscht werden, d. h. von den Wirkungen der kleinen Dosen. Es ist wohl bekannt, daß auch die harmlosesten dieser Substanzen mißbräuchlich verwendet werden können und dann unbedingt schädlich sind, aber das sind ganz andere Fragen.

Temporäre Ausschaltung des Gehirns ist für Mensch und Tier eine Lebensnotwendigkeit, wir nennen sie Schlaf, können auch Narkose dafür sagen. Alle Tiere und auch die Pflanzen haben und brauchen Schlaf nur die Erscheinungsform ist verschieden. Die Wirbeltiere vom Menschen bis herab zum Haifisch schlafen in der 24stündigen Sonnenperiode, niedere Tiere in Perioden von Jahreszeiten oder Perioden von Schwankungen der Ernährungspessima. Schlaf ist der Zustand, in dem alle Lebensarbeit auf ein Minimum reduziert ist, also der Zustand der maximalen Schonung der körperlichen Leistung. Dieser Zustand des minimalen Verbrauches ist nur erreichbar, wenn das Gehirn nichts mitzureden hat. Wenn wir untätig, aber wach im faulsten Klubsessel liegen, nützen wir uns schon beträchtlich mehr ab wie im Schlaf, unser Gehirn läßt noch seine Nervenbefehle spielen, auch wenn wir nichts an äußerer Arbeit davon merken, aber der messende Stoffwechselversuch zeigt uns den Verbrauch deutlich an. Die menschliche Intelligenz hat es gelernt, zu korrigieren, wenn am natürlichen Schlaf etwas fehlt, und so dürften die narkotischen Genußmittel entstanden sein, wie wir jetzt unsere Genußgifte nennen wollen. Sie hat es aber auch verstanden, zu beobachten, und so kam man auf die feineren Schattierungen, als besondere Begehrenswertigkeiten.

Der rote Faden, der durch meine Ausführungen ziehen sollte, ist die pharmakologische Ableitung der Eignung der narkotischen Genußmittel zum gewünschten Zweck, die wissenschaftliche Motivierung der Menschheitsinstinkte. In allzunahem Abstand ist man im Urteil über Wert oder Unwert der narkotischen Genußmittel zu leicht Partei. Ihr Charakterbild schwankt dauernd, je nach den Gesichtspunkten. Man kann sie politisch betrachten oder moralisch, kaufmännisch oder medizinisch, alle diese Betrachtungsweisen werden mehr oder weniger befangen sein. Eine am meisten objektive Beurteilung muß auf der Pharmakologie der wirksamen Substanzen beruhen, und nach dem, was ich ausführen durfte, muß man den in die Person Noahs verkörperten Menschheitsinstinkt als den sichersten gelten lassen, der unter allen Möglichkeiten auf die harmloseste Form eines Narkotiums stieß, das denn auch sich mit Recht die Welt erobert hat, bis hierher an den Rhein, wo so viel Wein wächst — und so viel Wasser fließt.

Die Bedeutung der Koordinationslehre für die organische und physiologische Chemie.

VON PAUL PFEIFFER, Bonn.

I. Allgemeines.

Die organische Chemie sieht es als ihre vornehmste Aufgabe an, auf analytischem und synthetischem Wege einen möglichst tiefen Einblick in die Konstitution und Konfiguration der geradezu zahllosen organischen *Verbindungen erster Ordnung*, d. h. derjenigen Verbindungen, die der klassischen Valenzlehre gehorchen, zu gewinnen, um so eine immer vollkommenere Systematik derselben zu schaffen.

Diese Forschungsrichtung hat gewaltige Resultate erzielt, die immer von neuem unsere Bewunderung erregen. Bis in die jüngste Zeit hinein dauern die Fortschritte auf diesem Gebiet an; ich brauche ja nur an den Ausbau der Verbindungen des 2- und 3-wertigen Kohlenstoffes zu erinnern, an die Konstitutionsaufklärung der natürlichen Moschusarten und an die glänzenden Synthesen in der Porphyrinreihe.

Seit einer Reihe von Jahren entwickelt sich nun mehr und mehr ein neuer Zweig der systematischen organischen Chemie, die Chemie der organischen *Molekülverbindungen* (*Verbindungen höherer Ordnung*). Er umfaßt alle diejenigen organischen Verbindungen, deren Moleküle sich aus mehreren Einzelmolekülen gleicher oder verschiedener Art zusammensetzen und daher als Komplexmoleküle oder auch als Moleküle höherer Ordnung bezeichnet werden.

Kein geringerer als KEKULÉ selbst hat schon vor etwa 50 Jahren in seiner Rektoratsrede vom 18. Oktober 1877 den Unterschied zwischen Molekülen erster und höherer Ordnung klar erkannt. Er sagt wörtlich folgendes:

„Es muß angenommen werden, daß die in einem Molekül vereinigten, also in bezug auf ihren Wert gesättigten Atome nicht nur aufeinander, sondern auch auf Atome benachbarter Moleküle Anziehung ausüben, und daß so eine Molekülattraktion zustande kommt, die durch Anziehung der Einzelatome veranlaßt und demnach durch deren Qualität bedingt ist. Nur so erklärt sich der Vorgang bei chemischen Zersetzungen und die Existenz jener endlosen Anzahl komplizierterer Dinge, die man als Molekularadditionen oder als Moleküle höherer Ordnung auffaßt.“

Die systematische organische Chemie vermochte aber zunächst mit den Molekülverbindungen nicht viel anzufangen. Ihre Existenz wurde als recht störend empfunden, da die KEKULÉschen Wertigkeitsbegriffe in diesem Gebiete keine Geltung hatten.

Erst nachdem durch WERNER (1), den Reformator der anorganischen Chemie, die Systematik der anorganischen Komplexverbindungen begründet und ausgebaut worden war, konnte mit Erfolg versucht werden, die organischen Verbindungen

höherer Ordnung zu erforschen. Die Valenzlehre der organischen Verbindungen war so erstarrt, daß erst ein frischer Wind von der anorganischen Chemie her wehen mußte, um auch die theoretische organische Chemie wieder ein Stück vorwärts zu bringen. In den letzten Jahren wird nun in immer stärkerem Maße über die organischen Molekülverbindungen gearbeitet, einerseits um ihre Konstitution und Konfiguration zu bestimmen, andererseits aber auch um wichtige Probleme der organischen und physikalischen Chemie, der Physiologie und Pharmakologie der Lösung näher zu bringen.

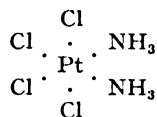
Ich glaube aber, daß damit die Bedeutung der Molekülverbindungen noch nicht erschöpft ist. Wir Chemiker haben uns bisher im wesentlichen nur mit der Erforschung der Moleküle selbst befaßt und die fertige, faßbare bzw. sichtbare Materie nur insoweit berücksichtigt, wie es notwendig war, um die Eigenschaften und Umsetzungen der einzelnen Moleküle studieren zu können. Über diesen bisherigen Zustand der Chemie müssen wir aber, wie es vor allem KOHLSCHÜTTER (2) klar erkannt hat, unbedingt hinaus. Wir müssen die Gesetze kennenlernen, nach denen sich aus Molekülen gleicher und verschiedener Art Krystallstrukturen, Lösungen, Kolloidpartikelchen, Membrane, Fasern usw. nach Form und Art bilden. Dazu ist es aber unbedingt erforderlich, daß wir uns über die Restaffinitäten, die den einzelnen Molekülen innewohnen, orientieren. Denn diese Restaffinitäten sind es im wesentlichen, welche die Materie formen. Durch das Studium der Molekülverbindungen lernen wir nun bestimmte Wirkungen solcher Restaffinitäten kennen und leisten so eine wesentliche Vorarbeit zu einer zukünftigen Theorie der geformten Materie. Für das Verständnis der Krystallstrukturen hat sich diese Vorarbeit schon als fruchtbar erwiesen.

II. Theorie der organischen Molekülverbindungen.

Die Theorie der organischen Molekülverbindungen schließt sich eng an die WERNERSche Koordinationslehre der anorganischen Komplexverbindungen an. Nach dieser Theorie sind die Kräfte, welche in den anorganischen Molekülverbindungen die Einzelmoleküle zu Komplexmolekülen aneinanderketten, im allgemeinen *atomare* Kräfte, d. h. Kräfte, die von den einzelnen Atomen der Moleküle und nicht etwa vom gesamten Atomverband ausgehen. Durch die Wirkung dieser Kräfte, der sog. Nebenvalenzkräfte, bilden sich bei den anorganischen Molekülverbindungen fast stets Atomzentren aus, um die sich andere Atome bzw. Atomgruppen lagern. Begrenzt wird die Zahl dieser Gruppen durch die *maximale Koordinationszahl* des Zentralatoms, eine Zahl, welche uns angibt, wie viele Atome bzw. Atom-

gruppen im Maximum um ein Zentralatom gelagert sein können.

Ein gutes Beispiel bildet das *Tetrachlorodiamminplatin* $\text{PtCl}_4 \cdot 2 \text{NH}_3$, dem die Konstitution:



zukommt. In dieser Verbindung sind die NH_3 -Moleküle derart an das PtCl_4 -Molekül gebunden, daß Affinitätsabsättigung zwischen den N-Atomen der Ammoniak- und dem Pt-Atom des Platinchloridmoleküls herrscht. Das Platinatom wird so zu einem Zentralatom, um welches im ganzen 6 Atome gelagert sind; die Koordinationszahl des Platins ist demnach 6.

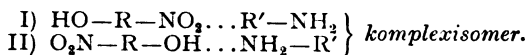
Von den theoretisch möglichen Koordinationszahlen spielen in der anorganischen Chemie die größte Rolle die Zahlen 3, 4, 6 und 8, also gerade diejenigen Zahlen, denen eine einfache raumgeometrische Bedeutung zukommt.

Es ergibt sich nun die Frage, inwieweit die für die anorganischen Molekülverbindungen gültigen Prinzipien auf die organischen Molekülverbindungen übertragen werden können. Hier wäre zunächst zu sagen, daß ebenso wie bei den anorganischen so auch bei den organischen Molekülverbindungen die Restaffinitäten, welche die Komponenten zusammenhalten, an den einzelnen Atomen bzw. Atomgruppen lokalisiert und ganz spezifischer Natur sind.

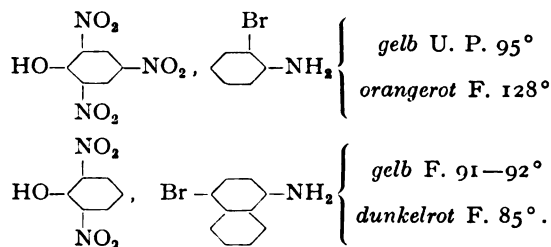
Dieser Satz hat sich schon in einer ganzen Reihe von Fällen beweisen lassen, vor allem bei den *Phenolen* und ihren Derivaten (3). In den Phenolen sind 3 Additionszentren vorhanden, eines am Hydroxylwasserstoff, ein zweites am Hydroxylsauerstoff und ein drittes an den Ringkohlenstoffatomen. Für jedes dieser Additionszentren gibt es charakteristische Reagentien. Der *Hydroxylsauerstoff* lagert insbesondere Metallsalze und Säuren an, der *Hydroxylwasserstoff* Amine und aromatische Aminoketone; die *Ringkohlenstoffatome* verbinden sich mit Chinonen, Indonen, Verbindungen vom Typus des Maleinsäureanhydrids usw. Hierauf im einzelnen einzugehen, verbietet leider die Zeit. Wir wollen aber aus unserer Grundannahme der lokalisierten Restaffinitäten eine wichtige Folgerung ziehen und diese näher erläutern. Ist unsere Voraussetzung über die Konstitution der organischen Molekülverbindungen richtig, so muß nämlich bei ihnen eine charakteristische, neuartige Isomerieerscheinung existieren, die sog. *Komplexisomerie*. Diese ist in der Tat im Bonner chemischen Institut von Herrn HERTEL (4) aufgefunden worden.

Es handelt sich um Isomerieerscheinungen, die bei den Molekülverbindungen aus Nitrophenolen und aromatischen Aminen auftreten. Die Nitrophenole haben zwei wichtige Additionszentren, ein solches an den Nitrogruppen und ein zweites am Hydroxylwasserstoff. Die aromatischen Amine

besitzen ein solches am Aminstickstoff und ein zweites an den ungesättigten Ringkohlenstoffatomen. Nun können sich einerseits die Nitrogruppen der Nitrophenole und die Ringkohlenstoffatome der aromatischen Amine gegenseitig absättigen, oder aber die phenolischen Wasserstoffatome der Nitrophenole und die Stickstoffatome der Amine, entsprechend den Formeln:

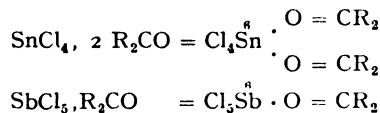


Von den so entstehenden isomeren Verbindungen muß die erstere, gemäß den Eigenschaften der Verbindungen der aromatischen Amine mit nitrierten *Kohlenwasserstoffen*, tieffarbig, orange bis rot sein, während die letztere als additives Salz eines Nitrophenols hellgelb bis gelb gefärbt sein sollte. Die Erfahrung stimmt mit diesen Voraussetzungen aufs beste überein. HERTEL konnte eine ganze Anzahl solcher komplexisomerer Molekülverbindungen darstellen und genau untersuchen. Zwei besonders charakteristische Isomeriefälle seien hier angeführt:



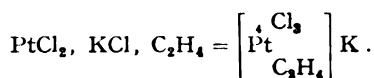
Es wirft sich nun die weitere Frage auf, ob bei den organischen Molekülverbindungen auch die *Koordinationszahl* eine wesentliche Rolle spielt, etwa in dem Sinne, daß nicht nur einzelne Atome, sondern auch Atomgruppen bzw. Moleküle Koordinationszentren sind.

Bei den anorganisch-organischen Molekülverbindungen, also denjenigen Verbindungen, die zwischen den rein anorganischen und den rein organischen stehen, trifft man Koordinationszentren ganz allgemein an, so z. B. bei den halochromen Metallsalzverbindungen der Ketone mit Zinn-tetrachlorid und Antimonpentachlorid, die im allgemeinen den Formeln:

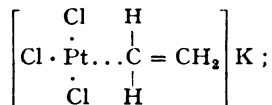


entsprechen (5). Bei ihnen haben die Metallatome die Koordinationszahl 6.

Daß in solchen anorganisch-organischen Molekülverbindungen nicht nur das Metallatom, sondern auch der *Kohlenstoff* Koordinationszentrum sein kann, zeigen die *Athylenverbindungen* der Metallsalze; zwar werden sie gewöhnlich so geschrieben, daß nur die Koordinationszahl des Metallatoms zur Geltung kommt, z. B.:

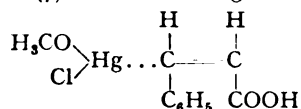


Doch zeigt die folgende Schreibweise unseres Platinsalzes, daß in ihm außer dem koordinativ vierwertigen Platinatom auch noch ein koordinativ vierwertiges Kohlenstoffatom vorhanden ist:



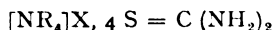
die beiden Koordinationszentren stehen in diesem Salz in direkter Bindung miteinander.

Auf dieser Grundlage läßt sich nach PICCARD (6) sehr einfach die Tatsache deuten¹⁾, daß SANDBORN und MARRAL (7) die Verbindung:



mit Hilfe des Menthylesters in optisch-aktive Formen spalten konnten. Denn wir haben in ihr ein koordinativ vierwertiges C-Atom, das mit vier verschiedenen Gruppen verbunden ist, mit einem Wasserstoffatom, mit einem Phenylrest, mit der Gruppe = CH · COOH und (koordinativ) mit Quecksilbermethylchlorid.

Bei den *rein organischen Molekülverbindungen* ist die Ausbildung von Koordinationszentren mit bestimmten Koordinationszahlen ein sehr seltener Fall; wie wir weiter unten sehen werden, ist er vor allem bei den physiologisch so wichtigen *Choleinsäuren*, den Molekülverbindungen der Desoxycholsäure mit Fettsäuren, verwirklicht; dann scheint ein Koordinationszentrum auch in den Vereinigungen der organischen Ammoniumsalze $[\text{NR}_4] \text{X}$ mit Thioharnstoff, von der Formel:



vorhanden zu sein; als solches wirkt hier das Ammoniumion $[\text{NR}_4]^+$, welches die vier Thioharnstoffmoleküle räumlich um sich gruppiert (8).

Im allgemeinen spielt aber die Koordinationszahl bei den rein organischen Molekülverbindungen *keine* wesentliche Rolle; in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle sind diese Verbindungen nach den einfachen Molekularverhältnissen 1 : 1, 1 : 2 und 2 : 3 zusammengesetzt, die ganz den Atomverhältnissen der einfacheren anorganischen Verbindungen erster Ordnung entsprechen.

Nach einer Statistik von RHEINBOLDT (9) haben etwa

64% der organischen Molekülverbindungen die Zusammensetzung 1 : 1;

26% der organischen Molekülverbindungen die Zusammensetzung 1 : 2;

4% der organischen Molekülverbindungen die Zusammensetzung 2 : 3,

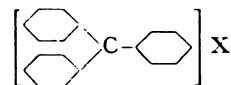
¹⁾ Ohne daß aber eine rein valenzchemische Auffassung ausgeschlossen ist.

während sich die übrigen 6% auf kompliziertere Formeln verteilen. Diese einfachen Molekularverhältnisse gelten vor allem für die *krystallisierten* organischen Molekülverbindungen¹⁾, sie sind dann leicht verständlich, wenn man annimmt, daß die Gitterpunkte der betreffenden Krystalle in bestimmter gesetzmäßiger Reihenfolge abwechselnd mit den Molekülen der Komponenten besetzt sind.

Während so für die organischen *Molekülverbindungen* die Bedeutung der Koordinationszahl stark zurücktritt, bricht sich immer mehr die Auffassung Bahn, daß diese Zahl bei gewissen organischen Verbindungen *erster Ordnung* eine wesentliche Rolle spielt. WERNER hat seinerzeit darauf hingewiesen, daß beim Kohlenstoff die maximale Valenzzahl und die maximale Koordinationszahl zusammenfallen, indem beide gleich 4 sind, eine Tatsache, welche die so einfache Systematik der organischen Verbindungen leicht verständlich macht. Nun gibt es aber zahlreiche organische Verbindungen, welche Kohlenstoffatome enthalten, die mit weniger als 4 Atomen, seien sie nun ein- oder mehrwertig, verbunden sind, die wir also im Sinne der Koordinationslehre als koordinativ ungesättigt bezeichnen müssen. Solche koordinativ ungesättigte Verbindungen zeigen eine besonders starke auswählende Lichtabsorption, sind also im optischen Sinne und vielfach auch für das Auge farbig.

Indem nun DILTHEY (10) die Farbsalze komplexsalzartig schreibt²⁾ und ihre *farbige Natur auf koordinativ ungesättigte Zentralatome zurückführt*, die gerade bei der komplexsalzartigen Schreibweise der Salze scharf hervortreten, gewinnt er eine ganz einfache Systematik der Farbstoffsalze und eine plausible Erklärung ihrer tieffarbigten Natur.

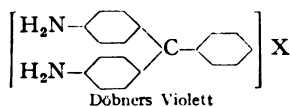
So ist nach ihm in den Triphenylmethanfarbstoffsalzen ein koordinativ ungesättigtes zentrales *Kohlenstoffatom* vorhanden, welches als Farbstoffträger wirkt und in seinem chemischen und physikalischen Verhalten durch Amino- und Oxygruppen gesetzmäßig beeinflusst wird. Als Grundkörper (Chromogene) der Triphenylmethanfarbstoffe sind die Triarylmethyliumsalze:



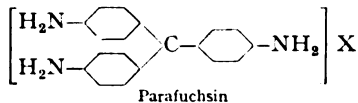
zu betrachten, die durch Einführung auxochromer Gruppen in die bekannten Farbsalze (DÖBNERs Violett, Parafuchsin, Fuchsin, Malachitgrün, Krystallviolett usw.) übergehen, von denen hier einige aufgeschrieben seien:

¹⁾ Über die *flüssigen* organischen Molekülverbindungen liegt noch so wenig experimentelles Material vor, daß eine Statistik derselben noch ganz unmöglich ist.

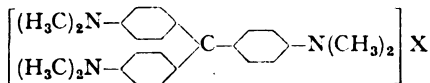
²⁾ Das war vor ihm schon von FIERZ (11) geschehen; siehe auch die Arbeiten von A. HANTZSCH, z. B. Ber. d. dtsh. chem. Ges. 39, 2478 (1906).



Döbners Violett



Parafuchsin



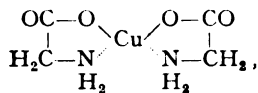
Krystallviolett.

Diese so außerordentlich einfachen Konstitutionsformeln der Farbstoffsalze haben vor den älteren chinoiden Formulierungen so manche Vorzüge, daß sie letztere wohl bald verdrängen werden. BRAND (12) und MADELUNG (13) haben auf Grund ihrer experimentellen Arbeiten Ideen ausgesprochen, die den DILTHEYSchen sehr nahe kommen.

III. Die inneren Metallkomplexsalze.

Die Tatsache, daß in den organischen Molekülen an den einzelnen Atomen spezifische Restaffinitäten vorhanden sind, führt unbedingt zu dem Schluß, daß sich in bestimmten Fällen solche Restaffinitäten innerhalb eines und desselben Moleküls gegenseitig absättigen; es liegen dann sog. *innere Komplexverbindungen* vor. Ich möchte aber davor warnen, solche Komplexbindungen (Nebenvalenzbindungen) stets dann anzunehmen, wenn sich zwischen 2 Atomen eines Moleküls irgend welche Beziehungen nachweisen lassen; diese können auch indirekter Natur sein. In dieser Hinsicht ist von verschiedenen Forschern, auch von mir selbst, viel gesündigt worden. Man sollte, schon der Übersichtlichkeit der Formeln halber, versuchen, nach Möglichkeit mit den gewöhnlichen KEKULÉschen Valenzformeln auszukommen und Nebenvalenzstriche nur dann anbringen, wenn es unbedingt erforderlich ist.

Voll und ganz bewährt aber hat sich die Annahme intramolekularer Absättigung von Restaffinitäten bei den inneren Metallkomplexsalzen, die von HEINRICH LEY (14) erschlossen worden sind. Am einfachsten läßt sich ihre Struktur an dem klassischen Beispiel des Glykokollkupfers erläutern. Wie die nachfolgende Formel zeigt:

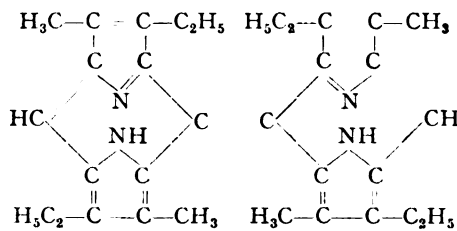


liegt im Glykokollkupfer ein Kupfersalz des Glykokolls vor, in welchem das Kupferatom mit Nebenvalenzkräften an die NH_2 -Gruppen der Glykokollreste gebunden ist. Die große Stabilität des Glykokollkupfers wird uns so ohne weiteres verständlich; wir gewinnen aber auch eine Erklärung für die Tatsache, daß Glykokollkupfer in wässriger Lösung kaum in Ionen gespalten ist.

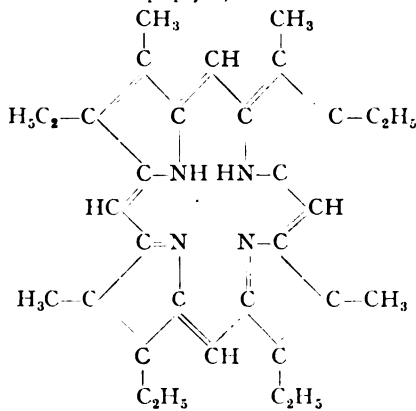
Die Chemie der inneren Komplexsalze ist in den letzten Jahren nach den verschiedensten Seiten

hin entwickelt worden; sie hat große Bedeutung für die analytische Chemie, für die Theorie der Beizenfarbstoffe, für den Aufbau asymmetrischer Systeme usw. gewonnen. Für uns aber ist es von besonderer Bedeutung, daß sich die wichtigsten natürlichen Farbstoffe, die *Chlorophylle* und das *Hämoglobin*, denen sich noch das interessante *Turacin* anschließt, als innere Metallkomplexsalze erwiesen haben.

Wir wissen heute, daß sich diese Farbstoffe auf das Ätioporphyrin zurückführen lassen, mit dem vor allem der Blutfarbstoff, bzw. seine Farbstoffkomponente, das Hämochromogen, in engster Beziehung steht. Nachdem dieses Ätioporphyrin vor kurzem von H. FISCHER (15) synthetisiert und in innerkomplexe Metallsalze übergeführt worden ist¹⁾, sind wir der zukünftigen Synthese des Hämochromogens und der Chlorophylle ein erhebliches Stück näher gerückt. Das Ätioporphyrin besteht aus 4 Pyrrolkernen, die in den β -Stellungen eine Methyl- und eine Äthylgruppe tragen und in den α -Stellungen durch C-Brücken miteinander verknüpft sind. Über die Art dieser gegenseitigen Verknüpfung herrscht trotz der Synthese des Farbstoffes noch keine volle Klarheit; die beiden folgenden Formeln stehen noch zur Diskussion (16):



Ätioporphyrin, Formel I.



Ätioporphyrin, Formel II.

Denken wir uns nun im Ätioporphyrin die beiden NH-Wasserstoffatome durch Metallatome ersetzt und diese noch nebenvalenzartig an die beiden tertiären Stickstoffatome gebunden, so kommen wir zu den inneren Metallkomplexsalzen des Ätioporphyrins, von denen sich in recht ein-

¹⁾ Solche waren auch schon durch WILLSTÄTTER, dem wir die Entdeckung des Ätioporphyrins verdanken, bekannt geworden.

facher Weise das *Hämochromogen*, die Farbstoffkomponente des Blutfarbstoffes, und das *Turacin*, der rote Farbstoff der Schwungfedern der Turacusvögel ableiten; die Beziehungen zu den Chlorophyllen sind weniger durchsichtig.

Völlig aufgeklärt ist das *Turacin* (17); in ihm liegt die innerkomplexe Kupferverbindung einer Octocarbonsäure des Ätioporphyrins, des sog. Uroporphyrins vor, in welcher die acht Carboxylgruppen zu je zwei die Äthylreste des Ätioporphyrins substituieren (in Malonsäurestellung).

Das *Hämochromogen* ist die innerkomplexe Ferroverbindung des Ooporphyrins (Protoporphyrins), welches seinerseits eine Dicarbonsäure eines ungesättigten Ätioporphyrins darstellt.

In der Farbstoffkomponente des Blutfarbstoffes haben wir also eine intramolekulare Absättigung von Restaffinitäten zwischen Stickstoff und Eisen anzunehmen. Werden nun bestimmte Restaffinitäten des Hämochromogens, wohl solche der Carboxylgruppen, durch Restaffinitäten des Eiweißkörpers Globin abgesättigt, einer Verbindung, in der intramolekulare Restaffinitätswirkungen sicherlich auch eine wesentliche Rolle spielen, so kommen wir zum eigentlichen Blutfarbstoff *Hämoglobin*. Der Blutfarbstoff ist also eine recht kompliziert gebaute Molekülverbindung, die aber durchaus nicht als gesättigt bezeichnet werden kann; sie hat vor allem noch die Fähigkeit, bedingt durch eine Restaffinität des Eisenatoms, eine lockere Molekülverbindung mit Sauerstoff zu geben, durch die der Transport des Sauerstoffes von der Lunge zu den einzelnen Gewebeelementen ermöglicht wird.

So ist der Blutfarbstoff eine chemisch wie physiologisch recht interessante Verbindung, an der wir aufs schönste die Lokalisation und die spezifische Natur der Restaffinitäten in organischen Molekülen erkennen können.

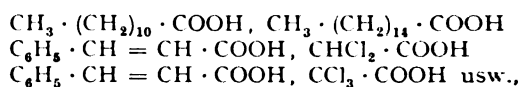
IV. Beispiele für rein organische Molekülverbindungen.

Wir wollen nun dazu übergehen, einige Gruppen rein organischer Molekülverbindungen kennenzulernen, und greifen solche heraus, die allgemein chemisches bzw. physiologisches Interesse haben. Wir beginnen mit einer kurzen Besprechung der sog. Assoziationen.

a) Assoziationen.

Die einfachsten organischen Molekülverbindungen sind offenbar die, welche sich aus untereinander *gleichen* Komponenten aufbauen. Zu ihnen gehören die zahlreichen Systeme, die man gewöhnlich als *Assoziationen* bezeichnet, deren Sonderstellung aber durch nichts begründet ist. Wenn man z. B. findet, daß die Essigsäure in flüssigem Zustande, oder etwa in Benzol gelöst, im wesentlichen bimolekular, also assoziiert ist, so heißt das doch nichts anderes, als daß die Essigsäuremoleküle die Fähigkeit haben, sich mit ihresgleichen zu vereinigen, also miteinander Moleküle

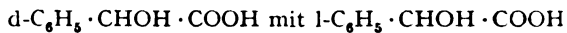
höherer Ordnung zu geben. Zwischen der Vereinigung zweier gleicher Säuremoleküle (A,A) und der Vereinigung zweier verschiedenartiger Säuremoleküle (A,B), von denen schon eine ganze Reihe bekannt ist (18):



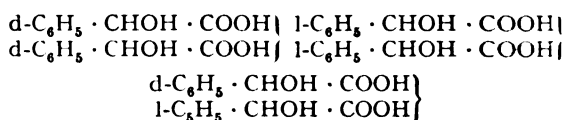
besteht kein prinzipieller Unterschied. Rechnet man die letzteren Systeme zu den Molekülverbindungen, was mit Recht ganz allgemein geschieht, so muß man es auch mit den assoziierten Säuren tun. In beiden Fällen handelt es sich um die gegenseitige Absättigung von Restaffinitäten, die wahrscheinlich von den Carboxylgruppen ausgehen.

Ganz ähnliche Betrachtungen gelten für die übrigen Assoziationen. Daß es zwischen den Assoziationen, die zu den echten Molekülverbindungen gehören, und solchen Zusammenlagerungen, die rein valenzmäßig aufgefaßt werden müssen, ich denke hier z. B. an den Parakdehyd, die Cyanursäure usw., alle möglichen Übergänge geben muß, leuchtet ohne weiteres ein.

Diese Überlegungen sind deshalb von einigem Interesse, weil sie uns die Existenz der echten Racemate, der monomolekularen Vereinigungen zwischen der d- und der l-Form einer aktiven Verbindung verständlich machen (19). Die d,l-Mandelsäure stellt sich als Vereinigung von



ganz der rechtsdrehenden und der linksdrehenden Mandelsäure an die Seite, die ja im wesentlichen *bimolekular*, also *assoziiert* sind. Wir haben die folgende Parallele:



Die Racemate sind also Molekülverbindungen feinsten Heterogenität, die ihre nächsten Verwandten unter den homogenen Molekülverbindungen, den sog. Assoziationen, haben.

Es soll hier nicht die Frage erörtert werden, inwieweit die Assoziation eine wesentliche Rolle beim Aufbau der höheren Kohlenhydrate, der Eiweißkörper und anderer sog. hochmolekularer Verbindungen spielt. Darüber wird ja an anderer Stelle berichtet werden. Die Meinungen der maßgebenden Fachgenossen gehen hier sehr weit auseinander.

b) Die Choleinsäuren.

In der Rindergalle findet sich neben der Choleinsäure $\text{C}_{24}\text{H}_{40}\text{O}_5$, der Desoxycholsäure und der Anthropodesoxycholsäure $\text{C}_{24}\text{H}_{40}\text{O}_4$ und der Lithocholsäure $\text{C}_{24}\text{H}_{40}\text{O}_3$, vor allem noch die *Choleinsäure*¹⁾, über deren Natur erst die Untersuchungen

¹⁾ Diese Gallensäuren sind in der Galle im wesent-

von WIELAND und SORGE (20) Klarheit gebracht haben. Sie haben gezeigt, daß in der Choleinsäure eine Molekülverbindung vorliegt, die sich aus 1 Molekül Stearinsäure oder einer verwandten Fettsäure und 8 Molekülen Desoxycholsäure aufbaut. Sie haben ferner gefunden, daß sich die Desoxycholsäure auch mit niedrigeren Fettsäuren und mit den verschiedenartigsten sonstigen organischen Verbindungen, wie Xylol, Naphthalin, Azobenzol, Campher, Benzaldehyd, Phenol usw. zu charakteristischen Molekülverbindungen vereinigen kann. Gleiches gilt für die Salze der Desoxycholsäure.

Da diese Molekülverbindungen vielfach in Wasser gut löslich sind, so sieht WIELAND eine wichtige Funktion der Galle darin, per os eingenommene, an sich in Wasser unlösliche Substanzen, z. B. die Fette, mit Hilfe der Desoxycholsäure löslich zu machen. Die in Wasser lösliche Vereinigung der Desoxycholsäure mit Campher kommt als *Kadachol* in den Handel.

Um nun einen Einblick in die Konstitution der Choleinsäuren zu erhalten, hat RHEINBOLDT (21) systematisch das Verhalten der einzelnen Carbonsäuren gegen Desoxycholsäure untersucht. Seine Resultate sind in nachstehender Tabelle zusammengestellt, in der die Carbonsäuren durch die Zahl ihrer Kohlenstoffatome gekennzeichnet sind:

Fettsäuren	Molekularverhältnis Fettsäure zu Desoxycholsäure
C ₂	1 : 1
C ₃	1 : 3
C ₄ bis C ₈	1 : 4
C ₉ bis C ₁₄	1 : 6
C ₁₅ bis C ₂₉	1 : 8

Wir sehen, daß je höher molekular die Fettsäure ist, um so größer auch die Zahl addierter Desoxycholsäuremoleküle wird; wir sehen aber ferner, daß nur ganz bestimmte Zahlenverhältnisse auftreten und daß ein bestimmter Grenzwert existiert. Diese Zahlenverhältnisse stimmen nun so vollständig mit den uns von der anorganischen Komplexchemie her geläufigen Koordinationszahlen überein, daß nicht daran zu zweifeln ist, daß in den obigen Verbindungen den Fettsäuren ganz bestimmte Koordinationszahlen zukommen, daß also die Fettsäuremoleküle als Koordinationszentren wirken, um die sich nach ganz einfachen raumgeometrischen Gesetzen die Desoxycholsäuremoleküle lagern.

Unbestimmt muß vorläufig noch bleiben, von welchen Stellen der Fettsäuremoleküle und des Desoxycholsäuremoleküls die maßgebenden Restaffinitäten ausgehen. Wie spezifisch die Restaffinitäten der Desoxycholsäure sind, ist daraus zu ersehen, daß im Gegensatz zur Desoxycholsäure die Cholsäure, die bekanntlich ein Oxyderivat der Desoxycholsäure ist, in der die dritte OH-Gruppe in einem Kern steht, der in der Desoxysäure hydriliert in Form von Kondensationsprodukten mit Glykoll und Taurin enthalten.

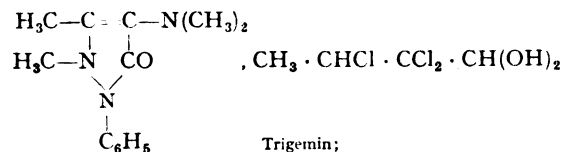
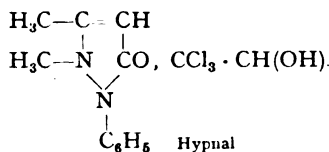
oxylfrei ist, *keine* entsprechenden Verbindungen mit Fettsäuren gibt, und daß auch die Anthropodesoxycholsäure, die sich von der Desoxycholsäure durch die Stellung *einer* Hydroxylgruppe unterscheidet, indifferent gegen Fettsäuren ist.

Im Hinblick auf die Spezifität der Enzyme ist die starke Abhängigkeit der Additionstendenz der Gallensäuren von der Zahl und der Stellung der Hydroxylgruppen von besonderem Interesse.

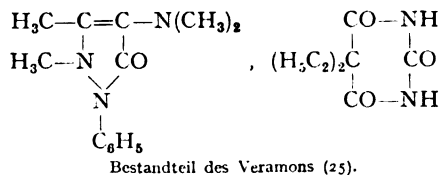
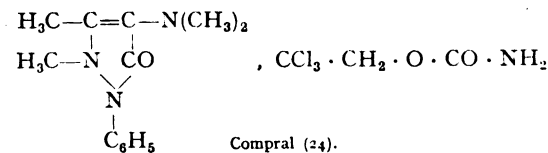
c) Arzneimittelkombinationen und verwandte Systeme.

Eine von Jahr zu Jahr größere Rolle spielen die organischen Molekülverbindungen bei den Arzneimittelkombinationen. Solche Kombinationen, deren Wirkung gegenüber der der Komponenten oft eine mehr oder weniger spezifische ist, sind schon seit vielen Jahren bekannt; ihre systematische Untersuchung ist aber erst in den letzten Jahren in Angriff genommen worden, wobei sich herausgestellt hat, daß die Komponenten vielfach ganz charakteristische Molekülverbindungen miteinander geben, die, je nach dem vorliegenden Fall, einen scharfen Schmelzpunkt oder aber eine Schmelzpunktlinie haben.

Von älteren Molekülverbindungen dieser Art seien hier das *Hypnal* (22) und das *Trigemin* (23) erwähnt, denen die folgenden Formeln zukommen:



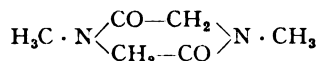
ihnen stellen sich von neueren Produkten z. B.



an die Seite.

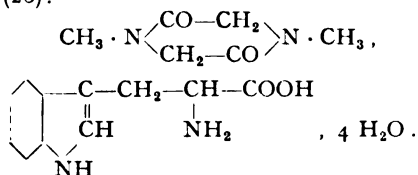
Daß in diesen Arzneimittelkombinationen einheitliche Molekülverbindungen vorliegen, ist mit Hilfe physiko-chemischer Methoden exakt bewiesen worden; es haben sich auch schon manche Anhaltspunkte für die Konstitution der Verbindungen gewinnen lassen.

So hat sich gezeigt, daß beim Compral und Veramon für die gegenseitige Verknüpfung der Komponenten die H-Atome der Amidreste des Luminals bzw. Veronals maßgebend sind. Werden diese durch Alkyl- oder Arylradikale ersetzt, so hört die Addition an Pyramidon auf. In der Pyramidonkomponente ist die $N(CH_3)_2$ -Gruppe ohne *wesentliche* Bedeutung für den Zusammenhalt der Moleküle. Entfernt man sie, geht also zum Antipyrin oder etwa zum Acetylaminoantipyrin über, so bleibt die Additionsfähigkeit erhalten. Da sie auch bestehen bleibt, wenn man Pyramidon bzw. Antipyrin durch Sarkosinanhydrid:



ersetzt, so ist anzunehmen, daß die maßgebenden Restaffinitäten der Antipyrin- bzw. Pyramidonkomponente von dem Rest $-RN-CO-$, vielleicht vom Carbonyl ausgehen.

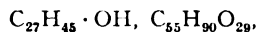
Eine gewisse Verwandtschaft zu diesen Molekülverbindungen zeigt die Vereinigung des Sarkosinanhydrids mit der Eiweißkomponente *Tryptophan* (26):



Die Existenz dieser Verbindung weist darauf hin, daß bei der Diskussion über die Konstitution der Eiweißkörper Restaffinitätsabsättigungen mit in Betracht gezogen werden müssen.

Über die Konstitution unserer Tryptophanverbindung läßt sich zunächst aussagen, daß der Aminosäurerest des Tryptophans für die gegenseitige Verknüpfung der Komponenten ohne Bedeutung ist, indem sich auch α - und β -Methylindol mit Sarkosinanhydrid vereinigen. Da nun n -Methylindol und n, α -Dimethylindol ganz indifferent gegen Sarkosinanhydrid sind, so muß der Wasserstoff der NH -Gruppe des Indolringes für die gegenseitige Bindung der Komponenten verantwortlich gemacht werden; er lagert sich wahrscheinlich an den Carbonylsauerstoff des Sarkosinanhydrids an.

Sehr charakteristische organische Molekülverbindungen leiten sich vom *Digitonin* $C_{55}H_{90}O_{29}$ ab, von denen die Cholesterinverbindung (27):



die zur quantitativen Bestimmung des Cholesterins dient, allbekannt ist¹⁾.

Das Digitonin vermag aber außer dem Cholesterin die verschiedenartigsten sonstigen Alkohole, außerdem auch Phenole, Thiophenole usw. anzulagern, die zum Teil recht fest gebunden werden. Mit Hilfe solcher Molekülverbindungen des Digi-

¹⁾ Siehe auch die Isolierung des Insulins mit Hilfe von Naphtholgelb-S (*Funk, C* 1926, II, 51).

tonins lassen sich inaktive Alkohole in ihre aktiven Komponenten zerlegen, wie von WINDAUS (28) beim d, l, α -Terpineol gezeigt worden ist.

V. Bedeutung der organischen Molekülverbindungen für die Adsorptionstheorie.

Zum Schluß unserer Betrachtungen möchte ich ihnen noch zeigen, daß das Studium der organischen Molekülverbindungen auch von Bedeutung für das Verständnis zahlreicher Adsorptionserscheinungen ist.

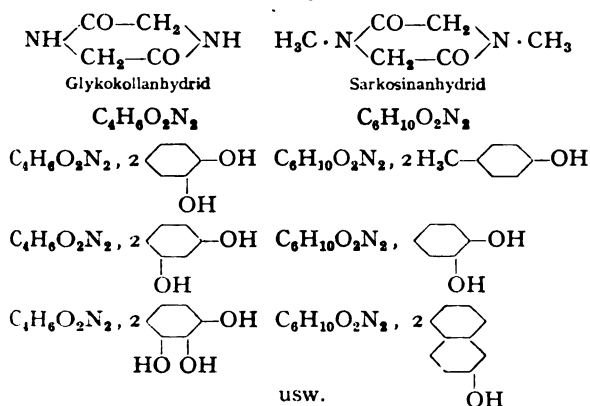
Unter der Adsorption eines Stoffes an ein festes Substrat versteht man bekanntlich die oberflächliche Bindung dieses Stoffes an das Substrat, wobei über die Natur der Adsorptionskraft keine Voraussetzung gemacht wird. Solche Adsorptionen gehorchen im allgemeinen der Adsorptionsisotherme; es herrscht daher vielfach die Ansicht, die Gültigkeit der Adsorptionsisotherme sei ein Beweis dafür, daß es sich bei der Adsorption nicht um die Wirkung spezifischer chemischer Kräfte handeln könne. Diese Ansicht ist aber sicherlich nicht richtig. Eine einfache Überlegung zeigt, daß die Adsorptionsisotherme auch dann gelten muß, wenn sich an der Oberfläche eines Substrates chemische Verbindungen, etwa Molekülverbindungen ausbilden (29).

Wird ein Stoff aus verdünnter Lösung adsorbiert, so finden seine Moleküle relativ zahlreiche Oberflächenmoleküle des Substrates zur Anlagerung vor, ihre Bindung wird also eine recht feste sein. Vergrößern wir nun die Konzentration der Lösung, so kommen auf die Moleküle des gelösten Stoffes immer weniger anlagerungsfähige Moleküle des Substrates, so daß die Bindung eine immer schwächere wird. Je verdünnter also die Lösung eines Stoffes ist, um so größer wird seine Tendenz zur Bindung an das Substrat sein, je konzentrierter sie ist, um so geringer wird diese Tendenz sein; das ist aber gerade das wesentliche Kennzeichen der Adsorptionsisotherme.

Da wir also aus der Adsorptionsisotherme nichts über die eigentliche Natur der Adsorption erfahren, so scheint es mir notwendig zu sein, zunächst einmal an Hand ganz einfacher Modellversuche zu untersuchen, ob sich aus solchen gut definierten Stoffen, die den Bestandteilen eines Adsorptionssystems (Farbstoff und Textilfaser, Gerbstoff und Haut usw.) nahe stehen, echte Molekülverbindungen herstellen lassen oder nicht, um so diejenigen chemischen Kräfte kennen zu lernen, die evtl. für die betreffende Adsorption in Betracht kommen.

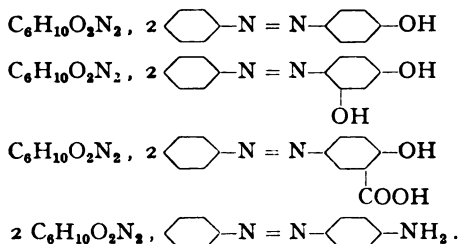
Für das *Gerben der Haut* mit phenolischen Gerbstoffen ist von FREUDENBERG (30) darauf hingewiesen worden, daß der primäre Vorgang jedenfalls darin besteht, daß sich die phenolischen Substanzen koordinativ an die säureamidartigen Gruppen der Haut anlagern. Mit dieser Auffassung harmoniert sehr gut die Tatsache, daß sich die Säureamide ganz allgemein leicht mit Phenolen ver-

schiedener Art zu charakteristischen Molekülverbindungen vereinigen. Das gilt vor allem auch für die mit den Eiweißkörpern in nahem Zusammenhang stehenden cyclischen Amide, *Glykokollanhydrid* und *Sarkosinanhydrid*, wie POWARIN und TICHOMIROW (31), außerdem auch ich selbst und LIU WANG (32) gezeigt haben:



Viel weiter sind schon die Arbeiten gediehen, durch Modellversuche das *Anfärben von Wolle und Seide* aufzuklären. Eingehende physikochemische und rein chemische Versuche, die ich gemeinschaftlich mit Frl. OLGA ANGERN (33) und Herrn LIU WANG (34) ausgeführt habe, führen mich zu dem Schluß, daß beim Anfärben der Wolle und Seide spezifische chemische Kräfte eine ganz wesentliche Rolle spielen¹⁾; denn es hat sich gezeigt, daß *Aminosäuren*, wie Phenylalanin und Sarkosin und *Säureamide*, wie Sarkosinanhydrid, also Verbindungen, welche die charakteristischen Gruppen der Eiweißkörper der Seide und Wolle enthalten, mit Azofarbstoffen, Ketonfarbstoffen und Chinonfarbstoffen gut definierte und kristallisierte Molekülverbindungen geben.

Im einzelnen sei folgendes hervorgehoben: Sarkosinanhydrid gibt charakteristische Molekülverbindungen mit p-Oxyazobenzol, mit 2,4-Dioxyazobenzol, mit Salicylsäure und auch mit p-Aminoazobenzol:

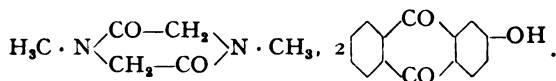


Dagegen vereinigt sich Sarkosinanhydrid *nicht* mit dem Grundkörper der Azofarbstoffe, dem Chromogen Azobenzol, und auch nicht mit p-Methoxyazobenzol und p-Dimethylaminoazobenzol.

Aus diesen Tatsachen dürfen wir den Schluß ziehen, daß die Vereinigung zwischen dem Säure-

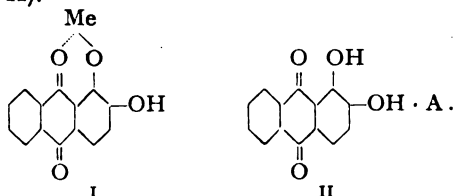
amid Sarkosinanhydrid und unseren Azofarbstoffen durch die H-Atome der Hydroxyl- bzw. Aminogruppen der Farbstoffe bedingt wird¹⁾. Auch sehen wir, daß eine gewisse Parallele zwischen dem Verhalten der Azokörper gegen Sarkosinanhydrid und ihrem Farbstoffcharakter besteht. Azobenzol und p-Methoxyazobenzol sind im Gegensatz zu den Oxyazobenzolen keine Farbstoffe, und zwar deshalb nicht, weil sie keine Gruppe enthalten, die sich mit der Fasersubstanz *chemisch* verbinden kann.

Von den *Oxyketonen* und *Oxychinonen* haben sich nur solche Verbindungen mit Sarkosinanhydrid vereinigen lassen, welche die OH-Gruppe in m- oder p-Stellung zum Kestrest enthalten. o-Oxyketone und o-Oxychinone sind ganz indifferent gegen Sarkosinanhydrid. So verbindet sich zwar 2-Oxyanthrachinon mit Sarkosinanhydrid, nicht aber 1-Oxyanthrachinon:



Nun haben aber gerade die o-Oxyketone und o-Oxychinone ganz allgemein die Fähigkeit, mit Metallhydroxyden innere Metallkomplexsalze (Farblacke) zu geben, so daß sich bei den Oxyketonen und Oxychinonen die orthoständigen Hydroxyle funktionell ganz scharf von den metaständigen und paraständigen unterscheiden. Das gilt vor allem auch für das *Alizarin*.

Alizarin gibt bekanntlich innere Metallkomplexsalze; diese innere Komplexsalzbildung ist nachweislich eine Funktion des orthoständigen Hydroxyls (Formel I); Alizarin vereinigt sich aber auch mit Sarkosinanhydrid, das ist nach obigem eine Funktion des metaständigen Hydroxyls (Formel II).



Damit ist aber die Farbstoffnatur des Alizarins insoweit aufgeklärt, als wir jetzt wissen, daß die Lackbildung des Farbstoffes durch das orthoständige Hydroxyl bedingt wird, während für die Bindung des Farblackes an die Faser [etwa an die Wolle²⁾] das metaständige Hydroxyl zum mindesten mit verantwortlich ist³⁾.

Ich betrachte es als eine wesentliche Aufgabe der weiteren Untersuchung auf diesem Gebiete,

¹⁾ Bei den Sulfonsäuren der Azokörper, die augenblicklich untersucht werden, wahrscheinlich durch die H-Atome der SO₃H-Reste.

²⁾ Um das Verhalten gegen Baumwolle aufzuklären, sind weitere Versuche im Gang.

³⁾ Auch der innere Komplexsalzrest kann für die Bindung an die Faser in Betracht kommen.

¹⁾ Siehe hierzu R. WILLSTÄTTER, 37, 3758 (1904).

durch Modellversuche zu bestimmen, welche Adsorptionen durch spezifische chemische und welche durch unspezifische physikalische Kräfte hervorgerufen werden, wobei man sich immer vor Augen halten muß, daß die chemischen und physikalischen Adsorptionen durch zahlreiche Übergänge miteinander verknüpft sind.

Zu den *chemischen* Adsorptionen gehört nach den Modellversuchen von BERGMANN (35) auch die *Jodstärke*, die Vereinigung von Stärke mit Kaliumpolyjodid. Wahrscheinlich müssen wir hierher auch die Verbindungen zwischen den *Enzymen* und ihren Substraten rechnen; gerade die spezifische Natur der Enzyme ist nach den Darlegungen dieses Vortrages dann besonders leicht verständlich, wenn wir die Vereinigungen von Enzymen und Substraten zu den echten Molekülverbindungen rechnen¹⁾. Daß sich auch sonstige physiologische Vorgänge und manche Wirkungen von Medikamenten und Giftstoffen auf gleicher Basis deuten lassen werden, ist wohl ohne weiteres anzunehmen. Doch wollen wir es vermeiden, uns zu sehr in das Gebiet der Spekulationen zu begeben.

Damit komme ich zum Ende meines Vortrages. Sollte derselbe den Eindruck hinterlassen, daß die organischen Molekülverbindungen einen interessanten und nicht unwichtigen Teil der organischen Chemie bilden, deren Bedeutung sich über das Gebiet der organischen Chemie hinweg auf physiologische und pharmakologische Probleme erstreckt, so hat er seinen Zweck erfüllt.

Literatur.

1. A. WERNER, Zeitschr. f. anorg. Chem. **3**, 267. 1893.
2. V. KOHLSCHÜTTER und Mitarbeiter, Helvetica chim. acta **8**, 697, 703. 1926; Zeitschr. f. angew. Chem. **39**, 345. 1926 und zahlreiche frühere Arbeiten.
3. P. PFEIFFER, Zeitschr. f. anorg. Chem. **137**, 275. 1924.
4. E. HERTEL, Ber. d. dtsh. chem. Ges. **57**, 1559. 1924; siehe auch seine Habilitationsschrift, Bonn 1925.
5. P. PFEIFFER, Liebigs Ann. d. Chem. **376**, 285. 1910; **383**, 92. 1911; **412**, 253. 1916.
6. J. PICCARD, Privatmitteilung.
7. L. T. SANDBORN und C. S. MARVEL, Journ. of the Americ. chem. soc. **48**, 1409. 1926.
8. Literatur siehe P. PFEIFFER, Org. Mol. Verb., S. 131.
9. H. RHEINOLDT, Zeitschr. f. angew. Chem. **39**, 765. 1926.
10. W. DILTHEY, Ber. d. dtsh. chem. Ges. **53**, 261. 1920; Journ. f. prakt. Chem. (2) **109**, 273. 1925.
11. FIERZ und KOECHLIN, Helvetica chim. acta **1**, 210. 1919.
12. K. BRAND, Journ. f. prakt. Chem. (2) **109**, 28. 1925.
13. W. MADELUNG, Journ. f. prakt. Chem. (2) **111**, 100. 1926.
14. H. LEY, Zeitschr. f. Elektrochem. **10**, 954. 1904; siehe auch BRUNI, Zeitschr. f. Elektrochem. **11**, 93. 1905.
15. H. FISCHER und J. KLARER, Liebigs Ann. d. Chem. **448**, 178. 1926.
16. Siehe hierzu W. KÜSTER, Hoppe-Seylers Zeitschr. f. physiol. Chem. **82**, 463. 1912; **88**, 377. 1914.
17. H. FISCHER und H. FINK, Hoppe-Seylers Zeitschr. f. physiol. Chem. **140**, 57. 1924.
18. Siehe z. B. P. PFEIFFER, Org. Mol. Verb., S. 93.
19. P. PFEIFFER, Ber. d. dtsh. chem. Ges. **47**, 1586. 1914.
20. H. WIELAND und H. SORGE, Hoppe-Seylers Zeitschr. f. physiol. Chem. **97**, 1. 1916.
21. H. RHEINOLDT, noch nicht veröffentlicht (vorgetragen in der Bonner chemischen Gesellsch. 1925).
22. BÉHAL und CROAY, Ann. chim. phys. (6) **27**, 330. 1892.
23. Siehe z. B. Pharmaceut. Ztg. **48**, 735. 1903.
24. P. PFEIFFER und OLGA ANGERN, Pharmaceut. Ztg. 1926, Nr. 19.
25. P. PFEIFFER, Hoppe-Seylers Zeitschr. f. physiol. Chem. **146**, 98. 1925; P. PFEIFFER und OLGA ANGERN, Hoppe-Seylers Zeitschr. f. physiol. Chem. **154**, 275. 1926.
26. P. PFEIFFER und OLGA ANGERN, Hoppe-Seylers Zeitschr. f. physiol. Chem. **143**, 265. 1925, und unveröffentlichte Untersuchung.
27. A. WINDAUS, Ber. d. dtsh. chem. Ges. **42**, 240. 1909.
28. A. WINDAUS, F. KLÄNHARDT und R. WEINHOLD, Hoppe-Seylers Zeitschr. f. physiol. Chem. **126**, 299. 1923.
29. Siehe P. PFEIFFER und OLGA ANGERN, Zeitschr. f. angew. Chem. **39**, 253. 1926; M. BERGMANN und M. GIERTH, Liebigs Ann. d. Chem. **448**, 59. 1926.
30. K. FREUDENBERG, Collegium **1921**, 353.
31. POWARIN und TICHOMIROV, Chem. Zentralbl. **95**, III, S. 857. 1924.
32. P. PFEIFFER und LIU WANG, noch nicht veröffentlicht.
33. P. PFEIFFER und OLGA ANGERN, Zeitschr. f. angew. Chem. **39**, 253. 1926.
34. P. PFEIFFER und LIU WANG, noch nicht veröffentlicht.
35. M. BERGMANN und M. GIERTH, Liebigs Ann. d. Chem. **448**, 59. 1926.

¹⁾ Wie R. KUHN (Naturwissenschaften **11**, 732. 1923) zeigt, vereinigt sich bei der Hydrolyse des Rohrzuckers die Hefeinvertase mit dem Fruktoserest des Bisaccharids; nach H. v. EULER und K. JOSEPHSON (Zeitschr. f. physiol. Chem. **157**, 122. 1926) bindet sich bei der Spaltung des Glycylglycins durch das Erepsin aus Schweinsdarm das Enzym wahrscheinlich an die Aminogruppe des Dipeptids.

Die Lage der quantitativen Spektralanalyse.

Von H. KONEN, Bonn.

Meine Damen und Herren! Der Gegenstand, der in den folgenden Vorträgen behandelt werden wird, und zu dem meine kurzen Bemerkungen die Einleitung bilden, gehört seiner Natur nach in den Kreis der Zusammenhänge, die planvoll von dem Vorstände der Gesellschaft deutscher Naturforscher

und Ärzte in den Vordergrund unserer diesjährigen Tagung gerückt sind, um die Beziehungen zu betonen, die am Niederrhein so mannigfaltig und deutlich zwischen der Wissenschaft und ihren Anwendungen hin und her gehen.

Aufgaben praktischer Metallurgie, Rohstoff-

kunde, der Bessemerprozeß, die Prüfung der Edelmetalle, pharmakologische Aufgaben verschiedener Art finden wir neben ganz theoretischen Fragen der Astrophysik und der Strukturchemie, wenn wir nach den Quellen suchen, die immer wieder dem Streben nach der Begründung einer qualitativen Spektralanalyse neue Nahrung gegeben haben.

Allerdings, wenn der stets weitsichtige Leiter dieser Versammlung¹⁾ mir den Auftrag gegeben hat, gleichsam als Conferencier²⁾ die vier folgenden Vorträge über quantitative Spektralanalyse einzuleiten, so kann ich mich nicht ganz des Argwohns erwehren, daß er damit einen doppelten Hintergedanken verbunden hat. Einmal erfreuen sich die praktischen Methoden der chemischen Analyse zwar großer Aufmerksamkeit und Achtung. Allein daß sie amüsant und geeignet seien, einen größeren Kreis zu fesseln, muß erst bewiesen werden. Auch für die quantitative Spektralanalyse läßt sich das gleiche behaupten. Damit ist demjenigen, der den Einleitungsvortrag hält, stillschweigend die Aufgabe gestellt, die *allgemeinen* Seiten des Themas in den Vordergrund zu rücken und die Zusammenhänge aufzuzeigen, die zwischen der Spektralanalyse und anderen bedeutenden Gegenständen der Gegenwartsphysik bestehen. So ist zugleich eine *kritische* Einstellung gegeben. Sie werden daher von mir vielleicht mehr Bedenken hören, als Sie zunächst von demjenigen erwarten, der Vorträge einleitet, die *für* die quantitative Spektralanalyse gehalten werden, nicht *gegen* sie.

Ich kann ferner nicht verschweigen, daß noch in dem im Jahre 1910 erschienenen 5. Bande des KAYSERSchen Handbuches der Spektroskopie³⁾ am Schluß einer eingehenden Besprechung der Methoden der quantitativen Spektralanalyse gefolgert wird, „daß sich eine qualitative Spektralanalyse als undurchführbar erwiesen haben“. Als Mitverfasser des Buches habe ich diesen Satz gebilligt und oft genug vertreten. Will nun unser verehrter Herr Vorsitzender Sie das Damaskus eines Physiker erleben lassen? Klafft zwischen jener Folgerung und dem heutigen Standpunkte ein unlösbarer Gegensatz? Oder haben neue Einsichten und Methoden früher unbekannte Wege eröffnet? Zweifellos trifft das letztere offenbar für die Röntgenspektralanalyse zu, die seit jener Zeit neu entdeckt wurde. Allein ist jener ältere Standpunkt gegenüber der quantitativen Spektralanalyse damit vollkommen überholt? Diese Frage muß sorgfältig erwogen werden, nicht aus Rechthaberei, sondern im Interesse der Einführung der quantitativen Spektralanalyse selbst. Denn eine übertriebene und allzu optimistische Schilderung ihrer Leistungen könnte nur zu Enttäuschungen führen. Daß damit aber unter Umständen die Methode wieder für lange Jahre aus den Labora-

torien verschwinden würde, ist eine auf allen Gebieten der Naturwissenschaften und der Medizin wiederholte Erfahrung.

Ich glaube daher die an mich ergangene Aufforderung richtig zu deuten und zugleich der quantitativen Spektralanalyse wahrhaft nützlich zu sein, wenn ich meinen Bericht mit einer gewissen kritischen Zurückhaltung erstatte und ihn mit einem kurzen historischen und systematischen Rundblick beginne.

Wie fast auf allen Gebieten der Spektroskopie ist seit den 70er Jahren eine ungeheure Menge von Einzeluntersuchungen spektralanalytischen Charakters angestellt worden, die man in Zeitschriften und Büchern zerstreut findet. Ich muß an dieser Stelle darauf verzichten, auf Einzelheiten einzugehen und darf nur nicht unterlassen, auf das treffliche Buch von LÖWE¹⁾ hinzuweisen, der sich in den letzten Jahren mit Beispiel, Wort und Feder lebhaft und erfolgreich bemüht hat, der quantitativen Spektralanalyse einen Weg in die Laboratorien der Chemiker und Physiker zu bahnen.

Schon die ersten spektroskopischen Schriften²⁾ der 60er und 70er Jahre erörtern ausführlich den Plan einer Spektralanalyse als allgemeiner Methode und tragen die Hoffnung vor, daß es gelingen werde, von der qualitativen zur quantitativen Analyse vorzudringen. Die Entdeckung neuer Elemente, der Nachweis mancher Körper in der Form geringer Beimengungen, die unerhörte Empfindlichkeit der zuerst studierten Flammen- und Funkenreaktionen lenkten zunächst die Aufmerksamkeit auf die *Emissions*spektralanalyse als Mittel zum Nachweis von Elementen in Verbindungen, Gemischen, Lösungen, Mineralien, Legierungen usw. Bald aber entwickelten sich auch Methoden zu einer Analyse durch Absorption, sei es, daß man die Konzentration gewisser gelöster Körper ermitteln wollte, sei es, daß man auf dem Umwege über eine Verbindung die Menge eines vorhandenen Elementes ermitteln wollte, sei es endlich, daß es sich um Fragen der Konstitution gelöster Körper handelte. Hier knüpfte die Kolorimetrie an, hier die Absorptionsphotometrie. Dann wurden weiter die Fluoreszenz- und Phosphoreszenzerscheinungen zu analytischen Zwecken verwendet. Organische Körper, feste Lösungen in Kristallen, seltene Erden waren die Objekte analytischer Methoden, die sich entweder der Anregung durch

¹⁾ F. LÖWE, Optische Messungen des Chemikers und des Mediziners. Technische Fortschrittsberichte, hrsg. von B. RASSOW, Bd. VI, 166 S. Dresden und Leipzig 1925. Man sehe auch das Kapitel Quantitative Spektralanalyse des gleichen Verf. in Bd. 21 des Handbuches der Physik von H. GEIGER und K. SCHEEL. G. KIRCHHOFF und R. BUNSEN, Pogg. Ann. **110**, 161. 1860.

²⁾ R. BUNSEN, Pogg. Ann. **155**, 230. 1875; J. JANSSEN, C. R. **71**, 626. 1870; G. D. LIVENIG und J. DEWAR, Proc. Roy. Soc. **28**, 482. 1879; J. N. LOCKYER, Phil. Trans. **164**, II, 479. 1874; J. N. LOCKYER und W. ROBERTS, Proc. Roy. Soc. **21**, 507. 1873 u. a. m.

¹⁾ ZENNECK, München.

²⁾ Die Vorträge fanden im Apollo-Theater statt.

³⁾ Bd. V, S. 27. Leipzig: Hirzel 1910.

Licht oder durch Kathodenstrahlen bedienen. Zu dieser Mannigfaltigkeit gesellten sich die Anwendungen der Kanal- und Anodenstrahlen und zuletzt der Röntgenstrahlen, letztere wiederum in Emission wie in Absorption angewendet. Der reiche Kreis dieser verschiedenen Verfahren muß noch erweitert werden durch die mannigfaltigen Beobachtungen, die die Astrophysiker zu unserem Thema beigesteuert haben.

Durchmustert man diese etwas bunte Menge, so zeigt sich, daß allerdings eine große Zahl sehr verschiedenartiger Angriffspunkte vorhanden sind, von denen aus der Versuch einer quantitativen Spektralanalyse unternommen werden kann.

Die Vorträge, zu denen mein Bericht die Einleitung bildet, greifen aus dieser Mannigfaltigkeit der Wege nur zwei heraus, die schon zu wohlstudierten Methoden geführt haben: einmal die Emissionsspektralanalyse und dann die Analyse durch Röntgenstrahlen. Dieser Einschränkung muß ich daher auch folgen, so wünschenswert an sich eine vergleichende Betrachtung bleibt, bei der alle möglichen Wege im Auge behalten werden.

Die Beispiele sind nicht gar so selten, wo in der Physik oder Astrophysik ein fast naiv zu nennendes Verfahren zunächst nur praktischen Zielen zustrebt. So kommt es im weiteren Verlauf zuerst zu *Methoden*, dann zu einer Sammlung von *Erfahrungsmaterial*. Über dieses führt der Weg zu *Problemen* und zuletzt zu *Einsichten*. So haben z. B. die Physiker lange Zeit nicht ohne einiges Kopfschütteln zugesehen, wie die Chemiker Brechungsindices für die D-Linien und für keine anderen maßen und anwendeten oder wie in wenig feiner Weise die Farbänderungen von Fluoreszenzen verfolgt oder die mehr oder minder deutlichen Verschiebungen ultravioletter Absorptionsstreifen kompliziert gebauter organischer Körper nach den im Grunde simplen Methoden HARTLEYS, BALYS und anderer studiert wurden. Wer gar der Entwicklung der Messungen über die Farbindices der Sterne oder der Geschichte der Klassen des Harvardkatalogs oder auch der Parallaxenbeziehungen seine Aufmerksamkeit schenkte und dann erleben mußte, daß eben diese Messungen und Klassifizierungen sich erwiesen als ausgezeichnete Mittel tiefgründiger Forschung über die Naturgeschichte des Fixsternhimmels, der mußte fast zu der optimistischen Zuversicht kommen, daß eine *jede* Methode, wenn sie nur gewissenhaft und säkular angewendet wird, schließlich zu Einsichten im Sinne tieferer physikalischer und chemischer Forschung führt.

So scheint es mir einigermaßen auch mit den Methoden der quantitativen Spektralanalyse zu gehen. Zunächst hat sich die *qualitative* Spektralanalyse aus praktischen Aufgaben als eine reine *praktische* Methode entwickelt, aus ihr die *quantitative* Analyse. Um diese Entwicklung zu übersehen, knüpfen wir daher an die qualitative Spektralanalyse an. Diese weist neben außerordentlichen, jedermann bekannten Erfolgen eine

Reihe von Mängeln auf, die sie tatsächlich nur zu gelegentlicher Benutzung mehr als Hilfsmethode der chemischen Praxis denn als normaler Bestandteil jeder Analyse hat kommen lassen. Die Spektralanalyse ist zunächst in vielen Fällen, aber keineswegs in allen zu empfindlich. Sie weist Spuren nach, z. B. von Kupfer¹⁾, Magnesium, Alkalien, die für alle praktischen Anwendungen bisher gleichgültig waren und sie versagt doch gänzlich gegenüber gewissen anderen Elementen, wenigstens wenn man sich darauf beschränkt, die altherwürdigen Apparate von KIRCHHOFF und BUNSEN zu benutzen oder überhaupt nur eine einzige Methode anzuwenden, und wenn man nicht über das ganze Rüstzeug der spektroskopischen Apparate verfügt. Ich darf nur an das bekannteste Beispiel der klassischen Flammenreaktionen erinnern, bei denen, wie jedermann weiß, sich die Natriumlinien ohne außergewöhnlichen Aufwand von Mühe überhaupt nicht vermeiden lassen, während Chlor, Brom und andere Elemente gänzlich der Beobachtung entgehen. Umgekehrt sind auch geringe Mengen, etwa von Sauerstoff oder Chlor leicht in einer Geissleröhre nachzuweisen, während es für den Nachweis von Calcium, Nickel oder Eisen in einer solchen Röhre bereits gewisser Kunstgriffe bedarf. Ich kann darauf verzichten, die Ihnen wohlbekannte Sachlage weiter zu schildern. Sie hat dazu geführt, daß praktisch nur für eine Auswahl von Elementen oder Verbindungen (z. B. Chloride, Oxyde, Fluoride) die Spektralanalyse sich in der gewöhnlichen Laboratoriumspraxis behauptet hat.

In verstärktem Maße traten diese Hemmnisse hervor als man den Versuch machte, von der qualitativen zu einer quantitativen Spektralanalyse überzugehen. Setzt man alle Voraussetzungen und Bedingungen vorläufig beiseite, so läßt sich eine quantitative Spektralanalyse grundsätzlich auf eines der drei folgenden Kriterien gründen:

1. auf eine relative Intensitätsmessung einzelner oder mehrerer Linien in Emission oder Absorption²⁾;
2. auf die Beschaffenheit einzelner bestimmter Linien, etwa das Maß ihrer Verbreiterung, Unsymmetrie oder eine angebliche Wellenlängenänderung³⁾;
3. auf Änderungen der Zusammensetzung des Spektrums eines bestimmten Elementes in Abhängigkeit von der relativen Menge fremder Bestandteile⁴⁾.

¹⁾ Vgl. z. B. W. N. HARTLEY, Proc. Roy. Soc. of London, Ser. A 85, 271. 1911.

²⁾ Zum Beispiel G. D. LIVENIG und J. DEWAR, Proc. Roy. Soc. 29, 482. 1879; E. HASCHEK, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss., Wien. Mathem.-naturw. Kl. III, IIa, S. 232. 1902 u. a. m.

³⁾ Hierhin gehören besonders die Methoden der Röntgenspektralanalyse.

⁴⁾ Zum Beispiel die Arbeiten von HARTLEY, DE GRAMONT, POLLOK und LEONARD, NUTTING usw.

Der Weg Nr. 1 ist mehrfach versucht worden. Er hat sich auch in einzelnen Fällen als gangbar erwiesen, insbesondere bei der Röntgenspektralanalyse, wie in einem der nächsten Vorträge noch ausgeführt wird. Ein *allgemein* brauchbares Resultat hat sich bisher jedoch noch nicht ergeben. Doch erscheint es nicht ausgeschlossen, daß sich aus den jetzigen verbesserten Methoden zur Intensitätsmessung von Linien und Banden einmal ein Verfahren entwickeln wird, das allgemein brauchbar ist.

Ähnliches gilt von dem zweiten Wege, der ebenfalls allerlei Möglichkeiten zu bieten scheint, jedoch bisher noch zu keinen gefestigten Resultaten geführt hat.

Dagegen führt der Weg Nr. 3 in teilweiser Verbindung mit einer Intensitätsmessung zu dem Verfahren, das gegenwärtig in der gewöhnlichen Spektralanalyse die größte praktische Brauchbarkeit besitzt. Ich schildere dies Verfahren zunächst ganz kurz. Die Durchführung der Beispiele von Anwendungen, die die nächsten Vorträge Ihnen bringen werden, wird meine Beschreibung erläutern und anschaulich machen.

Schon frühzeitig ist es aufgefallen, daß mit der Abnahme der Menge einer leuchtenden Substanz in einem Gemisch nicht alle Linien des Spektrums gleichmäßig an Intensität abnehmen. Man kann es so einrichten, daß man die Menge der leuchtenden Substanz kontinuierlich verändert, z. B. indem man der Luft einer Flamme mittels eines Zerstäubers wechselnde Mengen eines Salzstaubes zuführt. Nimmt die Salzmenge immer mehr ab, so wird das Spektrum immer linienärmer. Zuletzt bleibt nur eine oder es bleiben nur wenige Linien übrig. Daß dies die gleichen sind, die bei größerer Konzentration die größte Helligkeit aufweisen, wird von manchen behauptet, von einigen bestritten. In vielen Fällen trifft dies jedenfalls zu. HARTLEY hat die fraglichen Linien persistent oder ultimate¹⁾ lines, de Gramont raies ultimes genannt, der deutsche Name Restlinien scheint festzustehen.

Zunächst leuchtet ein, daß diese „Restlinien“ die gegebenen Probelinien für die quantitative Analyse sind. Es ist überflüssig, die vielfach außerordentlich zahlreichen Linien eines Körpers alle zu berücksichtigen, eine oder wenige Restlinien genügen. Wenigstens trifft dies für die Analyse von Gemischen mit geringen Mengen der Probesubstanz zu. Bei größeren Mengen verlieren viele Restlinien ihre Brauchbarkeit dadurch, daß sie zu stark werden und infolgedessen nicht mehr meßbar mit der Menge der Probesubstanz ihre Intensität ändern. Die Permanenz der Restlinien und ihre Intensitätsabhängigkeit von der Kon-

zentration liefern nun ein praktisches Mittel zur Analyse, auch ohne daß man das Gesetz des Zusammenhanges zwischen Intensität und Konzentration kennt. Man stellt zunächst etwa mittels einer Reihe von Lösungen bekannter Konzentration, die in passender Weise abgestuft sind, eine Stufenfolge von Spektren steigenden Linienreichtums her. Dann erzeugt man auf die gleiche Weise ein Spektrum der zu prüfenden Lösung, Legierung oder was es sein mag. Durch Einordnen dieses Spektrums zwischen zwei bekannte Stufen vermittelt der Restlinien läßt sich nun die Konzentration mit ausreichender Genauigkeit bestimmen, indem man zwischen eine obere und untere Konzentration interpoliert. Mit hinreichender Übung und bei passender Auswahl der Linien und des Aufnahmeverfahrens kann man es erreichen, daß diese beiden Grenzen für die Praxis nahe genug beieinander liegen.

Das Verfahren beruht daher, wie man sieht, sowohl auf einer relativen Intensitätsstimung wie auf der auf tiefere Ursachen zurückzuführenden Vereinfachung des Spektrums mit abnehmender Substanzmenge. HARTLEY¹⁾, DE GRAMONT, POLLOK und LEONARD²⁾, MEGGERS und KIESS und viele andere³⁾ haben auf diese Weise eine Methode entwickelt, die sich auf die Kenntnis der sog. Restlinien stützt und bei HARTLEY und DE GRAMONT auf jahrzehntelanger Erfahrung beruht. Für Einzelheiten des Verfahrens muß auf die nachfolgenden Vorträge und die angeführte Literatur verwiesen werden. Ich berühre nur einige wenige Punkte.

Zunächst hat sich gezeigt, daß nur das photographische Verfahren die nötige Zuverlässigkeit zur Beurteilung der Anwesenheit von Restlinien besitzt. Hieraus folgt, daß die Analyse sich eines Spektrographen bedienen muß und zwar, da viele Restlinien im Ultraviolett liegen, eines Quarzspektrographen oder eines Gitters. In der Regel ist das erste Instrument benutzt worden. So er-

¹⁾ Literatur siehe F. LÖWE, Optische Messungen usw. S. 38ff.; KAYSER, Handbuch V, S. 22ff.; F. LOCOQ DE BOISBAUDRAN u. A. DE GRAMONT, Analyse spectrale appliquée aux recherches de chimie minérale. 2. Bd. Paris 1923; A. DE GRAMONT, C. R. 144, 1101. 1907. Zusammenstellung: A. DE GRAMONT, Notice sommaire sur les travaux scientifiques. 36 S. Paris 1910. Ferner C. R. 155, 276. 1912; 159, 5. 1914; 153, 318. 1911. Rev. de metall. 19, 90. 1922. Von den überaus zahlreichen Arbeiten HARTLEYS und seiner Mitarbeiter seien nur genannt: Proc. Roy. Soc. of London, Ser. A. 87, 38. 1912; Trans. Roy. Dubl. Soc. (2) 9, 85. 1908. Diese Hinweise sollen nur eine Einführung in die Literatur geben, bzw. die Angaben an den angezogenen Stellen ergänzen.

²⁾ J. H. POLLOCK und A. G. LEONARD, Proc. Roy. Dublin Soc. (2) 11, 217, 270. 1908.

³⁾ W. F. MEGGERS, C. C. KIESS und T. J. STIMSON, Bull. Bur. Stand. 18, 235. 1922; P. G. NUTTING, Astrophys. Journ. 22, 131. 1905; W. BASSETT und C. DAVIS, Trans. Americ. Inst. Min. Nr. 1134. 1922; F. A. GOOCH und T. HART, Americ. Journ. 42, 448; 44, 392. 1919.

⁴⁾ HARTLEY und DE GRAMONT brauchen beide die Bezeichnung ultimate lines bzw. raies ultimes, jedoch in einer etwas verschiedenen Bedeutung. Man vgl. W. N. HARTLEY und H. W. MOSS, Proc. Roy. Soc. of London, Ser. A. 87, 38. 1912. An dieser Stelle kann auf die Bezeichnungsfrage nicht eingegangen werden.

klärt sich auch die sonst verwunderliche Tatsache, daß von manchen Autoren verschiedene Regeln angegeben werden, je nachdem man einen Glasspektrographen oder einen Quarzspektrographen benutzt.

Sodann sind die Versuche, Flammen *allgemein* brauchbar zu machen als aussichtslos aufgegeben worden. Zwar sind eine große Anzahl Spezialanalysen auf diesem Wege erfolgreich durchgeführt worden und namentlich HARTLEY hat sich jahrelang eines Knallgasbrenners mit Erfolg bedient. Schließlich sind jedoch alle Beobachter zur elektrischen Erregung übergegangen. Die Bogenentladung hat sich nicht als brauchbar erwiesen. Man benutzt vielmehr entweder den Funken oder in selteneren Fällen die Entladung durch eine Quarzröhre¹⁾.

Hier soll nur der erstere Weg berücksichtigt werden. Die Praxis unterscheidet nun hier, je nach der Art der zu prüfenden Substanzen, ob man Mineralien, geschmolzene Mineralien, Legierungen, Lösungen, geschmolzene Salze usw. untersucht. Die Technik ist in jedem dieser Fälle etwas verschieden, der Weg jedoch prinzipiell der gleiche. Ein Vergleichsspektrum oder eine Wellenlängenskala dienen zur Orientierung. Zwischen einer Serie von Aufnahmen mit bekannter Konzentrationsabstufung wird unter möglichster Einhaltung der gleichen Bedingungen das unbekannte Spektrum eingeschaltet. Die Intensität der Luftlinien regelt man durch die Abmessung der Selbstinduktion im Schwingungskreis. Die Intensität der Restlinien bzw. ihr Verschwinden dient als Kriterium.

Bei der Röntgenanalyse spielt die Röntgenröhre, die zur Erzeugung der Spektra benutzt wird, eine ähnlich wichtige Rolle wie die Bedingungen der Leuchterregung im Funken oder in anderen Lichtquellen. Das Verfahren ist im Grunde das gleiche, wenn es sich auch mit Rücksicht auf die Apparatur und das besondere Verhalten der Röntgenemission und Absorption in der Ausführung anders gestaltet.

Während man nun nach manchen Studien über die Variabilität der Funkenspektra, namentlich ihre Abhängigkeit von der Anwesenheit gewisser Elemente, von den Bestimmungsstücken, des benutzten elektrischen Schwingungskreises, wie Selbstinduktion und Kapazität, Leitfähigkeit der Elektroden und chemische Natur der umgebenden Atmosphäre annehmen sollte, daß sich für die Erzeugung der Testspektra kaum reproduzierbare Verhältnisse herstellen ließen, zeigt die Praxis, daß dies in Wahrheit nicht so ganz schwierig ist, daß man vielmehr, wenn man stets die gleiche Apparatur benutzt und gewisse Regeln für den Einfluß der Kapazität und der Selbstinduktion beobachtet, dennoch eine für die Praxis ausreichende Konstanz erzielen kann²⁾. So wird es möglich Tabellen

von Restlinien aufzustellen und sogar gewisse Testspektra für verschiedene Konzentrationen zu bestimmen, die in weiten Grenzen brauchbar sind. Freilich entgehen manche Elemente, wie z. B. die Halogene, der Sauerstoff, der Wasserstoff u. a. diesem Verfahren, im allgemeinen die gleichen, die auch in der Bogenentladung bei den üblichen Verfahren keine Spektra liefern. Auch muß man die Methode jedesmal dem speziellen Zweck anpassen, den man verfolgt, z. B. auf die Art der zusammen vorkommenden Körper Rücksicht nehmen und bereits eine gewisse Kenntnis von der Zusammensetzung der Prüfsubstanzen haben. Endlich versagt das Verfahren auch, wenn die Menge der zu bestimmenden Substanz relativ sehr groß ist und die Größenordnung von einigen Prozenten übersteigt. Allein dennoch ergibt sich, namentlich für geringe Gehalte, eine an Einfachheit den üblichen chemischen Methoden nicht nachstehende Methode, die unter Umständen Überraschendes leistet und sich namentlich in der Metallurgie und in der Mineralogie in steigendem Maße das Feld erobert. Bedenkt man nun die außerordentlich zahlreichen Voraussetzungen, die das Verfahren macht, so wird man im Vergleich zu den üblichen Methoden der Analyse seinen Erfolg erstaunlich finden. Ich sehe für das weitere von der Röntgenanalyse ab, für die sich ähnliche Betrachtungen durchführen lassen und beschränke mich der Kürze wegen auf die gewöhnliche quantitative Spektralanalyse.

Daß das geschilderte Verfahren nicht gleichmäßig für alle Elemente brauchbar ist, sondern eine gewisse Individualisierung der Ausführung verlangt, wird man ihm gerechterweise nicht zum Vorwurf machen können, ebenso wenig, daß es in seiner Anwendung einer gewissen Übung und verständigen Geschicklichkeit bedarf. Auch die gewöhnliche quantitative chemische Analyse muß in derselben Weise gemacht werden, um zum Ziel zu führen und ist, jedenfalls in vielen Fällen, viel umständlicher und zeitraubender, vorausgesetzt, daß man sich nur erst einmal vertraut gemacht hat mit der Benutzung der wenigen erforderlichen spektroskopischen und elektrischen Hilfsmittel. Als Beispiele sei an die Analyse von Stählen oder von Mineralien erinnert, die auf dem Wege der Funkenspektralanalyse schnell und mit durchaus genügender Genauigkeit gemacht werden können, wenn man erst einmal die nötigen Apparate besitzt.

Mit der *Methode* wäre es also einigermaßen in Ordnung, und auch Erfahrungstatsachen sind in sehr beachtenswerter Weise gesammelt. Wie steht es nun mit den Problemen? Betrachtet man die Dinge genauer, so muß man sich in der Tat fast wundern, daß der Weg HARTLEYS und DE GRAMONTS gangbar ist.

Die Analyse beruht zunächst auf der Verdampfung und demnächstigen Zerlegung der zu prüfenden Substanz durch den Funken, gleichviel, ob man den Funken nach einer Lösung, einem ge-

¹⁾ J. H. POLLOCK, Proc. Roy. Dublin Soc. (2) 13, 202. 1912; G. MORROW, Proc. Roy. Dublin Soc. (2) 12, 209. 1912.

²⁾ LÖWE begründet dies eingehend, l. c. S. 55.

schmolzenen Salze oder einer Legierung schlagen läßt. So muß man fragen: entspricht die prozentuale Zusammensetzung des Dampfes derjenigen des Prüfkörpers? Welchen Einfluß hat die Verschiedenheit der Siedepunkte der verschiedenen Komponenten, welchen Einfluß die Verschiedenheit der Dissoziationstemperaturen? Es ist kein Zweifel, daß mit zunehmender Stromstärke, also mit gesteigerter Kapazität auch die Strahlungstemperatur wächst. Man sollte also erwarten, daß die Zusammensetzung des Spektrums auch noch von der elektrischen Apparatur abhängt und somit die Methode nur brauchbar ist, wenn man stets die gleichen Apparate benutzt und die erforderlichen Vergleichsspektren immer mit derselben Apparatur und für diejenigen Kompositionen herstellt, deren Zusammensetzung wenigstens qualitativ gleich ist, wie diejenige der Prüfschmelze. Jedoch selbst zugestanden, daß die Zusammensetzung des leuchtenden Dampfes in gesetzmäßiger und reproduzierbarer Weise mit der Zusammensetzung der Elektroden zusammenhängt, beteiligen die Bestandteile des Dampfes sich dann ebenfalls in gesetzmäßiger und additiver Weise an der Emission? Daß dies keineswegs allgemein gilt, ist bekannt, daß das analoge Problem für die Röntgenanalyse eine ernste Schwierigkeit darstellt, steht ebenfalls fest. Doch wir wollen auch diese Frage als zunächst durch die Praxis beantwortet ansehen, denn allzu viele Bedenken hemmen den Fortschritt. Ich unterlasse daher weitere Ausführungen und möchte nur noch einen anderen Punkt hervorheben.

Die Strahlung eines Funkens, d. h. der elektrischen Entladung eines Schwingungskreises zwischen Elektroden aus den Prüfschmelzen ist außerordentlich kompliziert. Sie ist zeitlich und räumlich wechselnd. Was wir bei der Methode von HARTLEY und DE GRAMONT im Spektroskop sehen, ist der zeitliche und räumliche Mittelwert der Emissionen der verschiedenen Phasen und Hüllen des Funkens. In ihm mengen sich die Bestandteile der Atmosphäre mit den Verdampfungs- und Dissoziationsprodukten der Elektrodensubstanzen. Dabei ist zu bedenken, daß ein Teil der strahlenden Dämpfe noch in der Gestalt von chemischen Molekülen vorhanden ist, etwa geladenen oder ungeladenen Metall-Sauerstoff oder Metall-Wasserstoffverbindungen. Andere Elemente sind in atomarer Form vorhanden, und zwar wiederum in den verschiedensten Zuständen einfacher oder mehrfacher Ionisierung oder auch verschiedenartiger Anregung. Der Vergleich mit dem Sonnenspektrum verdeutlicht, was gemeint ist. Auch hier finden wir ein Gemisch der verschiedensten Spektren. Elemente mit hohem Schmelzpunkt und hoher Anregungs- bzw. Dissoziationsspannung erscheinen mit Spektren, die wir in Flammen oder Öfen reproduzieren können. Andere Elemente weisen Gemische der verschiedensten Spektren auf, deren sie bei steigender Abgabe von Elektronen fähig sind. Wieder andere scheinen zu fehlen, weil die uns im Laboratorium

bekannten Spektren infolge der weitgehenden Dissoziation der sie tragenden Atome verschwunden sind. Hierzu kommen gewisse Bandenspektren von Wasserstoff- und Stickstoffverbindungen. Es mischen sich hinein die anders gearteten und zusammengesetzten Spektren der Flecken und Fackeln. Endlich hat jede Schicht der Sonnenatmosphäre ihre besonderen thermischen, elektrischen und optischen Eigentümlichkeiten. Alles das überlagert sich und liefert das, was wir das FRAUNHOFERSCHE Spektrum nennen.

Zwischen dem, was ich hier über das Sonnenspektrum ausgeführt habe, und der Emission eines HARTLEY-GRAMONTschen Funkens besteht nun in der Tat eine vielfache Ähnlichkeit. So muß man fragen, wie ist es zu erklären und bis zu welcher Grenze können wir erwarten, daß die Restlinien allein uns als Pfadfinder in diesem Wirrwarr dienen können zur Ermittlung der Quantität einer in so mannigfachen elektrischen und daher auch chemischen Formen leuchtenden Substanz. Das Problem spitzt sich unter Beiseitelassung aller Nebenfragen damit zu auf die Bestimmung der Natur und des Verhaltens der *Restlinien*.

Sieht man sich die vorhandenen Listen der Restlinien an¹⁾, so wird zunächst deutlich, daß hier noch keine reinliche Scheidung stattgefunden hat. Die „Restlinien“ bilden keine einheitlich durch physikalische Kriterien definierte Klasse. Die zufällige Lage einer Linie in dem leicht photographierbaren Teile des Spektrums ist oft genug der Hauptgrund für ihre Aufnahme in den Testlinienkodex, während bei okularer oder bolometrischer Beobachtung ohne Zweifel andere Linien den Vorrang haben würden. Auch läßt sich keine durchgreifende Gesetzmäßigkeit hinsichtlich der Stellung der Restlinien innerhalb der Systeme der Serien oder Multipletts der einzelnen Spektren feststellen²⁾. Allerdings finden sich unter den Restlinien viele, die den Grundzuständen der betreffenden Substanzen zugeordnet werden, oder von denen man sonst annehmen kann, daß sie statistisch oder vom Standpunkt der Anregungsmechanik ausgezeichnet sind. Es ist also eine Andeutung einer derartigen Gesetzmäßigkeit vorhanden, allein sie ist vorläufig noch vollkommen überdeckt von anderen Einflüssen. Flammen-, Bogen- und Funkenlinien finden sich friedlich nebeneinander. Der kurzwellige und der langwellige Bereich des Spektrums sind überhaupt nicht berücksichtigt, weil beide für die augenblickliche Laboratoriumspraxis noch keine Rolle spielen. Kurz, die Liste der Restlinien trägt zur Zeit noch den Charakter einer über-

¹⁾ J. H. POLLOCK und A. G. LEONARD, Proc. Roy. Dublin Soc. (2), 9, 16. 1907; F. TWYMAN, Wavelength tables for spectrum Analysis. London 1923; Lecoq de BOISBAUDRAN und A. DE GRAMONT, l. c. u. a.

²⁾ Von HARTLEY und GRAMONT ist diese Frage untersucht worden. Auch hat man sich bei neueren Untersuchungen häufiger des Kriteriums einer Linie als Restlinie bei der Auffindung von Gesetzmäßigkeiten bedient.

wiegenden Empirie, sie gehört zum weitaus überwiegenden Teil der reinen Praxis an¹⁾).

Insofern bleibt mir also nichts übrig, als an der von KAYSER und mir vor Jahren geäußerten Meinung festzuhalten, daß es eine quantitative Spektralanalyse im Sinne einer theoretisch wohl unterbauten Lehre noch nicht gibt. Ich möchte aber scharf hervorheben, daß eine solche Behauptung die praktische Brauchbarkeit der vorliegenden Methoden in keiner Weise berührt, die vielmehr ein hervorragendes Mittel der Laboratoriumsarbeit sind und sich zweifellos in der nächsten Zeit schnell verbreiten und in die Hände aller Praktiker übergehen werden. So darf ich nochmals zurückkommen auf die Bemerkungen, die ich gemacht habe über gewisse Methoden der Physik, Chemie und Astronomie, die nach langer Vorbereitungszeit nunmehr zu Einsichten geführt

¹⁾ MEGGERS, KIESS, WALTERS und LAPORTE gehen von einer etwas anderen Liste von Restlinien aus. Sie unterscheiden zwischen Funken- und Bogenspektren und stellen die Regel auf, daß die Restlinien stets der Kombination des niedrigsten Spektralterms mit dem nächsthöheren nicht metastabilen Term desselben Seriensystems entsprechen, mit Bevorzugung von $\Delta l = -1$. Man vgl. W. F. MEGGERS, C. C. KIESS und F. M. WALTERS, J. Opt. Soc. 9. 355—374. 1924 und O. LAPORTE und W. F. MEGGERS, J. Opt. Soc. 11, 459—463. 1925.

Es bleibt indes noch festzustellen, inwieweit die Liste dieser Restlinien zu einer praktischen quantitativen Spektralanalyse geeignet ist und ob man mit einer derartigen theoretischen Definition durchkommt. Des weiteren bleibt noch abzuwarten, ob die angegebene Regel eine durchgreifende Bedeutung hat und wenn, welches ihr eigentlicher Sinn ist.

haben, die der reinen Wissenschaft in hervorragendem Maße nützlich sind. Auch für die quantitative Spektralanalyse hoffe ich eine ähnliche Entwicklung. Sieht man sich um, in welcher Richtung man vielleicht zuerst einen Fortschritt erwarten soll, so darf man wiederum an das Beispiel der Astrophysik denken. Die bewundernswerten Forschungen, durch die in jüngster Zeit die Einzelvorgänge bei der Anregung von Atomen und Molekülen durch Zusammenstöße unter sich und mit Elektronen aufgeklärt worden sind, scheinen allmählich auch Licht zu verbreiten über die komplizierten Vorgänge in den Gasgemischen der Lichtquellen der Spektralanalyse. Dazu darf man auch bedeutende Hoffnung setzen auf die altbewährten Durchschnittsverfahren der Thermodynamik, wie sie mit Erfolg in den Theorien von SAHA, RUSSEL und anderen benutzt werden zur Behandlung der Emission thermisch bedingter Lichtquellen und die beim Studium der Emission der Sonne und der Fixsterne sich an ähnlich gestalteten Problemen als überaus nützlich erweisen.

Meine Aufgabe ist es indessen nicht, hier das Für und Wider derartiger Überlegungen vorzuführen und den Versuch zu machen, von Problemen zu Einsichten zu gelangen. Sie sollen sehen, daß die quantitative Spektralanalyse eine *Methode hat und daß sie geht*.

Grau, teurer Freund, ist alle Theorie,
Und grün des Lebens goldner Baum.

So lasse ich denn als Mann der grauen Theorie den Herrn Kollegen das Wort, die Ihnen die goldenen Früchte der Praxis aufzeigen wollen.

Beiträge zur Erprobung der quantitativen Spektralanalyse.

Von A. REIS, Karlsruhe.

Von der Praxis der quantitativen Spektralanalyse soll der kurze Bericht, den ich am Beispiel einer eigenen Versuchsreihe¹⁾ hier zu geben die Ehre habe, eine lebendige Anschauung vermitteln. Es war die Aufgabe gestellt, kleine Beimengungen von Pb und von Bi in Gold und goldreichen Legierungen, welche das Metall durch Aufhebung der Walzbarkeit unbrauchbar machen²⁾, spektralanalytisch zu ermitteln. In dieser ersten Untersuchung wurde hauptsächlich darauf abgezielt, die *Reproduzierbarkeit* der Ergebnisse durch zahlreiche Kontrollen sicherzustellen. Die *relative Empfindlichkeit*, d. h. die Unterscheidbarkeit benachbarter Konzentrationen, wurde zunächst nur in groben Stufen untersucht; ihre Verfeinerung wird später an Fällen geprüft werden, die dies lohnend erscheinen lassen. Die *absolute Empfindlichkeit* des Nachweises mußte so gewählt werden, daß bei jenen Gehalten an Pb und Bi, die der Schädlich-

keitsgrenze entsprechen, die günstigsten Bedingungen für die Einfachheit und Genauigkeit der Bestimmung vorliegen.

Die vom Bureau of Standards¹⁾ empfohlene Methodik der quantitativen Spektralanalyse wurde ohne wesentliche Änderungen übernommen und brauchbar befunden. Als Hochspannungsquelle diente ein kleiner Wechselstromtransformator; es erwies sich zweckmäßig, Elektrodenentfernung ($2\frac{1}{4}$ mm), Kapazität (etwa 0,001 Mikrofarad) und Primärstromstärke (2 Amp.) niedrig zu bemessen, dagegen die Selbstinduktion auf etwa 0,003 Henry zu bringen. Unter diesen Bedingungen entsprach das Spektrum des Funkens den bekannten Vorzügen des kondensierten Funkens mit Selbstinduktion und die Erhitzung der Elektroden, welche die Beschaffenheit des Funkens wesentlich verändert, wurde während der kurzen Funkdauer vermieden.

Metallische Elektroden wurden in Kuppenform zugefeilt. Durch häufige Kontrollversuche wurde sichergestellt, daß das Spektrum von Elektroden,

¹⁾ Die Ergebnisse werden in der Zeitschr. f. Metallkunde mitgeteilt.

²⁾ L. NOWACK, Tammann-Festschrift; ferner Zeitschr. f. Metallkunde 1926.

¹⁾ Scientific Papers of the Bureau of Standards Nr. 444. 1922.

die dem Funken längere Zeit ausgesetzt waren, das gleiche war wie vorher.

Anordnungen, welche wässrige Lösungen dem Funken aussetzen, sind vielfach beschrieben worden¹⁾. Ohne besondere Vorsichtsmaßregeln bleibt jedoch die Reproduzierbarkeit der Spektren, die man mit ihnen erhält, weit hinter derjenigen zurück, die sich mit trockenen metallischen Elektroden einstellt. Zu befriedigenden Ergebnissen führte eine dachförmige Kohlenelektrode, deren Firstlinie eben mit Lösung bedeckt gehalten wurde. Dieser Kunstgriff vermeidet das Austrocknen der Elektrode durch den Funken mit seinen verhängnisvollen Folgen und verringert das Verspritzen der Lösung in hinreichendem Maße. Der Flüssigkeitsbedarf der Anordnung beträgt einige Kubikzentimeter.

Der Funke wurde durch einen Quarzkondensator auf den Spalt eines Quarzprismenspektrographen von HILGER abgebildet; zur Aufnahme dienten Chromo-Isolarplatten (Agfa). Die Belichtungsdauer (meist 5 Sek.) wurde nach einer Stoppuhr von Hand geregelt. Mehrere zu vergleichende Spektralstreifen wurden unmittelbar übereinander auf der gleichen Platte aufgenommen und in einem kleinen Wellenlängenmesser bei schwacher Vergrößerung betrachtet. Man kann so in kürzester Zeit die gewünschten Spektrallinien aufsuchen und ihre Intensität in mehreren Spektralstreifen schätzen. Die geschätzten Intensitäten der Spektrallinien wurden derart in 20 Stufen eingeteilt, daß der Unterschied benachbarter Stufen dem Auge überall gleich erschien.

Die Beurteilung des Gehaltes an einem Element aus der Intensität seiner empfindlichsten Linien muß auf den Vergleich von Spektralaufnahmen gegründet werden, die mit den zu prüfenden Substanzen und mit solchen, deren Zusammensetzung auf chemischem Wege bestimmt wurde, unter gleichen Versuchsbedingungen hergestellt werden. Erforderlich ist also für jedes zu prüfende Objekt ein Satz von Vergleichspräparaten, welche die fraglichen Beimengungen in genau bekannten Mengen enthalten. Für die umfangreichen Kontrollversuche auf Reproduzierbarkeit der Intensitäten wurden wässrige Lösungen von Bleinitrat verwendet, deren Darstellung und Analyse sehr viel einfacher ist als von Metallproben mit kleinen Pb-Gehalten. Die Konzentrationen wurden im Verhältnis 1 : 1,5 abgestuft. Mannigfaltige Kontrollversuche zeigten, daß für Lösungen gleichen Pb-Gehaltes die Spektrallinien des Pb hinreichend konstante Intensität aufwiesen, während einer Erhöhung des Pb-Gehaltes auf das 1,5fache eine deutlich erkennbare Steigerung der geschätzten Linienintensität entsprach. Die Aufnahme einiger Schwärzungskurven mit dem registrierenden Mikrophotometer bestätigte die okulare Schätzung.

Die Ergebnisse an wässrigen Lösungen von

Bleinitrat sind in Fig. 1 in größeren Stufen in einer graphischen Darstellung wiedergegeben, welche Daten mehrerer Spektralplatten vereinigt¹⁾. Die Regelmäßigkeit, mit der sich die Intensität aller Spektrallinien symbat zum Pb-Gehalt der Lösung ändert, zeigt die Brauchbarkeit der Methode an. Zugleich wird ersichtlich, daß in einem günstigen Konzentrationsintervall der *Intensitätsvergleich* der Spektrallinien durch ihre *Zählung* ersetzt werden kann: die Spektrallinien, nach fallenden Intensitäten geordnet, behalten immer die gleiche Reihenfolge, und unter gleichbleibenden Versuchsbedingungen sinkt jede von ihnen bei einem bestimmten Pb-Gehalt unter den Schwellenwert der Wahrnehmbarkeit herab. Für eine angenäherte Gehaltsbestimmung genügt es daher, die Spektrallinien in der bekannten Reihenfolge ihrer Empfindlichkeit aufzusuchen und die letzte wahrnehmbare Linie zu ermitteln.

Die Goldproben wurden zunächst nur mit annähernd im Verhältnis 1 : 10 abgestuften Pb-

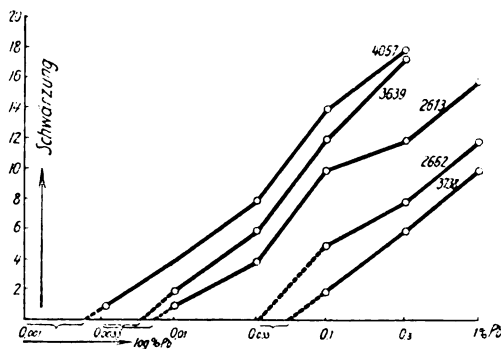


Fig. 1. *Funken gegen Bleinitratlösung*: Abhängigkeit der geschätzten Schwärzung der letzten Pb-Linien (λ in A.E.) vom Pb-Gehalt der Lösung.

Gehalten dargestellt²⁾. Die größte Sorgfalt erforderte die Sicherstellung, daß die für Gewichtsanalyse und für Spektralanalyse verwendeten Proben gleichen Pb-Gehalt besaßen. Mehrfache Kontrollversuche und die Regelmäßigkeit der Ergebnisse bürgen für die Erfüllung der Forderung. Die Abhängigkeit der Linienintensitäten vom Pb-Gehalt verläuft ähnlich wie bei wässrigen Lösungen.

Von besonders großem Interesse ist der Einfluß anderer Legierungsbestandteile auf die Linienintensitäten. Als praktisch wichtiges Beispiel wurde eine Legierungsreihe untersucht, die neben 90 Teilen Gold und 10 Teilen Kupfer kleine Beimengungen von Pb enthielt. Die ermittelten Linienintensitäten für Pb stimmen in dieser Reihe mit Cu-freien Goldproben bei gleichen Pb-Gehalten praktisch überein. Zum Vergleiche wurden einige

¹⁾ Hierbei entstehen größere Fehler als beim Vergleich von Spektralstreifen auf einer Platte.

²⁾ Die Darstellung und gewichtsanalytische Untersuchung der Edelmetallproben verdanke ich der Deutschen Gold- und Silber-Scheideanstalt.

¹⁾ Eine Zusammenstellung findet sich in der wertvollen Schrift von F. LÖWE, Die optischen Messungen des Chemikers und Mediziners. 1925.

Reinkupferproben von passendem Pb-Gehalt untersucht; hier wurde die spektralanalytische Empfindlichkeit des Pb um eine Zehnerpotenz niedriger befunden als im Golde. Eine graphische Übersicht über die erwähnten Ergebnisse zeigt Fig. 2. Auf

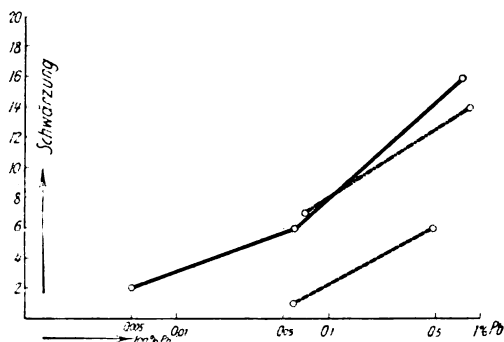


Fig. 2. Empfindlichkeit der letzten Linie des Pb ($\lambda = 4057 \text{ \AA.E.}$):

1. In reinem Au ———.
2. In 90 Au + 10 Cu - - - - -.
3. In reinem Cu

Grund der gewonnenen Erfahrung ist es zulässig, die Pb-Gehalte in Goldlegierungen mit mäßigen Cu-Zusätzen spektralanalytisch durch Vergleich mit Cu-freien Goldproben zu bestimmen.

Versuche mit Bi-haltigen Metallproben zeigten, abgesehen von der geringeren spektralanalytischen Empfindlichkeit des Bi, ein ähnliches Bild wie bei Pb. Auch hier wiederholte sich die Übereinstimmung zwischen Reingold und 90 Gold + 10 Kupfer sowie die verringerte Empfindlichkeit im Reinkupfer.

Die Brauchbarkeit der spektralanalytischen Methode für die Bestimmung kleiner Beimengungen in Metallen beschränkt sich daher nicht auf Reinelemente, sondern läßt sich auf Legierungen ausdehnen; über welches Gebiet der Zusammensetzung mit einer Eichreihe das Auslangen gefunden werden kann, bedarf in jedem Falle der empirischen Feststellung.

Fast überall wo in Substanzproben irgendwelcher Art wiederholt annähernde Bestimmungen von Metallspuren vorgenommen werden müssen, wird die Spektralanalyse von großem Nutzen sein. Ihre Anpassungsfähigkeit an die verschiedensten Aufgaben ist noch nicht entfernt ausgenutzt worden. Sie gestattet nicht nur den Durchschnittsgehalt an einem Stoff, sondern auch seine Verteilung über die Probe zu ermitteln; sie läßt sich zur Bestimmung von Absolutmengen wie von Konzentrationen ausgestalten; sie vermag auch in der Größenordnung der absoluten Empfindlichkeit in weiten Grenzen jedem Bedürfnis zu genügen.

Über den Nachweis kleinster Bleimengen in Organen auf chemischem und spektrographischem Wege.

VON MAX KLOSTERMANN, Halle a. S.

Durch Erlaß des Reichsarbeitsministers vom 12. Mai 1926 sind einige Berufskrankheiten in die Unfallversicherung einbezogen worden. Zu diesen zählt die gewerbliche Bleivergiftung, die bei Arbeitern verschiedener chemischer Industrien und Gewerbe, z. B. Löttern, Schriftgießern, Verbleiern, Malern, Arbeitern der Bleiweißfabriken usw. beobachtet wird. Man nimmt an, daß 95% aller gewerblichen Vergiftungen auf das Blei entfallen. Während aber bei Unfällen im allgemeinen Sinne, die auf äußerer Einwirkung beruhen, meistens auch Zeugen des Vorganges vorhanden sind, so fehlen diese naturgemäß bei langsam entstehenden chronischen Leiden, und es bleibt dem Arzt vorbehalten, die Ursache der Erkrankung aus dem Krankheitsbild zu ermitteln. Das ist oft eine sehr schwierige und verantwortungsvolle Aufgabe, namentlich wenn die Vergiftung zeitlich früher liegt und der Arbeiter inzwischen seine Tätigkeit gewechselt hat. Es gibt wohl typische Symptome für Bleikrankheit, z. B. Bleikolik, Bleikolorit, Bleirheumatismus, Bleisaum an dem Zahnfleisch, aber bei Späterscheinungen alter Bleikranker zeigen sich Erkrankungen der inneren Organe, der Niere und Leber, die auch ganz andere Ursachen haben können. Da das Blei im menschlichen Körper angereichert und nur langsam ausgeschieden wird, so

kann in zweifelhaften Fällen die Ursache der Erkrankung am sichersten dann auf Blei zurückgeführt werden, wenn in den Körperausscheidungen (Faeces und Urin) und im Blut, oder bei Verstorbenen in den Organen Blei nachgewiesen werden kann. Die Bleimengen, welche gefunden werden, sind nur klein, es handelt sich oft nur um einige Tausendstel oder Hundertstel von Milligrammen. Es war daher eine Methode erwünscht, mit der auch sehr kleine Bleimengen in verhältnismäßig großen Mengen organischer Substanzen mit genügender Sicherheit nachzuweisen sind. Zunächst suchten wir das Ziel auf chemischem Wege zu erreichen, und eine brauchbare Methode wurde im Hygienischen Institut zu Halle von A. NECKE, P. SCHMIDT und M. KLOSTERMANN¹⁾ ausgearbeitet. Der Gang ist kurz folgender:

1. Die organischen Substanzen (Urin, Kot, Blut, bei Leichen auch Organe) werden zunächst mit rauchender Salpetersäure vorzerstört, dann mit konzentrierter Schwefelsäure unter Zugabe von Salpetersäure völlig mineralisiert.

2. Die Fällung kleinster Bleimengen in saurer Lösung gelang nicht oder wenigstens niemals vollständig, da es kaum möglich ist, den optimalen

¹⁾ Im Druck.

Säuregehalt zu treffen, sonst bleibt Blei kolloidal gelöst.

3. Die Fällung erfolgte quantitativ in ganz schwach ammoniakalischer Lösung bei Zusatz von Aluminium oder Eisen, wodurch die kolloidal gelösten Schwefelverbindungen des Bleies ausfallen.

4. Filtrieren des Niederschlags durch SCHOTTsche Glasfilter mit Asbestauflage im Vakuum.

5. Der Niederschlag wird zur Entfernung des Kupfers mit Cyankali, zur Entfernung des Eisens, Aluminiums, Mangans, Calciums mit alkoholischer Schwefelsäure behandelt, die mit Schwefelwasserstoff gesättigt ist. Spuren von Eisen oder Aluminium, die als Einschluß im Schwefel zurückbleiben können, stören bei der weiteren Behandlung nicht.

6. Das zurückbleibende Bleisulfid wird mit rauchender Salpetersäure in Nitrat verwandelt und das Filtrat zur Trockene verdampft, auf dem Filter gebildetes Bleisulfat wird mit Natriumacetat gelöst und ebenfalls zugegeben.

7. Oxydation des Bleinitrats resp. -sulfats mittels Natriumhypochlorid oder Brom im siedenden Wasserbade zu Bleidioxyd, welches durch ein gleiches Asbestfilter abfiltriert und gut ausgewaschen wird. —

Die einzelnen chemischen Arbeiten müssen mit der größten Sorgfalt ausgeführt werden, alle Reagentien müssen bleifrei sein, namentlich Schwefelsäure und Salpetersäure sind durch Destillation bleifrei zu machen, da wir diese im Handel nicht bleifrei erhalten konnten. Die Zerstörung der organischen Stoffe muß bis zu Ende geführt werden, die Lösung muß wasserhell sein. Zur vollständigen Fällung der Metalle muß Schwefelwasserstoff unter Druck wenigstens 24 Stunden, aber höchstens 36 Stunden eingeleitet werden. Die Asbestfilter müssen sehr gut gestopft sein, da es sich um feinste Suspensionen handelt, die zurückgehalten werden sollen. Vor der Oxydation des Bleis muß die Lösung genau neutralisiert werden, nach der Oxydation ist das Bleidioxyd höchstens warm, nicht heiß zu filtrieren.

Zum Messen der so erhaltenen, oft kaum sichtbaren Bleimenge benutzen wir die Eigenschaft des Tetramethyldiamidodiphenylmethans in Eisessig mit Dioxyden einen Diphenylmethanfarbstoff zu bilden, der tief blau gefärbt ist. Die erhaltene Farbintensität wird mit der verglichen, die mit Bleilösungen von bestimmtem Gehalt nach gleicher Oxydation erhalten wird.

Zahlreiche Kontrollanalysen wurden ausgeführt, z. B. zunächst mit Hackfleisch, welches mit bestimmten Bleimengen versetzt worden war. Es wurden z. B. folgende Resultate erhalten:

	Vorhanden:	Gefunden:
1.	0,5 mg Pb	0,58 mg Pb
2.	0,1 mg Pb	0,12 mg Pb
3.	0,005 mg Pb	0,003 mg Pb
4.	0 mg Pb	0 mg Pb
5.	0,01 mg Pb	0,006 mg Pb

Ein Meerschweinchen erhielt 10 mg Bleinitrat intravenös eingespritzt. Nach 2 Stunden wurde es getötet und wir fanden

in den Nieren . . .	0,06 mg Pb
in dem Blut	0,7 mg Pb
in der Leber	1,5 mg Pb
im Magen und Darm	3,5 mg Pb

Fall von Bleivergiftung (Hüttenarbeiter Seh.):

Menge:	Gefunden:
Urin 3000 ccm	0,58 mg Pb
Blut 200 ccm	0,06 mg Pb
Kot 15 gr	0,6 mg Pb

Nach diesen Ergebnissen war zu schließen, daß die Methode der chemischen Bleibestimmung gute Resultate lieferte, da sich auch kleine Mengen von Blei bis zu 5/1000 mg gut nachweisen ließen. Aber da die Untersuchungsergebnisse gewissermaßen Dokumente sind, die die zuständigen Behörden davon überzeugen sollen, ob ein Arbeiter Blei ausscheidet oder nicht, da ferner bei den z. T. sehr kleinen Bleimengen eine Betätigung des chemischen Ergebnisses auf anderem Wege wünschenswert erschien, so benutzten wir in allen Fällen gleichzeitig den Spektrographen der Firma Zeiß in Jena mit Quarzprismen für den ultravioletten Teil des Spektrums, um das Blei auch spektrographisch nachzuweisen. Das Verfahren war in diesem Falle sehr einfach. Da wir chemisch das Blei aus den Organen und Ausscheidungen schon isoliert und mit dem Farbstoff gelöst hatten, so brauchten wir nur den Farbstoff durch Abrauchen mit Schwefelsäure zu zerstören und das Blei von neuem in das Superoxyd zu verwandeln. Dieses wurde in Salzsäure gelöst, und wir versuchten dann, durch tropfenweises Aufbringen der Lösung auf die Kohlelektroden das Bleispektrum zu erzeugen. Das Ergebnis befriedigte nicht, teils verspritzten die Tropfen schnell, teils sprangen die Funken unregelmäßig über. Da die gesamte Bleimenge nur sehr gering war, so war in der geringen Menge der Lösung, welche zur Verdampfung kam, der Bleigehalt nur ganz minimal. Wir erhielten daher nach diesem Verfahren nur sehr unsichere Ergebnisse. Wir machten auch keine weiteren Versuche mit dem Capillarrohr mit Funkenstrecke nach LEONHARDT und POLLOK, da es uns zweckmäßig erschien, bei den geringen Bleimengen möglichst das gesamte Blei in Dampfform zu überführen. Zu diesem Zweck benutzten wir als Filter Kohlelektroden mit Längsbohrung, die etwa $\frac{1}{2}$ cm unter dem oberen Rand mit einem Asbestfilter versehen wurden, das durch ein Kohlestäbchen von unten her gehalten wurde. Durch Anschluß an eine Wasserstrahlluftpumpe hatten wir auf diese Weise eine Filter auf der Kohlelektrode selbst geschaffen, durch das das Bleisuperoxyd abfiltriert und ausgewaschen werden konnte. War alles Blei aufgetragen, so wurde der Asbeststopfen mit dem Bleiniederschlag bis zum oberen Kohlenrand hoch-

geschoben, und die Elektrode war so auf kleinstem Raum mit der gesamten Bleimenge beschickt.

Im Induktorium hatten wir Funken von 5—6 mm Länge. Die Belichtungsdauer betrug eine Minute, die Aufnahme erfolgte mit Agfa-Chromo-Solar-Platten, die mit Pinakryptol vorbehandelt und mit Methol-Hydrochinon Ika entwickelt wurden.

Zur Bestimmung der Linien im Spektrum gibt es zwei Wege, entweder benutzt man die Wellenlängenteilung oder ein Vergleichsspektrum. Da die erste nicht so genau ist, wie die scharfen Linien eines Vergleichsspektrums, so wählten wir die letzteren, indem wir das Spektrum von Bleisuperoxyd, dazu auch die Linien der Kohle mit Asbest auf die Platte brachten. Da das Bleisuperoxyd die gleichen Linien wie Blei zeigt, so waren sie mit denen des aus Organen isolierten Bleis ohne weiteres zu vergleichen. Bleisuperoxyd hat auch den Vorzug der Reinheit vor metallischem Blei.

Das Negativ ist zur Auswertung der Bleilinen am geeignetsten, die mit einer gewöhnlichen Lupe gut zu identifizieren sind, an vergrößerten Dia-

positiven sind nicht immer alle Feinheiten zu erkennen. In allen Fällen konnten unsere chemischen Ergebnisse durch das spektrographische Bild bestätigt werden.

Die Beobachtungen von HARTLEY und von GRAMMONT, daß die Zahl der Linien mit dem geringeren Gehalt eines Elements kleiner und kleiner wird, konnten wir im allgemeinen bestätigen. Auch die Intensität der Linien wird mit abnehmen der Bleimenge geringer. Die Bleimengen, welche wir chemisch isolieren konnten, waren auch stets spektrographisch deutlich zu erkennen. Es kam uns zunächst aber nicht darauf an, die Bleilinen genau nach Wellenlänge festzulegen, denn wir bedurften ihrer nur zur Bestätigung der chemischen Befunde, und das Spektrumbild, welches jedem Gutachten beigelegt wird, sollte den Befund sichtbar und nachprüfbar machen. Das wurde mit Hilfe des Spektrographen von Zeiß ausgezeichnet erreicht.

Eine ausführliche Darstellung des Analyseanges wird demnächst von A. NECKE gegeben werden, der auch die Untersuchungen über die quantitative Bestimmung mit dem Spektrographen fortsetzen wird.

Die quantitative Röntgenspektralanalyse.

Von PAUL GÜNTHER, Berlin.

Wie im Gebiete der optischen Wellenlängen kann man auch im Frequenzbereich der Röntgenstrahlen eine quantitative analytische Methode auf die Messung von emittierter Strahlung und auf die Messung von absorbierter Strahlung gründen. Die Emissionsmethode ist im Jahre 1923 von D. COSTER¹⁾ begründet worden. In dem gleichen Jahre hat H. STINTZING²⁾ denselben Grundgedanken veröffentlicht. Die Absorptionsmethode ist im Jahre 1925 von R. GLOCKER³⁾ und W. FROHN-MAYER ausgebildet worden.

Ich möchte im Anschluß an die vorangegangenen Referate über die optische Spektralanalyse und mit Beziehung darauf zuerst über das Emissionsverfahren berichten.

Die Spektroskopie der Röntgenstrahlen erfolgt ähnlich wie die Spektroskopie des sichtbaren Lichtes durch die Wirkung eines Gitters, und dieses Gitter besteht aus dem natürlichen Gefüge eines Krystalls. Eine Krystallfläche vermag Röntgenstrahlen in gewissem Sinne zu spiegeln, und hierbei gilt auch wie im Gebiet des optischen Lichtes das Gesetz von der Gleichheit des Einfallswinkels und des Ausfallswinkels. Aber bei dieser Reflexion der Röntgenstrahlen kommt noch ein selektives Prinzip hinzu, daß in der sogenannten BRAGGSchen Gleichung seinen Ausdruck findet: es besagt, daß

diese Reflexion nicht ganz allgemein stattfindet, sondern daß unter einem bestimmten Incidenzwinkel immer nur Röntgenstrahlen von einer bestimmten Wellenlänge reflexionsfähig sind. Wenn man also einen solchen Krystallspiegel gegen ein paralleles Bündel verschiedenfarbiger Röntgenstrahlen dreht, so wird bei jeder Stellung nur eine einzige Frequenz herausreflektiert werden, und zwar bei verschiedenen Stellungen jeweils eine andere. Damit ist die Spektroskopie der Röntgenstrahlen erreicht.

Die akuten Probleme der Röntgenspektralanalyse liegen nicht im Gebiet des Apparativen, und so möchte ich auf diese Seite meines Themas nur schematisierend hinweisen. Figur 1 zeigt das Prinzipielle in der Einrichtung eines BRAGGSchen Drehkrystallspektrographen; es ist dies keinesfalls die einzig mögliche Anordnung. Das von der Antikathode *A* herkommende Röntgenstrahlenbündel tritt durch den Spalt *B*, den man sich um 90° gegen die Zeichenebene gedreht denken muß, so daß er das Strahlenbündel horizontal und nicht wie in der Zeichnung vertikal begrenzt, und fällt auf den gedrehten Krystall *K*, der die einzelnen Frequenzen gesondert herausreflektiert und auf den kreisförmig gekrümmten Film wirft. An Stelle des Films kann auch eine Ionisationskammer treten — alles dies ist nicht prinzipiell. Es ist praktisch möglich, durch geeignete experimentelle Mittel, zu denen unter Umständen auch das Evakuieren des ganzen Spektrographen gehört wegen des Absorptionsvermögens der Luft, verschiedene Röntgenstrahlen von nicht allzu verschiedenen Fre-

¹⁾ D. COSTER, Zeitschr. f. Elektrochem. 29, 344. 1923.

²⁾ H. STINTZING, Zeitschr. f. physikal. Chem. 108, 51. 1923.

³⁾ R. GLOCKER und W. FROHN-MAYER, Ann. d. Physik 76, 369. 1925.

quenzen in genau demselben Verhältnis, wie sie von der Antikathode vermischt ausgesandt werden, gesondert zur Messung zu bringen.

Etwas näher müssen wir uns mit Beziehung auf die chemische Analyse mit den Verhältnissen am Entstehungsort der Röntgenemission, der Antikathode, befassen. Der Röntgenstrahler ist ein im Vergleich zu leuchtenden Flammen oder Lichtbögen geometrisch gut definiertes Gebilde: der Brennfleck ist eine strahlende Fläche, die bei richtigem Betrieb der Röhre sich niemals verschiebt und sogar über größere Strecken gleiche Flächenhelligkeit haben kann. Und die Erregungsbedingungen sind auch gut definiert: sie sind bestimmt durch das Potentialgefälle, das die Elektronen von der Kathode her durchlaufen haben, d. h. durch die Betriebsspannung der Röhre, die auch gut zu messen und konstant zu halten ist. Es ist leicht zu verstehen, daß ein definiertes Atomgemisch auf der Antikathode unter unschwer her-

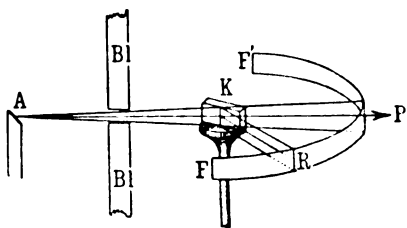


Fig. 1. (Aus K. BECKER, Die Röntgenstrahlen als Hilfsmittel der chemischen Forschung. Braunschweig 1924.)

zustellenden Bedingungen eine definierte Röntgenemission ergibt.

Wir müssen hier einer Schwierigkeit gedenken, die für die quantitative Röntgenspektralanalyse zwar nicht prinzipiell, aber doch praktisch oft erheblich ist, nämlich des Umstandes, daß das Bombardement der auftretenden Elektronen die Analysensubstanz während des Versuchs gröblich verändern kann. Vor allem enthält die nur bedingt vermeidbare Erwärmung der obersten Antikathodenschicht die Gefahr, daß leicht flüchtige Bestandteile aus der Analysensubstanz verdampfen. Bei quantitativen Versuchen wird man stets am sichersten gehen, wenn man die Analysensubstanz vorher in eine glühbeständige Form überführt. Aber ein wirksames Mittel ist auch ein von H. STINTZING¹⁾ angegebener Kunstgriff, der sich auch weiter für andere Schwierigkeiten der Methode als glücklich erwiesen hat. Man verdünnt die Analysensubstanz mit einer sicher antikathodenbeständigen Substanz, man bettet sie in eine überschüssig vorhandene schützende Bettsubstanz ein. STINTZING hat zuerst hierzu Graphit verwandt.

Wenn so eine definierte Substanz unter definierten Erregungsbedingungen strahlt, tritt die Frage auf, wie die Grundfrage für die quantitative Emissionsspektroskopie ist: Wie verhalten sich die gesuchten Atomkonzentrationen auf der Antikathode, wenn man die Intensitätsverhältnisse

korrespondierender Emissionslinien im Spektrum kennt? Die Fragestellung auf beliebige, also auch nichtkorrespondierende Linien auszudehnen, wäre zur Zeit noch ganz unfruchtbar, jedenfalls wenn man sie von allgemeinen Gesichtspunkten aus behandeln will.

Es lassen sich Bedingungen angeben, unter denen man vorläufig annehmen kann, daß die Intensitätsverhältnisse korrespondierender Linien unmittelbar die Konzentrationsverhältnisse der ausstrahlenden Atomarten wiedergeben. Die betrachteten Atomarten müssen nämlich gleich stark erregt werden. Hierfür aber ist maßgeblich, wie hoch die Betriebsspannung der Röhre die Grenzspannung der Erregung einer Röntgenreihe übersteigt. In diesem Sinne stehen zwei Atomarten also nur dann unter praktisch gleichen Erregungsbedingungen, wenn die Differenz zwischen der Röhrenspannung und den Grenzspannungen der Anregung für die betrachteten Atomarten praktisch gleich groß ist, d. h. wenn die Differenz zwischen diesen Grenzspannungen sehr klein und die angelegte Betriebsspannung im Vergleich dazu sehr groß ist. Dieser Forderung läßt sich praktisch oft genügen. Nahezu gleiche Anregungsspannung für die gleiche Serie entspricht aber geringem Abstände korrespondierender Emissionslinien und damit auch naher Nachbarschaft der betrachteten Elemente im periodischen System — das ist eine Beschränkung der Vergleichsmöglichkeiten, die ohnehin schon aus experimentellen spektroskopischen und photometrischen Gründen nahegelegt wird.

Wenn man aus bestimmten Gründen, z. B. um eine störende Emission nicht mit zu erregen, auf die Anwendung einer hohen Betriebsspannung verzichtet, so kann man, da die Beziehung zwischen der Emissionsintensität und dem Überschuß der Betriebsspannung über die Anregungsspannung bekannt ist, die genannte Schwierigkeit auch rechnerisch überwinden.

Wenn in diesem Sinne die Atomarten der Analysensubstanz im gleichen Maße primär durch die Kathodenstrahlen in der Röntgenröhre erregt werden, so ist damit doch noch nicht gewährleistet, daß die in den Spektrographen abgegebenen charakteristischen Strahlungen sich wie die Atomkonzentrationen verhalten. Es können nämlich noch Verschiebungen der Anregungsenergie innerhalb der Analysensubstanz in der Weise erfolgen, daß ein anderes Atom als das, das die Energie aufgenommen hat, sie in den Spektrographen hinein ausstrahlt —, eine Möglichkeit, die hier so gut wie in kompliziert zusammengesetzten sichtbar strahlenden Systemen besteht. Man muß zum Vorteil der Röntgenemissionsanalyse sagen, daß diese Möglichkeit hier vergleichsweise schon recht eingeschränkt ist. Es wird in der Röntgenröhre häufig geschehen, daß die charakteristische Strahlung eines Atoms von einem anders gearteten benachbarten Atom auf der Antikathode absorbiert wird, und daß das Atom, das absorbiert hat, die aufgenommene

¹⁾ H. STINTZING, I. c.

Energie als seine Eigenstrahlung wieder abgibt. Damit ist dann der Anteil dieser Eigenstrahlung im austretenden Strahlengemisch verstärkt und der Anteil der absorbierten Strahlung geschwächt.

Es gibt zwei Arten der Röntgenabsorption, von denen die eine für die Analyse von geringer Bedeutung ist. Es ist die, die unter das allgemeine Gesetz fällt, wonach harte Röntgenstrahlen schwächer absorbiert werden als weiche. Da diese Veränderung stetig ist und für die quantitative Analyse aus schon genannten Gründen immer nur der Vergleich nahe benachbarter Frequenzen in Frage kommt, so wird das Absorptionsschicksal dieser Linien auch immer nahezu dasselbe sein. Aus dieser allgemeinen Absorption entstehen also keine bedeutungsvollen Schwierigkeiten.

Es gibt nun aber auch im Röntgengebiet noch eine selektive Absorption, die sich darin äußert, daß entgegengesetzt dem Sinne des eben genannten Gesetzes beim Fortschreiten von weichen zu härteren Röntgenstrahlen sprunghaft ein harter Röntgenstrahl wesentlich mehr absorbiert wird als

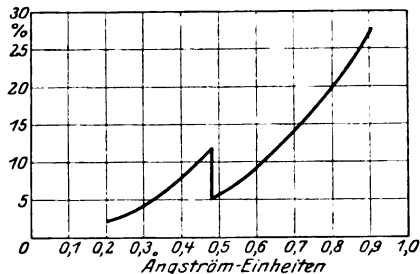


Fig. 2. Absorptionsvermögen einer photographischen Bromsilberschicht in Prozenten. (Nach Messungen von BOUWERS.) (1,52 mg AgBr pro Quadratmeter.)

ein in der Frequenz nur wenig hinter ihm zurückbleibender weicher. Hat eine Atomart in der Analysensubstanz einen solchen charakteristischen Absorptionssprung, der zwischen zwei nahe benachbarten Linien liegt, die in der Analysensubstanz unter dem Aufprall der Kathodenstrahlen entstehen, so wird diese Atomart von der einen Linie mehr als von der anderen absorbiert, und das Intensitätsverhältnis wird in der wirklich austretenden Strahlung dadurch gestört sein.

Wie diese Absorption im experimentellen Befunde aussieht, zeigt die Kurve in Figur 2, die das Absorptionsvermögen des Bromsilbers auf dem photographischen Film (1,52 mg AgBr pro Quadratmeter) nach Messungen von BOUWERS¹⁾ in Prozenten wiedergibt. Die Abscisse mißt die Wellenlänge. Das Absorptionsvermögen nimmt mit abnehmender Wellenlänge über weite Strecken stetig ab, bis es sprunghaft an der K-Absorptionskante des Silbers in die Höhe geht. Zwei nahe benachbarte Frequenzen, die um diese Stelle herumliegen, werden also sehr verschiedene Absorptionsschicksale erleiden.

¹⁾ A. BOUWERS, Promotionsschrift. Utrecht 1924. Vgl. auch Zeitschr. f. Physik 14. 374. 1923.

Um diesen Absorptionssprung verständlich zu machen, muß ich mit wenigen Worten auf unsere theoretischen Vorstellungen über die Entstehung der Röntgenspektren eingehen. Die Röntgenspektren entstehen kernnächst im Atominnern. Fig. 3 zeigt stark schematisiert das Innere eines schweren Atoms, wobei die hier durch Kreise angedeuteten Elektronenbahnen im Ruhezustande des Atoms als vollbesetzt zu denken sind. Die Erregung des Röntgenspektrums erfolgt in der Röhre nun in der Weise, daß durch die aufprallenden Elektronen von der Kathode her das Gefüge des Atoms bis in die Nähe des Kerns gestört wird, und aus dem Zurückspringen der Elektronen in die kernnahen Bahnen entsteht dann das charakteristische Röntgenspektrum.

Die Fig. 3 enthält schematisch den innersten Aufbau eines jeden schwereren Atoms; man braucht mit fortschreitender Ordnungszahl des Kerns nur die absoluten Maße der Bahnabstände einsinnig zu verändern. Hierin liegt der Grund für jene bekannte Einfachheit der Röntgenspektren

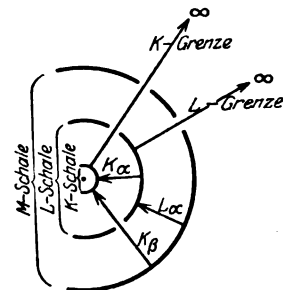


Fig. 3. (Aus W. KOSSEL, Valenzkräfte und Röntgenspektren. Berlin 1923.)

in bezug auf die Lage und die Intensitätsverhältnisse ihrer Linien, ein Umstand, der ja schon für Zwecke der qualitativen Analyse das Arbeiten mit Röntgenspektren oft so sehr viel vorteilhafter erscheinen läßt als das Arbeiten mit komplizierten optischen Spektren.

Zur Illustration soll noch eine Anzahl von L-Serien verschiedener schwerer Elemente gezeigt werden, die so untereinander gestellt ohne weiteres den gleichen Habitus erkennen lassen (Fig. 4).

Wie entsteht nun die schon genannte selektive Absorption? Absorption ist immer die Aufnahme eines Quantums aus der Strahlung unter Hebung eines Elektrons in eine kernfernere Bahn. Nun kann ein Elektron immer nur in eine Bahn gehoben werden, die noch nicht voll besetzt ist. Betrachten wir nun einmal ein Elektron aus der innersten Schale eines Atoms, der K-Schale. Die unmittelbar darüber gelegenen Bahnen sind, jedenfalls bei den schwereren Atomen, voll besetzt. Wenn das Strahlungsquantum, welches das Atom trifft, nicht groß genug ist, um ein Elektron aus dieser innersten Schale bis über sämtliche vollbesetzten Bahnen hinauszuhoben, so vermag es diesem Elektron gar nichts zu tun. Wenn die

Quanten aber mit härterer Einstrahlung immer größer werdend jenes Maß erreichen, wo sie zur Heraushebung eines solchen kernnahen Elektrons ausreichen, dann wird mit dieser Hebung plötzlich ein neuer Absorptionsmechanismus im Atom betriebsfähig und die Absorption nimmt mit härter werdender Einstrahlung sprunghaft zu.

Wieviel dieser Effekt der selektiven Absorption zahlenmäßig für die Analyse ausmacht, haben I. STRANSKI¹⁾ und ich an einem bestimmten, besonders einfachen Falle untersucht. Wenn die Antikathode aus einer Kobaltnickellegierung besteht, so liegen die Emissions- und Absorptionsverhältnisse so, wie es Fig. 5 zeigt. Zwischen den starken $K\alpha$ -Linien der beiden Metalle liegt keine Absorptionskante.

Zwischen den schwächeren β_1 -Linien dagegen liegt eine Absorptionskante des Kobalts. Man kann daher erwarten, daß die α_1 -Linien im Verhältnis der Atomkonzentrationen auftreten werden, während das Verhältnis der β_1 -Linien zueinander durch das Dazwischenliegen der Absorptionskante gestört sein muß. Es wurde gefunden, daß bei einem Mischungsverhältnis der beiden Metalle von 50 : 50 dieses Verhältnis in den Intensitäten der α -Linien wirklich wiederkehrte, während die Abweichung davon im Verhältnis der β_1 -Linien in Form eines Analysendatums ausgedrückt einen Fehler von 6,5% in der Bestimmung jedes einzelnen der beiden Metalle ergab. Natürlich tritt hier kein konstanter Faktor auf, sondern seine Größe ist von dem Konzentrationsverhältnis der emittierenden zur absorbierenden Atomart abhängig.

Man muß für das praktische Arbeiten diese Schwierigkeit experimentell beseitigen, und hierzu hilft wieder die Verwendung eines geeigneten Verdünnungsmittels nach Art der von STINTZING vorgeschlagenen Bettsubstanz, das die Wechselwirkung zwischen den betrachteten Atomarten durch den Verdünnungseffekt nahezu aufhebt und selbst mit jeder der beiden Atomarten in nahezu gleiche Wechselwirkung tritt. Frl. WILCKE²⁾ und ich konnten zeigen, daß man für den Vergleich von Chrom und Kupfer an der Hand der $K\alpha$ -Linien ganz falsche Zahlen erhält; wenn man aber das Gemisch im Atomverhältnis 46 : 54 mit 500 Atomprozenten Silicium in Form von Kiesel-

säure verdünnt, so findet man das richtige Verhältnis der Metallatome zueinander wieder.

Natürlich beteiligt sich so gut wie jede Komponente der Analysensubstanz auch das Material des Antikathodenkopfes selbst an der Strahlung, und dadurch kann die Strahlung einer absorbierenden Atomart in der Analysensubstanz noch besonders angeregt und somit verstärkt werden. Um hierdurch Fehler auszuschließen, verwendet man nach einer Angabe von GLOCKER zweckmäßig Aluminium für den Antikathodenkopf.

Aber die erheblichste Schwierigkeit der Emissionsspektroskopie und auch die letzte, von der ich berichten will, ist noch eine andere. Ihre Entdeckung knüpft unmittelbar an den Fundamental-

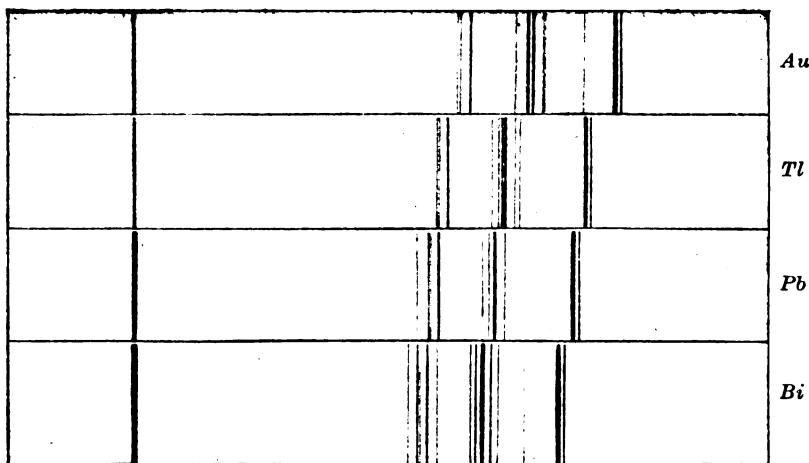


Fig. 4. L-Spektren schwerer Atome.

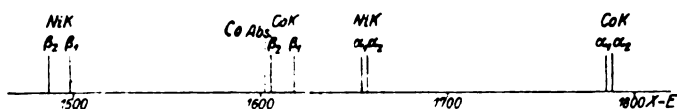


Fig. 5.

versuch der quantitativen Röntgenspektroskopie an und ist auch durch denselben Autor erfolgt. D. COSTER¹⁾ hatte zuerst den Hafniumgehalt von Zirkonpräparaten in der Weise ermittelt, daß er den Präparaten ein Oxyd des Tantals in bekannter und wechselnder Menge zusetzte, bis die benachbarten $L\alpha$ -Linien der benachbarten Elemente Hafnium und Tantal gleich stark erschienen. Daraus wurde dann auf Gleichheit der Atomkonzentrationen geschlossen. Das war die erste quantitative Röntgenspektroalanalyse. Wie nun COSTER²⁾ und NISHINA neuerdings gefunden haben, ist es aber hierbei nicht gleichgültig, ob man das mit dem Hafnium, das als HfO_2 vorliegt, zu vergleichende Tantal als Tantaldioxyd (Ta_2O_5) oder als Tantaltentoxid (Ta_2O_3) zusetzt. Das Tantaldioxyd gibt wohl richtige Resultate, aber wenn das

¹⁾ P. GÜNTHER und J. STRANSKI, Zeitschr. f. physikalische Chem. 118, 257. 1925.

²⁾ P. GÜNTHER und G. WILCKE, Zeitschr. f. phys. Chem. 119, 219. 1926.

¹⁾ D. COSTER, l. c.

²⁾ D. COSTER und Y. NISHINA, Chemical News 130, 149. 1925.

Tantal als Pentoxyd eingeführt wird, so erscheint seine Linie bei gleicher Atomkonzentration etwa 2,5mal schwächer als die des Hafniums. Hierbei besteht die Hauptmenge der Analysesubstanz, nämlich 94%, immer aus Zirkonoxyd. Und ein besonders schwerwiegender Befund ist dieser. Enthält das Gesamtgemisch nur 7% Cassiopejumoxyd, so gibt das Tantaldioxyd ebenso falsche Resultate wie das Pentoxyd. Die Versuche beweisen, daß es für die röntgenspektroskopische Wirksamkeit der Atome jedenfalls in vielen Fällen nicht nur auf die Konzentration ankommt, in der sie auf die Antikathode gebracht werden, sondern daß auch die Bindungsverhältnisse und sogar noch im weiteren Sinne die Umgebung des einzelnen Atoms hierbei eine Rolle spielen. Bis zu einem gewissen Grade läßt sich nun auch dieser Störungseffekt wie die schon genannten andern durch die Verwendung einer verdünnenden Bettschubstanz beheben. COSTER und NISHINA fanden, daß ein Gemisch von Stannooxyd und Antimontrioxyd, das

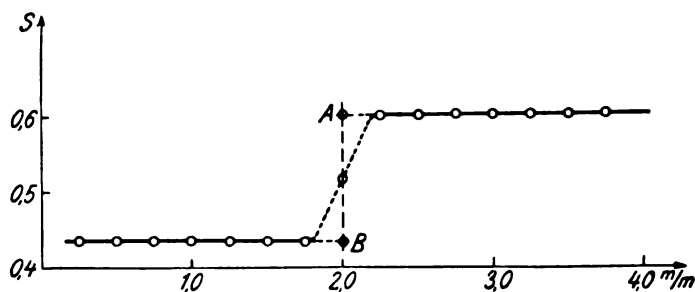


Fig. 6. Photometrierung eines Absorptionssprunges. (GLOCKER und FROHMAYER.)

gleich viele Atome beider Metalle enthält, für die L_{α_1} -Linien ein Intensitätsverhältnis 1:6 ergab, wenn man ihm nur 4,2% Gips beimischte, daß man aber das richtige Verhältnis 1:1 fand, wenn man mit dem Gipszusatz auf 88,5% heraufging. Als Ursache für diesen merkwürdigen Effekt nehmen die Autoren an, daß in der Röhre mit dem Einsetzen des Elektronenbombardements eine gewisse Anzahl von Atomen, die bestimmt ist durch die Bindungsverhältnisse und den Charakter der Umgebung, den Brennfleck verläßt, und daß sich schon nach ganz kurzer Zeit ein gewisses Gleichgewicht zwischen den im Elektronenbombardement verbleibenden Atomen einstellt; denn wenn auch die erhaltenen Röntgenintensitäten manchmal analytisch unsinnig erscheinen, so sind sie doch streng reproduzierbar. COSTER und NISHINA ziehen aus ihren Befunden den Schluß, daß genaue Analysen mit Hilfe der Emissionsspektroskopie nur in der Weise möglich sind, daß man rein empirisch das zu analysierende Gemisch aus reinen Stoffen künstlich nachbildet und die Abhängigkeit der einzelnen Linienintensitäten von den Konzentrationen der einzelnen Komponenten studiert. Dieses rein empirische Vorgehen eröffnet nun auch die Möglichkeit, andere als serienmäßig korre-

spondierende Linien miteinander zu vergleichen, was auch oft von Vorteil ist, da korrespondierende Linien manchmal gar nicht so nahe benachbart sind, wie man das aus den schon genannten Gründen wünschen möchte. So konnte die Konzentration des Zirkons in angereicherten Hafniumpräparaten durch den Vergleich von Zirkon L_{α_1} mit Yttrium L_{β_1} , bestimmt werden, wobei man wußte, daß der Intensitätsgleichheit unter den bestehenden Bedingungen das Atomverhältnis 1:2,1 entsprach.

Ich komme nun zu dem grundsätzlich anderen Weg der quantitativen Röntgenspektroanalyse, der von R. GLOCKER¹⁾ und W. FROHMAYER beschrieben worden ist: der Absorptionsspektroskopie. Ich habe indirekt von diesem Verfahren schon ziemlich viel gesagt: nämlich nicht eine einzige der zahlreich aufgeführten Schwierigkeiten steht dieser Methode entgegen. Die Substanz befindet sich in schichtförmiger Anordnung etwa als Lösung oder Pulver in einem Hartgummitrog oder als Metallblech außerhalb der Röhre im Strahlengang, wird also weder erhitzt noch gröblich oder atomar zerstäubt und kann niemals verloren gehen. Die Röhre ist eine abgeschmolzene Röhre, die nur intensiv genug in dem erwünschten Bereich ein kontinuierliches, möglichst linienfreies Spektrum zu strahlen braucht, und damit ist die Schwierigkeit, die mit dem Betrieb der stets zu öffnenden und mit wechselnden Substanzen auf der Antikathode zu beschickenden Analysenröhren verbunden ist, auch beseitigt. Das Röntgenlicht, das durch die Substanz hindurchtritt,

wird nachher oder auch vorher spektroskopiert — die Autoren machten es mit einem Seemannspektrographen und der Lochkameraanordnung — und die Absorptionseffekte, vorhin eine Störungsquelle, sind nun die gesuchten Größen.

Zu photometrieren ist die Größe des erhaltenen Absorptionssprunges an der Absorptionskante. Fig. 6 zeigt das praktische Vorgehen hierbei. Es wird bis zu Abständen von je 2 mm links und rechts von der Absorptionskante mehrfach mikro-photometriert. Die Ordinate stellt die Schwärzung dar. Man extrapoliert dann auf den wirklichen Absorptionssprung und berücksichtigt auch die Schleierschwärzung der Platte.

In welcher Beziehung die Tiefe des Absorptionssprunges zur Konzentration der absorbierenden Atomart in der Analysesubstanz steht, muß ich mir versagen, nach dem Vorgang der Autoren vorzurechnen. Es ergibt sich die einfache Beziehung

$$\frac{J_2}{J_1} = e^{-\mu \cdot p}$$

wo J_2 und J_1 die Schwärzungen unmittelbar links und rechts von der Absorptionskante sind und

¹⁾ R. GLOCKER und W. FROHMAYER, l. c.

p die Gewichtsmenge des absorbierenden Elements angibt, die in einem Quadratcentimeter der durchstrahlten Schicht enthalten ist. Die Größe c ist eine charakteristische Konstante, die für jede Atomart einmal bestimmt werden muß. Es ist günstig, wenn diese Konstante groß ist, und es ist auch günstig für die Genauigkeit der Bestimmung der gesuchten Größe p , wenn J_1 und J_2 recht verschieden sind, d. h. wenn der Absorptionssprung tief ist. Man hat die Vertiefung des Absorptionssprunges bis zu einem gewissen Grade dadurch in der Hand, daß man die Dicke der absorbierenden Schicht vergrößert.

Die Vorarbeit für die Anwendung der Methode war die Bestimmung der Konstanten c für die verschiedenen Elemente. Es soll am Beispiel des Bariums gezeigt werden, wie das geschehen ist. In der Fig. 7 ist als Abszisse die Bariummenge im Quadratcentimeter der durchstrahlten Schicht und als

Ordinate die Größe $\frac{J_2}{J_1}$ aufgetragen, die von den Autoren als Sprungfaktor F bezeichnet wird. Man sieht, wie mit wachsender Bariummenge sich diese Größe immer mehr von 1 entfernt, und zwar muß

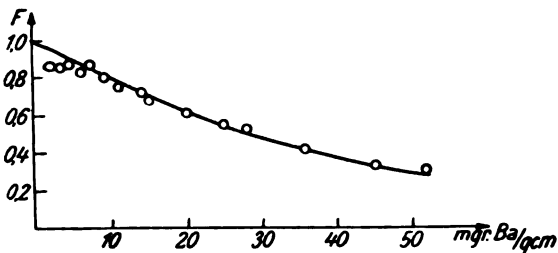


Fig. 7. Bestimmung von c für Barium. (GLOCKER und FROHMAYER.)

diese Kurve im Sinne der vorhin genannten Gleichung als Exponentialfunktion ausdeutbar sein. Der Wert für c , mit dem sie sich richtig darstellen läßt, ergibt sich hier zu 24. Die Autoren haben für eine größere Anzahl von Elementen zwischen den Ordnungszahlen 42 und 90 diese charakteristischen Konstanten bestimmt und auch eine Interpolationsformel für ihren Gang mit der Ordnungszahl angegeben. Hierbei ist zunächst erstaunlich, daß diese Konstante für die stark absorbierenden hochatomigen Elemente kleiner ist als für die schwach absorbierenden: es hängt dies damit zusammen, daß die Absorptionskanten immer mehr in das kurzwellige Gebiet hineinrücken, wo der Absolutbetrag der Schwächungskoeffizienten immer geringer wird. Man kann allermeistens die K -Absorptionskanten verwenden, doch sind für die schwersten Elemente von den Autoren auch die Verhältnisse an den L -Absorptionskanten in dieser Weise vermessen worden. Die ganze Methode hat den Vorteil, daß man ihre Leistungsfähigkeit rechnerisch weitgehend übersehen kann. Als Beschränkung ist nur eine, allerdings nicht unwesentliche, zu nennen. Man kann sehr gut stark absorbierende Atomarten neben größeren Mengen

schwach absorbierender bestimmen, also z. B. Barium in Gläsern, aber man kann nicht schwach absorbierende Atomarten neben großen Mengen stark absorbierender Atomarten bestimmen, weil dann durch die Analysesubstanz an der interessierenden Stelle des Spektrums einfach zu wenig hindurchgeht.

Es scheint mir dem Zwecke meines Referates zu entsprechen, wenn ich nicht weiter auf methodische Einzelheiten eingehe, sondern zusammenfassend etwas über die Leistungsfähigkeit der quantitativen Spektralanalyse bei ihrem heutigen Stande berichte. Die Emissionsspektroskopie ist in der rein empirischen Form, die COSTER und NISHINA beschrieben haben, einer hohen Genauigkeit fähig. So konnte der Zirkongehalt im Hafniumoxyd, wenn er absolut unter 0,1% betrug, noch mit einer Genauigkeit von 1:10 bestimmt werden. Hierbei wäre vielleicht noch als Photometrierungsverfahren mit Vorteil das von EGGERT und NODDACK¹⁾ begründete, von STINTZING²⁾ im Zusammenhang mit der Röntgenanalyse genannte und von Frl. WILCKE³⁾ und mir auf Grund einer bestimmten Prognose ausgebildete Verfahren der Silberkornzählung mit Vorteil zu verwenden, welches es gestattet, gerade auf Röntgenfilmen sehr geringe und nahezu gleiche Schwärzungen mit großer Genauigkeit zu photometrieren. Weiterhin hat die Emissionsmethode schon bei der Analyse besonders komplizierter chemischer Systeme, wie sie z. B. in den Gemischen der seltenen Erden vorliegen, zwar nicht als Präzisionsmethode, aber doch als quantitativ orientierende Methode von durchaus ausreichender Genauigkeit Erfolge gezeitigt, die wohl auf andere Weise nicht zu erreichen gewesen wären. Ich zitiere hier die Arbeit V. M. GOLDSCHMIDTS⁴⁾ über die Häufigkeit der seltenen Erden aus dem Rahmen seiner allgemeinen geochemischen Untersuchungen, Daß man solche Analysen leicht serienweise ausführen kann, ist ein besonderer Vorteil. Bei komplizierten chemischen Systemen ist allerdings die Gefahr des Koinzidierens zweier Linien oft vorhanden, aber bei vorsichtiger Auswertung können doch wertvolle Ergebnisse aus den Aufnahmen gewonnen werden. Bei dieser Art von analytischen Aufgaben, wo die Komplikation des Problems das Charakteristische an ihm ist, läßt sich ein einfaches Maß für den Grad seiner Lösbarkeit, eine Zahl für die Genauigkeit der Bestimmung, nicht angeben. Und was die Absorptionsmethode betrifft, so sollen unmittelbar einige Zahlen von GLOCKER und FROHMAYER angeführt werden: der Bariumgehalt einer Glassorte betrug nach der

¹⁾ J. EGGERT und W. NODDACK, Sitzungsber. d. Berlin. Akad. 39, 631. 1921; Physik. Zeitschr. 22, 673. 1921.

²⁾ H. STINTZING, Zeitschr. f. physikal. Chem. 108, 51. 1923.

³⁾ P. GÜNTHER und G. WILCKE, Zeitschr. f. physikal. Chem. 119, 219. 1926.

⁴⁾ V. M. GOLDSCHMIDT und THOMASSEN, Oslo, Videnskapselskabet Skrifte I, Mathem.-naturw. Kl. 5, 1-58. 1924.

spektralanalytischen Bestimmung 5,45% und nach der chemischen Bestimmung 5,8%. Der Antimon-gehalt eines Silikates wurde röntgenanalytisch zu 3,35% und chemisch-analytisch zu 3,6% gefunden. Diese Zahlen geben schon einen Eindruck von der hohen Leistungsfähigkeit dieser Methode. Und hier ist auch die Empfindlichkeit zahlenmäßig zu belegen; die Tabelle 1 gibt die Mindestmenge des

Tabelle 1.

Mindestmenge in mg/qcm zur Erzeugung eines eben noch deutlich wahrnehmbaren K-Absorptionssprunges.

Mo	0,7	Sb	1,6	W	6,3
Ag	1,1	Ba	2,1	Pb	9,0
Sn	1,5	Cc	2,2	Th	16

betrachteten Elementes in einem Quadratcentimeter der durchstrahlten Schicht an, die noch eben einen deutlichen Absorptionssprung ergibt, und etwas höher fängt dann auch die quantitative Bestimmbarkeit an.

Bei dem Stande, den die Röntgenspektralanalyse heute durch die Arbeit vieler Forscher erreicht hat, ist sie wohl nur eine Spezialmethode, und es hängt vom Einzelfalle ab, ob das Emissionsverfahren oder das Absorptionsverfahren das günstigere ist. In vielen Einzelfällen vermag die Methode aber beträchtliche Genauigkeiten zu erzielen, und es ist eine wichtige Eigentümlichkeit, daß die Spezialfälle ihrer Anwendbarkeit recht verschiedenartig sind.

Vitaminforschung.

Von WILHELM STEPP, Breslau.

Vor 6 Jahren auf der Nauheimer Tagung unserer Gesellschaft durfte ich Ihnen Bericht erstatten über den damaligen Stand der Vitaminlehre. Wenn mir heute die Aufgabe obliegt, Ihnen einen Überblick zu geben über die Forschungsergebnisse der letzten Jahre auf diesem Gebiete, so erfüllt mich dabei die Empfindung eines ungeheuren Fortschritts. Zwar wissen wir auch heute noch nichts über die chemische Konstitution der Vitamine, ihre Beziehungen zum Stoffwechsel sind vielfach noch ganz ungeklärt, aber ihre Bedeutung für das Leben im weitesten Sinne ist immer schärfer hervorgetreten, so daß wir den PFLÜGERSchen Satz: „Ohne Eiweiß kein Leben“ wandeln können in die Worte: „Ohne Vitamine kein Leben!“ So ist es begreiflich, daß die Vitaminlehre zu allen Teilgebieten der Medizin in Beziehung getreten ist und vor allem die klinische Medizin beeinflußt hat.

Um meiner Aufgabe einigermaßen gerecht zu werden, muß ich die wichtigsten Grundtatsachen der Vitaminlehre als bekannt voraussetzen und auf historische Erörterungen wohl ganz verzichten.

Die bedeutsamsten und praktisch wichtigsten Forschungen der letzten 6 Jahre betreffen die *fettlöslichen Vitamine*, und so beginne ich am besten mit ihnen.

Der Ausgangspunkt für die Forschungen zu dieser Frage ist bekanntlich in den Experimenten zu suchen, in denen der Nachweis gelang, daß eine Wachstum und Erhaltung garantierende Ernährung nur möglich ist, wenn auch gewisse Begleitstoffe der Fette regelmäßig zugeführt werden. Man hatte gesehen, daß eine für eine bestimmte Tierart zur Dauerernährung gut geeignete Kost unzureichend wird, sobald man sie erschöpfend mit Alkohol, Äther und ähnlichen Lösungsmitteln extrahiert, und es war andererseits aufgefallen, daß künstliche Nahrungsgemische, in denen das eine Mal Schweinefett, Margarine oder Pflanzenöle, das andere Mal Eigelbfett, Rinderfett, Lebertran verwendet wurden, bei Fütterung an Ratten

ganz verschiedene Ergebnisse lieferten. Während die letztgenannten Fette, also Eigelbfett, Rinderfett, Lebertran, tadelloses Wachstum und Gedeihen der Versuchstiere garantierten, hörte bei den Tieren, die Schweinefett oder Margarine als Nahrungsfett erhielten, ziemlich rasch das Wachstum auf, und sie gingen bald zugrunde.

Ein ganz eindeutiges Bild der auf das Fehlen eines fettlöslichen Vitamins in der Nahrung zurückzuführenden Ausfallserscheinungen war indes erst zu erhalten, als es gelungen war, ein künstliches Nährstoffgemisch in der Weise zusammenzustellen, daß in ihm nur das fettlösliche Vitamin fehlte. Voraussetzung hierfür war eine genaue Kenntnis der lebenswichtigen Aminosäuren und Mineralstoffe und der Nachweis, daß das antineuritische Vitamin oder Vitamin B, von dem wir später eingehend zu sprechen haben werden, als ein von anderen Vitaminen freier Zusatz gegeben werden kann, und zwar in Form der Bierhefe. Man war also nun in die Lage versetzt, aus reinsten Nährstoffen ein Nahrungsgemisch zusammenzustellen, in dem alle lebenswichtigen Stoffe vorhanden waren mit Ausnahme des fettlöslichen Vitamins.

Als spezifische, auf den Mangel dieses Stoffes zurückzuführende Insuffizienzsymptome wurden bei jungen wachsenden Ratten, bei denen die Verhältnisse besonders klar und übersichtlich lagen, zuerst erkannt:

Stillstand des Wachstums und eine schwere, mit Xerosis der Conjunctiva und Cornea beginnende, zu Keratomalacie und schließlich zu Panophthalmie führende Augenerkrankung. Der spezifische Stoff ist daher als *antixerophthalmisches Vitamin* bezeichnet worden; man nennt ihn auch kurzweg *Vitamin A*. In neuerer Zeit hat man bei genauem Studium neben den Augenerkrankungen selbst noch eine Reihe weiterer Veränderungen gefunden. Nach POWERS und PARK kommt es zu einem *Versiegen der Anhangsdrüsen des Auges, der Tränen- und Lid-drüsen*, was vielleicht die Entstehung der Xerophthalmie erklären könnte. Auch andere

Drüsen, wie die *Speicheldrüsen*, sollen ihre Funktion einstellen.

In Gemeinschaft mit WOENCKHAUS habe ich mich vor mehreren Jahren schon davon überzeugt, daß bei Mangel an A-Vitamin in der Nahrung die Blutbildung notleidet, ein Befund, der, wie wir später sahen, bereits von den Engländern FINDLAY und MACKENZIE erhoben worden war. Nach CRAMER, DREW und MOTTRAM soll das *Schwinden der Blutplättchen aus dem Blute ein für A-Mangel absolut charakteristisches Symptom sein*, das sehr frühzeitig auftritt; aber ich möchte doch darauf hinweisen, daß diese letztere Angabe nicht unwidersprochen geblieben ist. Von FRIDERICIA und HAHN wurde vor kurzem gefunden, daß bei A-Mangel *Nachtblindheit* auftritt, und es ließ sich weiter zeigen, daß diese Erscheinung offenbar mit einer mangelhaften Regenerierung des Sehpurpurs zusammenhängt.

In bezug auf die Rolle, die dem A-Vitamin im Stoffwechsel zufällt, sind unsere Kenntnisse vorläufig noch sehr dürftig. Es ist sicher, daß es vom Tierkörper nicht selbst gebildet werden kann, sondern von außerhalb zugeführt werden muß. Wir kommen darauf noch zurück. *Gespeichert* wird es vorwiegend in der Leber; ihr Gehalt an A-Vitamin beträgt etwa das 40fache von dem der Muskulatur. Daneben begegnen wir ihm besonders in gewissen Fettdepots des Körpers, den von W. CRAMER als *Fettdrüsen* bezeichneten Anhäufungen des Körperfettes, also das subpleurale, das Nacken- und Interscapularfett, das Fett der Achselhöhlen und das Nierenfett.

Diese Stellen bilden die Reservespeicher, aus denen der Körper in Zeiten ungenügender Zufuhr die lebenswichtigen Stoffe bezieht. So ist es verständlich, daß bei Entziehung des A-Vitamins aus der Nahrung der Zusammenbruch der Ernährung vielfach erst nach längerer Zeit sich einstellt, offenbar dann, wenn die Depots im wesentlichen geleert sind.

Merkwürdig ist nun die folgende von McCOLLUM und SIMMONDS gemachte Beobachtung, daß die Zeit bis zur Entwicklung der Xerophthalmie bei Entziehung des A-Vitamins verschieden ist je nach dem Eiweißgehalt der Nahrung. Ist die vitaminarme Nahrung auch zugleich eiweißarm, so kommt es verhältnismäßig rasch zur Entwicklung der Augenerscheinungen, während ein reichlicher Eiweißgehalt der Nahrung die spezifischen Symptome erst später hervortreten läßt. Bezüglich der therapeutischen Beeinflussbarkeit der beiden Xerophthalmieformen besteht nun aber ein erheblicher Unterschied. Die bei eiweißreicher Nahrung entstandene Augenerkrankung ist, wenn sie einmal voll entwickelt ist, therapeutisch nur schwer, jedenfalls viel schlechter zu beeinflussen als die bei geringer Eiweißzufuhr entstandene. Eine Erklärung für diese Beobachtungen vermögen wir zur Zeit nicht zu geben, ja sie läßt sich auch mit einer weiteren anderen Beobachtung kaum vereinigen, nämlich der Beobachtung von

R. WAGNER, daß das Auftreten der Keratomalacie bei der Ratte sich beschleunigen läßt durch Zufuhr von Schilddrüsensubstanz. Die dadurch gesetzte Steigerung des gesamten Stoffwechsels führt offenbar zu einem beschleunigten Verbrauch des im Körper vorhandenen Vitaminvorrats.

Beim Menschen liegen die Verhältnisse im großen und ganzen ebenso wie im Tierexperiment. Auch hier wird Mangel an A-Vitamin in der Nahrung beantwortet mit schlechter Entwicklung, ungenügender Zunahme und mit dem Auftreten von Augenerscheinungen. Und ebenso wie beim Tiere ist beim Menschen der *jugendliche, stark wachsende Organismus besonders empfindlich* gegen den spezifischen Mangel.

Mit überzeugender Klarheit zeigen uns das die statistischen Aufstellungen des dänischen Augenarztes BLEGVAD über den vom Jahre 1909 an steigenden Butterexport in Dänemark und die damit Hand in Hand gehende Zunahme der Xerophthalmie. Noch deutlicher ist vielleicht das Verhalten der Kurven für die Kindersterblichkeit und die Sterblichkeit an Tuberkulose, wenn man sie mit der Kurve vergleicht, die den sinkenden Butterverbrauch für den Kopf der Bevölkerung anzeigt. Wir verdanken diese Kurven dem norwegischen Pharmakologen POULSSON: Je mehr der Butterverbrauch sinkt, um so höher steigen die Kurven für die Tuberkulosesterblichkeit und die Kindersterblichkeit an.

Nun sind in den letzten Jahren wiederholt, so besonders von Wiener Forschern, Mitteilungen gemacht worden über das Auftreten von Xerophthalmie trotz reichlichen Vitaminangebots in der Nahrung. Man hat anfangs diese Beobachtungen nicht zu deuten vermocht, indessen sind von McCOLLUM, SIMMONDS und BECKER auch im Tierversuch ähnliche Erscheinungen festgestellt worden, und zwar in Fällen, wo der Salzgehalt der Nahrung abnorm hoch war. Eine sichere Entscheidung über die Faktoren, die hier maßgebend sind, konnte bisher nicht gefällt werden.

Über die *Heilung* der gewöhnlichen Form der Xerophthalmie ist nicht viel zu berichten. Im Tierversuch gelingt es ohne Schwierigkeiten durch tägliches einmaliges Beschmieren der Schnauze der Versuchstiere mit Butter die Erscheinungen in wenigen Tagen zum Verschwinden zu bringen. Wie ich in Untersuchungen, die im Institut von McCOLLUM in Baltimore ausgeführt wurden, zeigen konnte, gelingt es, die Xerophthalmie auch durch parenterale Vitaminzufuhr zur Heilung zu bringen. Am Menschen hat das schon vor mir der dänische Augenarzt BLEGVAD in einer Einzelbeobachtung zeigen können. Bei einem Kranken mit Lebercarcinom, der im Verlaufe der fortschreitenden Kachexie schwere Keratomalacie bekommen hatte, konnte er durch subcutane Einspritzung eines A-Vitaminpräparates, das von dem Pharmakologen POULSSON hergestellt worden war, die Augenerscheinungen zur Heilung bringen.

Die *Ursprungsstätte des A-Vitamins* in der

Natur ist die *grüne Pflanze*. Wir begegnen ihm also in allen grünen Gemüsen, vor allem im Spinat und in den anderen grünen Gemüsen, in den grünen Salaten usw. Wo wir das A-Vitamin in tierischen Organen, insbesondere in den tierischen Fetten antreffen, entstammt es der Nahrung des Tieres. Je mehr Vitamin diese enthält, um so größer ist der Reichtum der tierischen Organe und des tierischen Fettes; auch der Gehalt der Milch hängt sehr stark von der Zufuhr in der Nahrung ab. Man hat feststellen können, daß die *Sommermilch viel reicher an A-Vitamin ist als die Wintermilch*. Wenn während des Sommers die Kühe auf der Weide sich ihr Futter selbst suchen, so nehmen sie viel mehr von dem spezifischen Stoff auf, als wenn sie während des Winters mit Heu gefüttert werden. Der Gehalt der als Träger des A-Vitamins so bedeutungsvollen Produkte, wie Milch, Sahne und Butter ist also durchaus keine *konstante Größe*.

Unter allen Erzeugnissen des Tier- und Pflanzenreiches hat der *Lebertran* den weitaus größten Gehalt an A-Vitamin; er enthält etwa *300 mal soviel Vitamin wie Butterfett*. Die Herkunft des Vitaminreichtums in der Leber der Fische ist inzwischen auch völlig aufgeklärt worden. Sowohl in dem vegetabilischen, wie dem animalischen Plankton findet man sehr viel A-Vitamin. Ja, man hat sogar eine Kieselalge, *Nitzschia closterium*, in Reinkultur züchten und die Vitaminbildung in ihr nachweisen können.

Gestatten Sie mir im Anschluß an die Erwähnung des Lebertrans noch einige *praktische Bemerkungen*. Die Methode, nach der der Lebertran fabrikmäßig hergestellt wird, ist von großer Bedeutung für seinen Vitamingehalt. A. D. HOLMES untersuchte vor kurzem *10 verschiedene Handelsproben* biologisch auf ihren Vitamingehalt und fand Schwankungen der Heildosis (für die Xerophthalmieratte) *zwischen 0,72 und 7,9 mg pro Tag*. Das sind außerordentlich große Schwankungen, die es verstehen lassen, warum immer wieder an der Heilwirkung des Lebertrans gezweifelt wird. Der Heilwert eines guten Tranes sinkt übrigens bei längerer Aufbewahrung. Auch dieser Punkt ist also zu berücksichtigen.

Die Frage nach der chemischen Natur des A-Vitamins ist in den letzten Jahren ein wesentliches Stück gefördert worden. Ich muß es mir versagen, auf die zahlreichen Arbeiten, die auf diesem Gebiete unternommen worden sind, einzugehen, und erwähne nur die Forschungen des leider allzufrüh verstorbenen Japaners TAKAHASHI. Es gelang ihm, aus Lebertran ein Präparat darzustellen, das in einer Menge von *0,1 mg pro 100 g Nahrung ausreicht, um normales Wachstum von Ratten zu gewährleisten*. Das ist eine ungeheuer kleine Menge. 1 mg pro kg Nahrung genügt zur Aufrechterhaltung des Lebens. TAKAHASHI hat verschiedene Verbindungen seiner Substanz, die er *Biosterin* nennt, dargestellt, ein Benzoat, ein Acetat usw. Er schreibt ihm die Formel $C_{22}H_{44}O_2$ zu und nimmt in ihm 2 Alkoholgruppen an, von

der die eine tertiär, die andere primär oder sekundär sein soll.

Es wird später noch davon zu reden sein, daß das Biosterin möglicherweise in gewissen Beziehungen zum Cholesterin steht.

Soviel über das A-Vitamin, von dem aus dem Komplex des fettlöslichen Vitamins noch ein selbständiges *antirachitisches* Vitamin abgetrennt werden konnte. Zwei Beobachtungen waren es vor allem, die dazu führten, daß man auf die Existenz eines selbständigen, für die Knochenbildung unentbehrlichen Vitamins aufmerksam wurde. Es fiel auf, daß *man mit Butter ebenso gut wie mit Lebertran die Xerophthalmie bei Ratten beseitigen konnte, nicht dagegen die experimentelle Rachitis*. Hier wirkte Lebertran selbst in kleinsten Dosen, die Butter aber auch in abundanten Mengen nicht befriedigend. Ich mußte hier schon — um das gleich zu sagen — der experimentellen Rachitis Erwähnung tun, auf die ich noch ausführlich zurückkommen werde.

Eine zweite wichtige Beobachtung, die eine Unterscheidung zwischen zwei fettlöslichen Vitaminen forderte, ergab sich bei der Verseifung von Lebertran. *Lebertran verliert bei der Verseifung auf gewöhnlichem Wege zwar seine antixerophthalmische, aber nicht seine antirachitische Wirkung*. Mit anderen Worten, die antixerophthalmische Substanz ist sehr labil, die antirachitische verhältnismäßig stabil.

Nun lassen Sie mich zurückkehren zur experimentellen Rachitis! Bekanntlich hatte *Edward Mellanby* zuerst die wichtige Beobachtung gemacht, daß junge Hunde bei der Aufzucht sehr leicht an einer der menschlichen Rachitis ähnlichen Knochenveränderung erkranken, wenn sie unter bestimmten Bedingungen aufgezogen werden. Diese Knochenveränderungen bleiben aus, wenn man das Nahrungsfett, als welches gewöhnliche Margarine Verwendung fand, durch Lebertran ersetzte. Unabhängig und um die gleiche Zeit wie MELLANBY hatte McCOLLUM mit seinen Mitarbeitern SIMMONDS, SHIPLEY und PARK bei Ratten, die mit den verschiedensten Nährstoffgemischen gefüttert wurden, wiederholt Knochenveränderungen beobachtet. Es gelang ihm nun, in längeren mühevollen Versuchen zu zeigen, daß für die normale Knochenbildung eine ganze Reihe von Faktoren von Bedeutung sind. Vor allem ist die Relation Calcium: Phosphorsäure von Wichtigkeit; ideal eingestellt finden wir sie in der Milch. Wird das Verhältnis Calcium:Phosphorsäure grob in der einen oder anderen Richtung geändert, so kommt es sehr leicht zu Störungen in der Knochenbildung. Ein der menschlichen Rachitis in allen Einzelheiten gleichendes Bild läßt sich bei der Ratte hervorrufen dadurch, daß man den Phosphatgehalt der Nahrung stark erniedrigt, den Calciumgehalt dagegen hoch gestaltet. Wir unterscheiden also eine phosphatarme und eine calciumarme Rachitis. Ist die Relation Calcium:Phosphorsäure ideal, so

genügt zur normalen Knochenentwicklung eine kleine Spur des spezifischen Stoffes, der im *Lebertran* enthalten ist, dem wir aber auch sonst in der Natur begegnen, vor allem im *Eigelb*, aber auch in gewissen *grünen Pflanzen*¹⁾. Das antirachitische Vitamin hat nun in hohem Maße die Eigenschaft, bei Phosphorarmut der Nahrung die geringen Phosphatmengen verwertbar zu machen. Man hat sich davon überzeugt, daß *bei der phosphatarmer Rachitis der Ratte ebenso wie bei der menschlichen Rachitis der Phosphorsäurespiegel des Blutes absinkt*, und zwar zu einer Zeit, zu der die klinischen Erscheinungen noch gar nicht ausgeprägt sind. Unmittelbar nach Zufuhr von Lebertran beginnt der Phosphatspiegel im Blute der Rachitistiere auf normale Werte anzusteigen (auch hier wieder in völligem Parallelismus zur menschlichen Rachitis). Man möchte also annehmen, daß Zufuhr von antirachitischem Vitamin die Aufnahme selbst der kleinsten Phosphatmengen in die Nahrung ermöglicht und damit die Apposition des Kalkes in den Knochen. Unabhängig von McCOLLUM und seinen Mitarbeitern waren SHERMAN und PAPPENHEIMER zu ähnlichen Ergebnissen gelangt.

Ganz ähnlich wie Lebertranzufuhr wirkt nun Bestrahlung mit ultravioletem Licht. Nachdem HULDSCHINSKY im Jahre 1918 die Heilbarkeit der menschlichen Rachitis mit ultravioletten Strahlen zuerst gezeigt hatte, hat man sehr bald auch Versuche bei der experimentellen Rattenrachitis ausgeführt. Insbesondere waren es amerikanische Forscher (McCOLLUM und seine Mitarbeiter, ferner HESS, UNGER und PAPPENHEIMER), die großes Beweismaterial beibrachten und nachwiesen, daß aus dem ultravioletten Spektrum nur ein ganz enger Ausschnitt (von einer Wellenlänge von 290—300 μ) wirksam ist.

Die Wirkung der Ultraviolettbestrahlung hat nun in den letzten Jahren eine ebenso überraschende wie einfache Erklärung gefunden, die wir den Amerikanern HESS und STEENBOCK und deren Mitarbeitern verdanken. Diese Forscher konnten unabhängig voneinander den Nachweis erbringen, daß *in tierischen und pflanzlichen Geweben unter dem Einfluß des ultravioletten Lichtes antirachitisches Vitamin entsteht, und zwar aus Cholesterin* oder dem Cholesterin nahestehenden pflanzlichen Sterinen. So kann Olivenöl oder Baumwollsaatöl durch halbstündige Bestrahlung mit der Quecksilberquarzlampe die antirachitische Eigenschaft des Lebertrans verliehen werden; die Öle nehmen dabei einen merkwürdigen, an Fischtran erinnernden Geruch an. GYÖRGY in Heidelberg konnte dann weiter die wichtige Beobachtung machen, daß auch Milch durch Bestrahlung mit ultraviolettem Licht sehr stark antirachitisch wirksam wird; aber nicht nur frische Milch, sondern auch Trockenmilch läßt sich auf diese Weise antirachitisch aktivieren. Daß diese Feststellung, die inzwischen auch von HESS in New York bestätigt wurde, große praktische Bedeutung hat, liegt auf

der Hand. Übrigens können ganz allgemein tierischen und pflanzlichen Geweben durch Bestrahlung mit ultraviolettem Licht antirachitische Eigenschaften induziert werden, und da unsere Nahrung hauptsächlich aus solchen Erzeugnissen besteht, kann man in der Tat durch Bestrahlung der Nahrung antirachitisches Vitamin in ihr in großen Mengen erzeugen. Daß es wirklich das Cholesterin ist, aus dem unter dem Einfluß ultravioletten Lichtes das antirachitische Vitamin entsteht, konnte HESS durch Bestrahlung einer Aufschwemmung von Cholesterin zeigen. Während das Cholesterin rachitisch gänzlich unwirksam ist, verhält sich bestrahltes Cholesterin wie Lebertran.

Sehr bemerkenswert und vielleicht auch später therapeutisch verwertbar sind die Beobachtungen von HART, STEENBOCK und ihren Mitarbeitern, daß die *Legefähigkeit der Hühner sich durch Bestrahlung mit ultraviolettem Licht sehr erheblich steigern läßt*; und es ist ihnen weiter der Nachweis gelungen, daß der *Gehalt der Eier an antirachitischem Vitamin durch Ultraviolettbestrahlung der Legehühner sich auf das 10 fache der Norm steigern läßt*.

Eine klare Vorstellung über die Umwandlungen, die durch Cholesterin bei seinem Übergang in antirachitisches Vitamin erfährt, haben wir vorläufig nicht. Aber es ist zu hoffen, daß dieses Rätsel in Bälde gelöst werden wird. Soviel scheint sicherzustellen, daß eine Oxydation nicht in Frage kommt, WINDAUS denkt an die Möglichkeit einer inneren Umlagerung etwa in der Weise, daß aus der „Trans“-verbindung eine „Cis“-verbindung wird.

Die Dosis von bestrahltem Cholesterin, die gegen Rachitis schützt, beträgt nach Hess und seinen Mitarbeitern etwa 1 mg. Während aktiviertes Cholesterin nur etwa 28 Tage wirksam bleibt, hält die Aktivierung des Leinöls mindestens 1 Jahr an.

Vorläufig noch nicht in Einklang zu bringen mit den hier genannten Forschungen sind Beobachtungen, die ich mit E. WOENCKHAUS vor einigen Jahren angestellt habe. Wir untersuchten die Wirkung eines Zusatzes von Vertretern der verschiedenen Lipoidgruppen zu einer rachitis-erzeugenden Kost, und zwar Lecithin, Cephalin, Cerebron und Cholesterin. Von den Vertretern dieser verschiedenen Gruppen erwies sich merkwürdigerweise nur die Cerebrongruppe als wirksam. Wir haben, da wir in unseren Versuchen kein vollkommen reines Präparat zur Verfügung hatten, an das Cerebron selbst oder eine andere Substanz der Cerebronfraktion gedacht. Neueste, noch nicht veröffentlichte Untersuchungen mit hochreinem Cerebron haben nun allerdings ergeben, daß das Cerebron selbst unwirksam ist. Man muß also an ein anderes Cerebroxid denken. Alle diese Fragen sind noch im Fluß.

Ich habe mich verhältnismäßig ausführlich mit den fettlöslichen Vitaminen befaßt, da die auf diesem Gebiete in den letzten Jahren erzielte Ausbeute besonders reich ist. Erwähnt sei nur noch kurz die Vorstellung TAKAHASHIS, daß das

¹⁾ Die dem Sonnenlicht ausgesetzt waren.

Biosterin (d. h. das A-Vitamin) im Stoffwechsel in Cholesterin übergeht. Danach würde also das Cholesterin in der Mitte zwischen dem anti-xerophthalmischen und dem antirachitischen Vitamin stehen.

Bezüglich der beiden wasserlöslichen Vitamine kann ich mich wesentlich kürzer fassen.

Zunächst das B-Vitamin oder antineuritische Vitamin!

In der Bezeichnung „antineuritisches Vitamin“ ist die enge Beziehung dieses Stoffes zur Funktion des Zentralnervensystems genügend gekennzeichnet. Ist die Zufuhr des B-Vitamins mit der Nahrung ungenügend oder fehlt sie ganz, so kommt es zur Entwicklung schwerer nervöser Erscheinungen, wie wir ihnen bei der menschlichen Beriberi und bei der von EIJKMAN zuerst beschriebenen „*Polyneuritis gallinarum*“ begegnen. Indessen sind diese Symptome nach neuen Forschungen durchaus nicht die einzigen, ja nach der Ansicht mancher Autoren nicht einmal die wichtigsten. Nach McCARRISON führt Entziehung des B-Vitamins zu einer *Atrophie sämtlicher drüsigen Organe*, im Blute kommt es zu einer *Lymphopenie*, die geradezu als charakteristisch bezeichnet wird. Der allmählich sich entwickelnden Drüsenatrophie scheint eine schwere Funktionsstörung voranzugehen; so hat man bei Hühnern und Tauben eine *Herabsetzung der Kropfssekretion*, bei Hunden eine solche der *Magensaftabscheidung* eintreten sehen (BICKEL). Im Bereich des *Stoffwechsels* sehen wir ein Zurückgehen des Sauerstoffverbrauches und der Kohlensäurebildung, und dementsprechend findet man, wie ABDERHALDEN, HESS u. a. zeigen konnten, beim Arbeiten mit isolierten Geweben eine *herabgesetzte Gewebsatmung*. Man muß aus all diesen Beobachtungen schließen, daß es bei ungenügender Zufuhr des B-Vitamins zu einer schweren Läsion der Oxydationsprozesse in den Zellen kommt. Zu dieser Vorstellung paßt sehr gut die Beobachtung von ABDERHALDEN, daß die *Cysteinreaktion in avitaminotischen Geweben auffallend schwach* ist, ein Befund, der wohl so zu deuten ist, daß diejenige Gruppe, die nach HEFFTER und HOPKINS die Rolle eines Cofermentes spielt, stark vermindert ist.

Von besonderem Interesse sind dann weiter die Beziehungen des B-Vitamins zum Kohlenhydratstoffwechsel. Es gelang im BICKELschen Institut zu zeigen, daß bei Mangel an B-Vitamin reichliche Zufuhr von Kohlenhydraten starke Hyperglykämie hervorruft, eine Art von prädiabetischem Zustand; die Leber solcher Tiere ist nach ABDERHALDEN dauernd frei von Glykogen. Zwei französische Autoren, L. RANDOIN und H. SIMMONET, haben nun neuerdings angegeben, daß *Tauben die Entziehung des B-Vitamins monatelang hindurch tadellos vertragen, wenn man gleichzeitig die Kohlenhydrate aus der Nahrung ausschaltet*. Man wird weitere Untersuchungen zu dieser Frage noch abzuwarten haben.

Nach BICKEL ist der Mangel an B-Vitamin in

der Nahrung charakterisiert durch eine *desoxydative Carbonurie*, d. h. einen Zustand, bei dem die Menge des desoxydablen Kohlenstoffs im Harn stark ansteigt. Diese Vorstellung BICKELS harrt indessen noch der kritischen Nachprüfung.

Über die Verbreitung des B-Vitamins in der Natur brauche ich wohl nichts zu sagen. Es ist so allgemein verbreitet, daß bei Ernährung mit gemischter Kost wir in Mitteleuropa wohl nicht so leicht in die Gefahr des spezifischen Mangels kommen. Hervorheben möchte ich jedoch, daß wir alle Organe des Tier- und Pflanzenkörpers als besonders reich an B-Vitamin betrachten dürfen, denen besondere Aufgaben im gesamten Stoffwechsel zufallen und die etwa als sezernierende Drüsen bestimmte Leistungen zu vollbringen haben.

In der Frage der *chemischen Natur* des B-Vitamins sind keinerlei Fortschritte in den letzten Jahren erzielt worden. Es ist ausgesprochen empfindlich gegen stärkere alkalische Reaktion und gegen hohe Temperaturen. Durch Einwirkung dieser Art kann also der Vitamingehalt eines Nahrungsmittels schwer beeinträchtigt werden.

Wenden wir uns nun zum *antiskorbutischen Vitamin oder Vitamin C*. Es nimmt unter den Vitaminen schon dadurch eine besondere Stellung ein, daß es von der Tierwelt bei weitem nicht so allgemein benötigt wird wie die genannten Vitamine. Weitaus am empfindlichsten gegen den Mangel an C-Vitamin ist das *Meerschweinchen*; erst in einem gewissen Abstände folgt der Mensch. Dagegen scheint für den Organismus der Ratte, dieses so viel verwandten Laboratoriumstieres, das C-Vitamin nicht unentbehrlich zu sein.

Das Bild des *experimentellen Skorbut*s, wie man es beim Meerschweinchen durch besondere Fütterung jetzt sehr einfach und sicher erzeugen kann, gleicht in allen Einzelheiten dem Skorbut des Menschen. Während in den Versuchen von HOLST und FRÖLICH, in denen die Meerschweinchen bei einer Körnerkost gehalten wurden, die Tiere häufig zugrunde gingen, noch bevor die Skorbuterscheinungen zu voller Entwicklung gekommen waren, kann man jetzt durch Zusatz von kondensierter Milch, Bierhefe usw. die Tiere wochenlang am Leben erhalten und die skorbutischen Zeichen in voller Reinheit zur Entwicklung bringen. Diese Fortschritte in der Technik sind deswegen von besonderer Bedeutung, weil zur Untersuchung von Nahrungsmitteln auf antiskorbutisches Vitamin uns nur der biologische Nachweis mittels des Tierexperimentes zur Verfügung steht.

Was die Verbreitung des antiskorbutischen Vitamins in der Natur anlangt, so kann man ganz allgemein sagen: Wir begegnen ihm in allen frischen Pflanzen und tierischen Geweben, also in allen Organen des Tier- und Pflanzenkörpers, die an den Lebensprozessen lebhaften Anteil haben. Wir finden es demnach in den grünen Teilen der Pflanzen, aber auch — wennschon in geringerer Menge — in den Knollen- und Wurzelteilen, in den meisten

Früchten, dann im Muskelfleisch der Tiere, in Leber, Niere, Gehirn, in der Milch usw. Der Gehalt der Milch ist nun allerdings nicht sehr hoch, jedenfalls geringer als der der Muttermilch. Dagegen vermissen wir es in den ruhenden Samen der Pflanzen und in den Hühnereiern. *Bei der Keimung der Pflanzensamen wird es in großen Mengen gebildet*, so daß wir nicht fehlgehen, wenn wir annehmen, daß dem C-Vitamin eine *bedeutungsvolle Aufgabe beim Aufbau des Pflanzenorganismus* zufällt. Den reichsten Gehalt an C-Vitamin unter allen Erzeugnissen der Natur haben die *Apfelsine und die Citrone*. In den letzten Jahren hat die Anwendung von Apfelsinensaft in der Säuglingsernährung immer mehr Verbreitung gefunden. Besonders bei künstlich ernährten Säuglingen ist die Sonderzufuhr von C-Vitamin in dieser Form sehr wichtig. Denn der an und für sich geringe Gehalt der Kuhmilch wird bekanntlich durch das Kochen der Milch noch weiter vermindert. Die Gefahr des Skorbut, der bei *Kindern in Form der Barlowschen Erkrankung* sich geltend macht, wird durch Beifütterung von Apfelsinensaft gebannt. Auch auf parenteralem Wege beigebracht ist das C-Vitamin wirksam. So hat ALFRED F. HESS, New York, Kinder mit Barlowscher Krankheit durch intravenöse Einspritzung von Apfelsinensaft, der durch Soda neutralisiert war, geheilt. Erwähnen möchte ich hier noch, daß der Gehalt der Milch an C-Vitamin abhängt von der Menge des spezifischen Stoffes in der Nahrung des Milchspenders.

Die *Chemie* des antiskorbutischen Vitamins ist in den letzten Jahren keinen wesentlichen Schritt weiter gekommen. Wir wissen, daß es *sehr empfindlich ist gegen alkalische Reaktion und gegen Erhitzen auf hohe Temperaturgrade*. Die Benutzung der Kochkiste ist von diesem Gesichtspunkt aus auf das dringendste zu widerraten, da überdies auch niedrige Temperaturen bei längerer Einwirkung verhängnisvoll werden.

Der Gehalt eines Nahrungsmittels an C-Vitamin erfährt weiter eine Verminderung durch *längeres Lagern*. So ist es schon lange bekannt, daß frisch aus dem Boden entnommene Karotten wesentlich vitaminreicher sind als solche, die lange Zeit gelagert haben, und ebenso ist es mit jungen Kartoffeln im Vergleich zu vorjährigen. Pasteurisierte Milch mit fast unvermindertem Vitamingehalt verliert bei längerem Aufbewahren erheblich von ihrem Gehalt, man sagt, sie *altert*. Wichtig ist, daß Trockenmilch bei Anwendung eines schonenden Verfahrens einen hohen Vitamingehalt haben kann; ja HESS hat Fälle von Barlowscher Krankheit mit solcher Trockenmilch geheilt.

Soviel über die allgemein anerkannten und in ihrer Bedeutung genau studierten Vitamine.

Ich möchte nun in aller Kürze darüber sprechen, inwieweit berichtet ist, die *Existenz noch weiterer Vitamine anzunehmen*.

Zunächst zu der Frage eines *besonderen ansatzfördernden Vitamins*, dessen Existenz insbe-

sondere von FUNK und DUBIN verfochten wurde. Es soll ähnliche Eigenschaften wie das B-Vitamin aufweisen und mit ihm meist zusammengehen. Wirklich zwingende Beweise für die selbständige Existenz eines solchen Stoffes scheinen mir nicht gegeben zu sein; ich möchte diese Frage also als noch nicht spruchreif hier nicht diskutieren.

Ähnlich scheinen mir die Dinge zu liegen mit der Annahme eines besonderen Vitamins, dessen Fehlen zur *Starbildung* Veranlassung geben soll. v. SZILY und ECKSTEIN ist es gelungen, bei ganz jungen Ratten mit einem besonders zusammengesetzten Nahrungsgemisch künstlich Starbildung zu erzeugen; ob aber die Ursache im Fehlen eines Vitamins oder aber in einem andersartigen Nahrungsdefekt liegt, läßt sich meiner Meinung nach zur Zeit nicht mit Sicherheit entscheiden. Bei einer Nachprüfung der v. SZILY-ECKSTEINschen Versuche hat L. SCHREIBER in Heidelberg bei einigen seiner Tiere ebenfalls Star erzeugen können, die Frage, ob ein Vitaminmangel das Entscheidende ist, hält er indessen noch nicht für beantwortbar.

Sehr viel weiter gekommen ist die Forschung dagegen in diesem und im vergangenen Jahr in der Frage nach der Existenz eines für die ungestörte Funktion der Zeugungsorgane unentbehrlichen Vitamins. BISHOP und EVANS haben für diesen Stoff die Bezeichnung *fettlösliches Fortpflanzungsvitamin E¹⁾* geprägt. Die fragliche Substanz läßt sich nämlich durch Äther und ähnliche Lösungsmittel aus *Getreidesamen* (und zwar besonders aus dem *Embryo*) und *grünen Pflanzen* extrahieren, während sie merkwürdigerweise im Lebertran, der durch seinen Reichtum an antixerophthalmischem und antirachitischem Vitamin ausgezeichnet ist, vermischt wird. Man kam zu der Annahme eines solchen Vitamins durch die Beobachtung, daß Ratten, die mit einer synthetischen Nahrung und den entsprechenden Zusätzen an den bekannten Vitaminen aufgezogen werden, selbst vorzüglich gedeihen, sich aber nicht vermehren; insbesondere wurde auch bei vorwiegender Milchnahrung die vollkommen ungenügende Fortpflanzung immer wieder festgestellt. Durch Zulage von frischen Salatblättern, trockenem Alfalfagrass, Weizenembryonen, Butter und Eigelb in größeren Mengen gelang es, die Tiere zur normalen Vermehrung zu bringen.

Die bei Mangel an E-Vitamin in der Nahrung sich einstellenden Erscheinungen sind bei Männchen und Weibchen verschieden. Beim *Männchen* kommt es zu einem *Untergang der Keimdrüsen*, beim *Weibchen* dagegen zu einer *vorzeitigen Unterbrechung der Schwangerschaft*. Diese Art der Sterilität ist also grundsätzlich verschieden von der durch Aufhebung der Libido, der Ovulation usw. bedingten. Vor kurzem haben EVANS und BURR einige Angaben über die Eigenschaft des E-Vitamins gemacht. Es ist, wie schon erwähnt, löslich in Lipoidlösungsmitteln, dagegen unlöslich

¹⁾ Man spricht auch von *Antisterilitätsvitamin*.

in Wasser; es ist ausgesprochen widerstandsfähig gegen Licht, gegen den Luftsauerstoff und gegen die Einflüsse saurer und alkalischer Reaktion. Es verträgt sogar Vakuumdestillation bei einer Temperatur von 233°. In der bisher erhaltenen reinsten Form ist es ein schwerflüssiges gelbes Öl, das frei von Phosphor und Schwefel ist. 5 mg zu Beginn der Gravidität garantieren normalen Verlauf der Gravidität und die Geburt gesunder Jungen.

Sie sehen, daß trotz der Kürze der Zeit, in der man sich mit dem Einfluß der Ernährung auf die Fortpflanzung beschäftigt hat, schon mancherlei nicht nur interessante, sondern auch praktisch wichtige Ausblicke sich ergeben haben. Bezeichnend ist, daß der fragliche neue Stoff sich reichlich in grünen Pflanzen findet. Wir werden auch hier wieder auf die große Bedeutung dieser Naturerzeugnisse für die Ernährung hingewiesen, und so ist es vielleicht zweckmäßig, wenn wir uns noch einmal für einen Augenblick Rechenschaft ablegen über ihre ganz besondere Stellung unter den Nahrungsmitteln.

In den grünen Blättern finden wir fast alle Vitamine gleichmäßig enthalten: das antixerophthalmische Vitamin A, das antineuritische Vitamin B, das antiskorbutische Vitamin C, in manchen grünen Blättern auch das antirachitische Vitamin D, besonders in denjenigen, die den ultravioletten Strahlen des Sonnenlichtes stark ausgesetzt waren, und schließlich das Fortpflanzungsvitamin E. Wir können also sagen, daß eine Nahrung, in der reichlich frische grüne Pflanzen vertreten sind, eine ausreichende Vitaminzufuhr garantiert. Aber damit ist die Bedeutung der grünen Nahrung nicht erschöpft. Die grünen Blätter als Organe höchster Aktivität enthalten biologisch hochwertige Eiweißkörper und reichlich Kalk. Neben der Milch gehören die grünen Pflanzen zu den kalkreichsten Nahrungsmitteln. Daß die Gesamtheit aller in ihnen enthaltenen wertvollen Stoffe dem Organismus unvermindert dann zugute kommt, wenn sie in frischem Zustande, d. h. weder durch Kochen noch durch längeres Lagern verändert, zur Aufnahme kommen, kam, wie ich glaube, in meinen Darlegungen über die einzelnen Vitamine genügend zum Ausdruck.

Und so besteht heute, glaube ich, wohl kaum ein Zweifel darüber, daß wir auf Grund einwandfreier Experimente sagen müssen: Von den pflanzlichen Erzeugnissen sollte stets ein gewisser Teil in roher Form verzehrt werden, also in Form von Salaten, rohem Obst und dergleichen. Ganz in diesem Sinne sprechen ja auch die sorgfältigen Studien von FRIEDBERGER aus allerneuester Zeit.

Erlauben Sie mir zum Schluß noch einen Gedanken auszusprechen, der sich demjenigen, der sich mit dem Vitaminproblem befaßt, immer wieder aufdrängt. Es ist die Frage nach dem Optimum an Vitaminzufuhr! Wir haben allen Grund anzunehmen, daß dieses Optimum von dem Minimum, das eben eine Erkrankung ver-

hindert, weit entfernt liegt. Jeder, der selbst Vitaminversuche in größerem Maßstabe durchgeführt hat, weiß das. Man erlebt es häufig genug, daß bei einem geringen Gehalt der Nahrung an Vitaminen zwar nicht die charakteristischen Krankheitserscheinungen aufzutreten brauchen, daß aber andererseits die Versuchstiere nicht befriedigend gedeihen. In allen ihren Lebensäußerungen stehen sie hinter Tieren des gleichen Stammes oder Wurfes zurück, die reichlich vitaminhaltige Nahrung bekommen. Sie sind besonders anfällig gegen alle möglichen Infektionen. Pneumonien bei Mangel an A-Vitamin sind beispielsweise etwas durchaus Geläufiges.

Von grundlegender Bedeutung wäre es, etwas darüber zu wissen, wie die Dinge beim Menschen liegen. Ich glaube, man behauptet nicht zuviel, wenn man sagt, daß die Vitaminzufuhr bei den einzelnen Menschen sehr verschieden ist. Der eine genießt während des ganzen Jahres verhältnismäßig große Mengen von Rohkost, täglich Salat, Obst, während des Sommers Radieschen, Rettiche, trinkt ungekochte Milch, und bei der Zubereitung der Speisen wird so sorgsam verfahren, daß die Verluste an Vitaminen im Gemüse usw. nicht so sehr erheblich sind. Wieder ein Anderer ißt nur wenig Obst, und das meist in Form von Konserven oder in stark gekochtem Zustande, das Gemüse, das er verzehrt, hat vielleicht viele Stunden auf dem Feuer gestanden, ebenso das Fleisch. Er trinkt keine Milch und bevorzugt nur feinstes Weizenbrot. In diesen beiden Fällen ist die Menge der täglich aufgenommenen Vitamine sicher außerordentlich verschieden, bei dem ersteren werden sie sehr reichlich zugeführt, bei dem letzteren vielleicht gerade in einer Menge, die es nicht zu Insuffizienzerscheinungen kommen läßt. Es wäre nun natürlich von größter Wichtigkeit zu wissen, ob die körperliche und geistige Leistungsfähigkeit die gleiche ist. Persönlich würde ich bestimmt glauben, daß derjenige, der sehr reichlich Vitamine zuführt, der Leistungsfähigere ist, aber sichere Beweise haben wir vorläufig nicht. Nun könnte vielleicht die Frage aufgeworfen werden, ob nicht in gewissen Fällen die Vitaminzufuhr über dem Optimum liegt, d. h. ob nicht zuviel von Vitaminen aufgenommen wird, so daß sich nun schädliche Wirkungen einstellen.

Ich glaube, davon wird man wohl kaum sprechen können, so lange nicht künstliche Vitaminpräparate, die den wirksamen Stoff in sehr hoher Konzentration enthalten, aufgenommen werden. In der natürlichen tierischen und pflanzlichen Nahrung sind die Vitamine sicherlich in Mengenverhältnissen enthalten, wie sie den Bedürfnissen auch unseres Körpers entsprechen. Und die Frage ist höchstens die, ob diese Mengen unser Optimum bedeuten. Wenn das so wäre, so würde jede Zubereitungsart, die diesen Betrag schmälert, unsere Vitaminzufuhr unter das Optimum heruntersinken drücken. Aber wir stoßen bei der weiteren Verfolgung dieses Gedankens sofort auf Bedenken,

weil wir ja in jeder natürlichen Nahrung auch den Gehalt an den Hauptnahrungsstoffen berücksichtigen müssen und nicht vergessen dürfen, daß der Bedarf an Vitaminen verschieden ist, je nach dem Anteil, den die einzelnen Hauptnahrungsstoffe an der Nahrung haben.

Sie sehen, wie groß die Schwierigkeiten sind, mit denen man zu kämpfen hat, wenn man in diese Fragen einen Einblick gewinnen will. Möglich, daß es kommenden Generationen gelingen wird, sie zu klären und damit die Grundlagen zu schaffen für das Studium der weiteren Frage, inwieweit durch eine rationelle Ernährung alle die Veränderungen, die das Altern unseres Körpers ausmachen, hinausgeschoben werden können. Niemand zweifelt heute mehr daran, daß beim Alterungsprozeß der Zustand unserer Keimdrüsen sehr

stark mit entscheidet. Ebenso sicher ist weiter, daß unsere innersekretorischen Drüsen von außen beeinflußt werden können. Das ist mit vollem Recht von BIEDL schon vor Jahresfrist behauptet worden, und neuere Untersuchungen lassen mit aller Sicherheit darauf schließen, daß einer dieser Außenfaktoren, die Ernährung, für den Zustand dieser Drüsen von größter Bedeutung ist. Ich erinnere nur an das, was ich über das Fortpflanzungsvitamin ausgeführt habe.

Und wenn ich noch darauf hinweise, daß FISCHER glaubt, durch Vitaminmangel der Nahrung experimentell bei Ratten eine Veränderung der Schädelform erzielt zu haben, so mögen Sie ersehen, daß die Vitaminlehre weit über das Gebiet der engeren Medizin hinaus in die Biologie hineingreift und auch hier überall neue Fragen aufwirft.

Physiologie der Capillaren.

Von U. EBBECKE, Bonn.

Wenn einem Vertreter der Physiologie die Ehre zuteil wird, vor einer Gesellschaft der Ärzte zu sprechen, ist ihm das eine besondere Freude. Denn die ärztliche Wissenschaft ist für die Physiologie das Mutterland, von dem sie ausgegangen ist und zu dem sie immer wieder zurückkehrt, ob auch ihre Entwicklung sie noch so sehr in die Gefilde der Physik und Chemie oder gar Mathematik hinausführt. So sehr die Physiologie ihre eigenen Wege gehen, ihren eigenen Problemen nachgehen muß, so sehr begrüßt sie es, wenn sie auf ihren Wegen den Anschluß an die klinischen Fragen erreicht. Und das ist wohl bei der Physiologie der Capillaren der Fall, die so nahe Beziehungen hat zu Fragen von Kreislauf und Kreislaufstörung, von Entzündung, Ödem und Wasserhaushalt. Zugleich ist dieses Gebiet der Blutcapillaren ein typisches Beispiel für die physiologische Betrachtungsweise, die ja auch das klinische Denken durchdringt und deren Eigentümlichkeit darin besteht, nicht nur die Formen und Zustände, sondern hauptsächlich die Vorgänge und Veränderungen im lebendigen Geschehen ins Auge zu fassen. Wenn für die anatomische Betrachtung die Zelle ein Gebilde aus Kern und Protoplasma und allerlei Einschlüssen darstellt, so ist sie für das physiologische Auge ein Tummelplatz physikalischer und chemischer Kräfte, ein Wirbel des Geschehens, in dem hier Stoffe ein-, dort austreten, hier zersetzt, dort aufgebaut wird, lange Reaktionsketten ablaufen und auch bei stationärem System keinen Augenblick Ruhe herrscht. So sehen wir auch die Capillaren, die kleinsten Blutgefäße, die man lange Zeit nur für feine, sehr dünnwandige Endothelschläuche nach Art von Diffusionsmembranen ansah, in Bewegung und regem Leben begriffen, mit einer vielfältigen Eigentätigkeit begabt, und von dieser selbständigen Lebendigkeit der Blutgefäßcapillaren, auf die man erst in den letzten Jahrzehnten recht aufmerksam geworden ist, Ihnen einiges zu erzählen, wird meine Aufgabe sein.

So möchte ich Sie denn bitten, Ihre Aufmerksamkeit jenen altbekannten und noch immer nicht genug gekannten Capillaren zuzuwenden, die, als langgestrecktes Maschenwerk die Muskelfasern begleitend oder als ein Gewölbe feiner Maschen die Oberfläche der Darmzotten bekleidend, in der Lunge als dichtes Netzwerk die Alveolen umspinnend oder in der Leber jede einzelne Zelle umspülend, in der Niere als Glomerulusknäuel oder in den Cutispapillen der Haut als mannigfaltige Schlingen schon durch ihren Formenreichtum zu fesseln vermögen. Sicher wird später einmal die Physiologie der Capillaren für die einzelnen Organe gesondert zu behandeln sein. Wir können vorerst nur zusammenfassen, was für die Capillaren im allgemeinen gilt.

Es ist mit den Capillaren ähnlich gegangen wie einige Jahrzehnte früher mit den Arterien und Venen, die man auch seinerzeit für passive, elastische, vom Motor des Herzens durchströmte Kanäle ansah, bis man die glatte Muskulatur ihrer Wandungen und die sie versorgenden vasomotorischen Nerven kennenlernte. Da sah man, daß zwar das Herz den Blutstrom in Bewegung setzt, daß aber die Arterien mit ihrem wechselnden Tonus und Kontraktionszustand die Stromwiderstände und damit die Durchblutungsgeschwindigkeit und Blutverteilung in den einzelnen Körperbezirken regulieren. Man weiß heutzutage, daß die Höhe des Blutdrucks, die Form der Pulscurve ebensosehr wie vom Herzen auch vom Verhalten der Arterien abhängt, daß es eine periphere Kreislaufschwäche gibt, die nicht minder gefährlich ist als eine Herzschwäche, und über das Ziel hinausschießend, hat man von den Arterien als von einem peripheren Herzen gesprochen, das die Blutströmung fördere, welche Meinung nicht bewiesen, wohl aber widerlegt ist. Seit der Zeit, wo man die Arterien und Venen als selbständig beweglich erkannte, wurden die Capillaren die passiv durchströmten elastischen Kanälchen, und

diese Vorstellung blieb mit ganz vereinzelt Ausnahmen bestehen bis in unsere Tage, wo nun ein recht plötzlicher Umschwung eingetreten ist, zu dem Physiologen, Pharmakologen, Pathologen, Kliniker der verschiedensten Länder beigetragen haben und der so weit geht, daß schon wieder einzelne Stimmen, nicht mit Recht, von den Capillaren als peripheren Herzen, von einer die Blutbewegung unterstützenden Capillarperistaltik zu sprechen geneigt sind. Was ist der Grund zu diesem Umschwung und welche Bedeutung hat die Selbstständigkeit der Capillaren?

Daß man die Capillaren als passive Diffusions-schläuche für den Stoffaustausch zwischen Blut und Gewebe beurteilte, ist gut verständlich. Denn die Capillarschläuche sind so zart und klein, daß sie selbst unter dem Mikroskop recht undifferenziert erscheinen. Am lebenden Objekt ist gewöhnlich von ihrer Wandung wenig oder gar nichts zu sehen, weil sie sich nicht vom Bindegewebe abhebt, und nur an ihrem Inhalt, an den roten zirkulierenden Blutkörperchen, sind sie zu erkennen. Leere Capillaren sind daher unsichtbar und scheinen nicht vorhanden. Nicht einmal das Blutplasma ist zu sehen, außer wenn es künstlich mit Farbstoffen vermengt ist. Am gefärbten mikroskopischen Schnitt gelingt es wohl, mit Silberimprägnation die zackigen Grenzen der flachen Endothelzellen als schwarze Kittlinien hervorzuheben oder die etwas dickeren, nach innen oder außen vorspringenden Kerne der Endothelzellen deutlich zu machen. Aber schon ob ein Grundhäutchen vorhanden ist oder nicht, ist unsicher, und was die kleinen bindegewebsartigen Zellen zu tun oder zu bedeuten haben, die der Außenfläche des Schlauchs anliegend gefunden werden, ist bis zu diesem Zeitpunkt ein Gegenstand lebhafter Diskussion. So wenig differenzierten Gebilden ist man geneigt, keine besonderen Fähigkeiten zuzutrauen.

Die Frage, ob diese Capillaren selbständig veränderlich sind, kann aber keineswegs gleichgültig sein. Denn wir müssen uns erinnern, daß die Capillaren sehr klein, zugleich aber sehr zahlreich und daher in ihrer Gesamtheit von Bedeutung sind. Sie sind weniger als 1 mm lang, und ihr Durchmesser ist von der Größe des Durchmessers roter Blutkörperchen, die sich einzeln oder zu mehreren nebeneinander hindurchschlängeln, zuweilen in engen Capillaren beim Hindurchpressen länglich ausgezogen werden. Da auf 1 cm Blut 5 Millionen roter Blutkörperchen kommen und die durchschnittliche Geschwindigkeit der capillaren Strömung nur etwa $\frac{1}{2}$ mm in der Sekunde ist, so läßt sich denken, wieviel Zeit es braucht, bis 1 cm als eine Reihe roter Blutkörperchen durch eine Capillare hindurchgeht. ZOTH rechnet hierfür eine Zeit von 4–7 Stunden aus. Andererseits liegen die Capillaren sehr dicht nebeneinander, und KROGH rechnet aus, daß in einem kleinen Muskelquerschnitt von $\frac{1}{2}$ qmm, also von der Dicke einer kleinen Stecknadel, 700 Capillaren enthalten sind. So ist das Gewebe gleichsam ein

dicht von Capillaren durchsetztes Sieb oder ein Schwamm. Wieviel Blut in diesem Schwamm enthalten ist und wieviel Blut in der Zeiteinheit hindurchströmt, wieviel Stoffe gasförmig oder gelöst durch die Capillarwand in der Richtung vom Blut ins Gewebe und umgekehrt hindurchtreten, davon hängt Versorgung und Stoffwechsel des Gewebes ab, und diese Gewebsversorgung, die in den Capillaren stattfindet, ist letzten Endes die Aufgabe des ganzen großen Kreislaufsapparates. Ferner können wir uns die Capillaren, die feinsten Verästelungen des Gefäßbaums, sämtlich zu einem gemeinsamen Strombett zusammengelegt denken. Aus der bekannten Tatsache, daß die durchschnittliche Strömungsgeschwindigkeit im Bereich der Aorta etwa $\frac{1}{2}$ m, im Bereich der Capillaren etwa $\frac{1}{2}$ mm in der Sekunde beträgt, berechnet sich dann die Weite des Strombettes im Bereich der Capillaren etwa 1000 mal größer als im Bereich der Aorta. So bilden in ihrer Gesamtheit die Capillaren eine Gefäßhöhle, die kurz, aber sehr weit ist, und es wird für den Kreislauf nicht gleichgültig sein, wenn diese Gefäßhöhle Eigenbewegungen macht. Die Haupteigentümlichkeit der capillaren Gefäßhöhle ist ihre große Oberfläche infolge der Aufteilung in unzählige feinste Röhrchen, nach dem Prinzip der Oberflächenvergrößerung, das wir überall in der Natur vorfinden, wo es sich um Stoffaustausch handelt. Nach einer Überschlagsrechnung von BÜRKER wäre die Gesamtoberfläche des Capillarbezirks auf etwa 80 qm zu schätzen, und es ist vielleicht kein Zufall, daß diese innere Oberfläche ungefähr die gleiche Größe hat, wie sie für die innere Oberfläche der Lunge ausgerechnet ist. Es ist wesentlich, ob vielleicht die Gefäßhöhle selbständig die für die Diffusion zur Verfügung stehende Fläche vergrößert oder verkleinert. Schließlich läßt sich die gesamte Capillarwandfläche auffassen als eine Art Filter, das darüber entscheidet, was aus dem Blut ins Gewebe und umgekehrt übertritt, und das auch noch einiges abfangen und zurückhalten kann, was schon das erste Filter der Darmschleimhaut bei der Nahrungsaufnahme und Resorption passiert hat. Selbständige Änderungen in der Wandbeschaffenheit und Wanddurchlässigkeit des Capillarfilters müssen weitgehende Folgen haben.

Diese die Capillaren zu einer Gesamtheit integrierende Auffassung wollen wir im Auge behalten, wenn wir nun aus den makroskopischen Dimensionen uns hineinversetzen in die mikroskopischen Dimensionen der einzelnen Capillaren und die an einzelnen Capillaren zu prüfende Frage in Angriff nehmen, ob die Capillaren selbständig aktiv sind und ihre Weite, Oberfläche und Wandbeschaffenheit selbständig ändern. Es ist erstaunlich, zu sehen, wie sehr das in der Tat der Fall ist.

An den verschiedensten Versuchsobjekten ist die Frage behandelt, am klassischen und noch immer wertvollen Objekt vom Frosch mit Schwimmhaut, Zunge und anderen Organen, am Mesenterium des Meerschweinchens, Pankreas des Kaninchens,

am Kaninchen- und Katzenohr. Am Menschen sind bei Mikroskopie mit auffallendem, statt durchfallendem Licht die Capillaren der Conjunctiva, Lippen Schleimhaut und besonders der Haut neuerdings zugänglich geworden und lebhaft untersucht, worüber der folgende Vortrag Näheres berichten wird. Auch bei Gelegenheit chirurgischer Operationen kann, wie es G. MAGNUS getan hat, das Verhalten der kleinsten Gefäße an menschlichen Organen untersucht werden. Von den vielen Untersuchungen und Autoren kann ich hier nur, einigermaßen willkürlich, einige wenige Befunde als Beispiel herausgreifen.

In Fällen, wo wir eine Capillare unter dem Mikroskop enger oder weiter sehen werden, liegt zunächst immer der Einwand bereit, daß mechanisch ein größerer Binnendruck von den Arterien aus die Wand gedehnt habe oder bei Abnahme des Druckes die Wand elastisch zusammengefallen sei. Darum sind jene Fälle besonders einleuchtend, wo wir eine einzelne Capillare in einem bestimmten Abschnitt, einer kleinen Strecke ihres Verlaufs sich erweitern oder verengern sehen, so daß sie Einschnürungen und Ausbuchtungen bekommt, die sich wieder ausgleichen und unter Umständen in unregelmäßigem Rhythmus kommen und gehen. Hier kann nur die Capillarwand selbst die Ursache sein. Solche Ereignisse lassen sich an der Froschlunge bei Mikrorisierung und Mikrooperationen sehen und haben, indem sie zum raschen Verschuß einer verletzten Stelle führen, nach MAGNUS und F. HERZOG für die Blutstillung kleiner Verletzungen vielleicht ebensoviel Bedeutung wie die Blutgerinnung. Auch am Menschen läßt sich derlei sehen, wie kürzlich HEIMBERGER besonders deutlich zeigte, indem er, ähnlich wie Miss CARRIER, eine Mikropipette in die Epidermis des menschlichen Fingers mikrurgisch einstach und ein winziges Tröpfchen Adrenalin intracapillar oder paracapillar injizierte. Man wird solche Erscheinungen nicht als krankhaft abweisen können, zumal ähnliche Reaktionen gelegentlich auch von selbst, ohne äußeren Reiz auftreten, wenn wir nur genügend lange geduldig beobachten. Ein recht geeignetes Objekt ist nach VIMTRUP der Schwanz von Salamanderlarven, die in schonender Weise stillgestellt sind und lebend beobachtet werden. Hier können die Capillarreaktionen auch durch Nervenreizung in Gang gesetzt werden, so wie es ja schon 1902 STEINACH und KAHN im Anschluß an die alten STRICKERSchen Versuche an der ausgeschnittenen überlebenden Froschnickhaut gezeigt hatten.

In den meisten Fällen betrifft die Änderung die Capillaren in ihrer ganzen Länge, und nur die Tatsache, daß benachbarte, von derselben Arterie versorgte Capillaren sich verschieden und wechselnd verhalten, macht darauf aufmerksam, daß wir den Grund nicht im zuführenden Gefäß zu suchen haben. Es ist auch gar nicht leicht, experimentell durch Änderung des Innendrucks die Capillarweite passiv zu ändern. So müssen wir etwa, worauf KROGH aufmerksam machte,

bei künstlichen Injektionen einen die normalen Druckverhältnisse erheblich übertreffenden Druck anwenden, um die Capillaren sämtlich zu füllen, und umgekehrt sind an Organen, die durch Abbinden oder Ausschneiden vom Blutstrom ausgeschaltet sind, die Capillaren keineswegs eng, sondern können sehr weit und gefüllt sein. Der Eigentonus der Capillarwand ist wichtiger als ihr passiver Dehnungszustand.

Recht einfach ist folgender Versuch nach CARRIER, HAGEN, PARRISIUS u. a. Wir betrachten mikroskopisch eine Stelle der Handrückenfläche und zählen die im kreisförmigen Gesichtsfeld sichtbaren Capillarschlingen. Es sind vielleicht 2 oder 3. Dann reiben wir die Hautstelle, so daß sie rot wird, und erkennen nun 15—20 solcher Capillarschlingen im selben Gesichtsfeld. Neue, vorher scheinbar nicht vorhandene Capillaren sind aufgetaucht, freilich unter gleichzeitiger Erweiterung der kleinsten Arterien und Venen. Fast besser noch als die mikroskopische Betrachtung ist für manche Zwecke die Verwertung der makroskopisch festzustellenden Färbung, die von der Weite und Zahl der durchscheinenden kleinsten Gefäße abhängt. Würde eine kleine Arterie etwa ständig 5 Capillaren versorgen, so könnte die Arterienänderung nur dazu führen, daß diese Capillaren mit größerer oder geringerer Geschwindigkeit durchblutet werden, was sich in der Färbung nicht wesentlich verriete. Ganz anders, wenn mit einem Male 20 statt 5 Capillaren durchblutet werden. Wenn wir also durch intracutane Injektion von Adrenalin am menschlichen Arm eine umschriebene Hautblässe, durch mechanisches Reiben einer Hautstelle eine Rötung hervorrufen, so ist das ein Zeichen dafür, daß auch die Capillaren und kleinsten Venen — die Venulae, die überhaupt in Bau und Verhalten den Capillaren ganz ähnlich sind — an der Veränderung teilgenommen haben. Und wenn nun, wie es der Fall ist, auch am abgebundenen Arm, wo der Binnendruck gleichmäßig und gering geworden ist, immer noch sowohl die Reizröte wie die Adrenalinblässe zu erzielen ist, wo die Ursache gewiß nicht in der vis a tergo liegen kann, so ist das ein ganz deutliches Zeichen dafür, daß diese kleinsten Gefäße sich selbständig erweitert oder verengt, geöffnet oder geschlossen haben.

Sobald wir die Färbung als Indicator der Gefäßweite zu betrachten gelernt haben, wird uns eine Erscheinung recht merkwürdig, die ganz alltäglich vorkommt, aber doch unbeachtet war, nämlich die Tatsache, daß wir zwar häufig warme und rote oder kalte und blasse Hände haben, sehr häufig aber auch warme und blasse oder kalte und rote Hände. Die Wärme und Kälte unserer Haut richtet sich nach der Blutmenge, die in der Zeiteinheit durch die Haut hindurchfließt, die Röte und Blässe der Haut richtet sich nach der Blutmenge, die im betreffenden Zeitpunkt in der Haut vorhanden ist. Ob viel oder wenig Blut durch die Haut fließt, hängt ab vom Zustand

der Arterien, ob viel oder wenig Blut in der Haut vorhanden ist, das ist hiervon ganz unabhängig und richtet sich nach dem Zustand der viel zahlreicheren Capillaren und kleinsten Venen. So sind Blutströmung und Blutfüllung zwei Dinge, die streng auseinanderzuhalten sind, allerdings noch häufig als Hyperämie und Anämie unter einem Namen zusammengeworfen werden. Warme aber blasse Haut bedeutet trotz weiten Arterien und schneller Blutdurchströmung eng gebliebene Capillaren; der Binnendruck vermochte nicht, sie zu entfalten. Kühle aber rote Haut bedeutet weite Capillaren trotz engen zuführenden Gefäßen, geringer Blutgeschwindigkeit und geringem Binnendruck. Wird dann die Strömung so langsam, daß die Sauerstoffzufuhr nicht ausreicht, so verwandelt sich die Rötung in eine bläuliche Rötung, eine Cyanose. Eine solche Kombination enger Arterien mit weiten Capillaren und verlangsamter Strömung findet sich ganz gewöhnlich in gewissen Stadien der Entzündung und führt unter Umständen weiter zur Stase.

Aus der Beobachtung einiger einfacher Reaktionen dieser Art hatte ich schon 1914 auf die Selbständigkeit und Bedeutung der Capillaren geschlossen. Einige weitere Versuche von KROGH zeigten das gleich noch deutlicher. KROGH injiziert chinesische Tusche in die Venen des lebenden Versuchstieres und sieht dann die Muskeln des getöteten Tieres blaß, wenn sie vorher in Ruhe gewesen waren, dagegen dunkelschwarz gefärbt, wenn sie vorher gearbeitet hatten, sei es spontan, sei es infolge elektrischer Reizung oder auch Massage. Entsprechend finden sich im mikroskopischen Querschnitt an den ruhenden Muskeln nur wenige sichtbare Capillarpunkte, an den Muskeln, die sich in Arbeitshyperämie befanden, dagegen 10—20mal soviel. Die Weite der Capillaren hat zugenommen, aber auch die Zahl. Ändert eine Arterie ihren Tonus, so wird sie enger oder weiter, ändert eine Capillare ihren Tonus, so verschwindet sie oder taucht auf. Es gibt, wie sich hier deutlich zeigt, außerordentlich viel mehr Capillaren, als wir gewöhnlich zu Gesicht bekommen und als in Betrieb genommen sind, eine Vorstellung, die jetzt wohl schon zu allgemeiner Anerkennung und Geltung gelangt und deren Bedeutung uns schwer einzusehen ist.

Denn bliebe die Zahl der Capillaren unverändert, so könnte wohl eine veränderte Strömungsgeschwindigkeit das Angebot von Sauerstoff und Nährstoffen für das Gewebe ändern, aber die Strecke, welche die Stoffe von der Capillarwand bis zur Verbrauchsstelle im Gewebe zurückzulegen haben, bliebe dieselbe. Änderung der Capillanzahl und damit des Abstands zwischen den einzelnen Capillaren ändert den Weg und die Zeit, die für die Diffusion in Anspruch genommen wird, was auf die Ernährung des Gewebes wesentlichen Einfluß hat.

Was so von den Capillaren der Haut und Muskeln gesagt ist, gilt auch für andere Organe. Es

seien nur die Beobachtungen des Amerikaners RICHARDS erwähnt, der feststellt, daß in der Froschniere, je nach ihrem Funktionszustand, die Zahl der sichtbaren Glomeruli stark wechselt und daß infolge diuretischer Mittel mehr Glomeruli als vorher und in einzelnen Glomeruli mehr Capillarschlingen als vorher zum Vorschein kommen. Ob nicht vielleicht auch an der Lunge etwas Ähnliches der Fall ist, die gewöhnlich längst nicht mit voller Kraft arbeitet, sondern vielleicht eine gewisse Zahl von Alveolen und Capillaren geschlossen in Reserve hält? Jedenfalls haben wir es hier mit einer allgemein verbreiteten Erscheinung bei der funktionellen Hyperämie, Reizhyperämie und entzündlichen Hyperämie zu tun.

Für gewöhnlich bleibt die Änderung der Capillaren auf kleine Bezirke in den Organen beschränkt. In der Ruhe ist es sogar so, daß in einem Gewebsabschnitt bald hier, bald dort abwechselnd die eine oder andere Capillare sich öffnet oder schließt, so daß in weiser Ökonomie und gerechter Verteilung bald dieses, bald jenes Gewebsteilchen besser ernährt wird und keines Not leidet. Solche Änderungen sind für den Gesamtorganismus unmerklich. Wir können uns aber denken, welche gewaltige Folgen entstehen, wenn abnormerweise die ganze Capillarhöhle sich auf das 10—20fache erweitert. Dann nimmt der Schwamm der Capillarhöhle die ganze zur Verfügung stehende Blutmenge in sich auf, so daß nicht genügend Blut zum Herzen zurückfließen kann und das Herz, so kräftig es schlägt, doch leer arbeitet und den Kreislauf nicht unterhalten kann. Solche Bilder sehen wir bei der Vergiftung mit Arsen und den anderen von HEURNER als Capillargifte zusammengefaßten Pharmaka, bei dem traumatischen Schock, den zu beobachten die Granatverletzungen des Krieges Gelegenheit gaben, dem anaphylaktischen Schock und dem besonders gut von DALE untersuchten Histaminschock.

Hier werden die Folgen der Capillarveränderungen deswegen noch gewichtiger, weil sich mit der Änderung der Capillarweite zugleich eine Änderung der Wanddurchlässigkeit zu verbinden pflegt, so daß viel Blutflüssigkeit ins Gewebe austritt. In kleinstem Maßstab sehen wir das gleiche, wenn infolge eines lokalen Reizes, etwa eines Insektenstiches, außer einer entzündlichen Rötung sich ein lokales Ödem, eine Quaddel, ausbildet. In Fällen, wo das Blutplasma vorher durch Injektion eines kolloidalen Farbstoffes, Trypanrot, Trypanblau, Kongorot gefärbt war, sehen wir, daß durch die ruhenden Capillaren kein Farbstoff ins Gewebe austreten kann, wohl aber, sobald die Capillaren durch mechanische, chemische oder bakterielle Einwirkungen in einen Reizzustand versetzt sind. Was für die gefärbten kolloidalen Bestandteile gilt, muß auch für die ungefärbten, normalerweise im Blutplasma enthaltenen Kolloide zutreffen, d. h. für die Bluteiweiße. Wir machen es uns gewöhnlich nicht ganz klar, daß das Bluteiweiß, das für die Viscosität und den kolloidal-

osmotischen Druck des Blutes unentbehrlich ist, für die Ernährung des Gewebes schon aus dem Grunde nicht unmittelbar in Betracht kommt, weil es, kolloidal gelöst, gar nicht durch die Endothelwand diffundieren kann. Sobald aber die Endothelwand in einen Reizzustand gerät, wird sie sehr viel durchlässiger, gleichsam durchlöchert, ungefähr so durchlässig, wie es gewöhnlich nur die Leber- und Milzcapillaren sind, und nun wird an dieser Stelle das Gewebe von einer eiweißreichen Flüssigkeit überschwemmt und ausgeschwemmt. So kann es zur Bildung von Ödem, Transsudaten und Exsudaten kommen.

Auf unsere eingangs gestellte Frage: Gibt es selbständige Änderungen in Weite, Zahl und Durchlässigkeit der Capillaren? können wir hiernach eine durchaus bejahende Antwort geben.

In unseren Betrachtungen haben wir bisher eigentlich nur einige Erscheinungen beschrieben, die sich an den Capillaren auffinden lassen, und noch gar nicht gesprochen von dem Mechanismus, der diese Vorgänge bewirkt. Sind es nervöse Vorgänge oder nicht? Haben die Capillaren Muskeln oder nicht? Wie kommen die Tonus- und Durchlässigkeitsänderungen zustande? Wir müssen uns hier freilich auf kurze Antworten beschränken.

Es ist viel schwieriger, den Nerveneinfluß bei den Capillaren nachzuweisen als bei den Arterien und Venen; aber doch ist es an einzelnen Objekten einwandfrei gelungen. Auch haben einige Autoren mittels der Methylenblau- und Rongalit-weißfärbung die äußerst feinen marklosen Nervenfasern darzustellen vermocht, welche die Capillaren begleiten oder umspinnen. Hervorzuheben ist, daß bei den kleinsten Gefäßen außer den gewöhnlichen Reflexen und Psychoreflexen die peripheren Axonreflexe eine Rolle spielen, die nur einen beschränkten lokalen Wirkungsbereich haben und des Rückenmarkszentrums nicht bedürfen. Ihre Wirkung ist besonders daran erkennbar, daß nach Durchschneidung eines Nerven in dem betreffenden Bezirk die Reizreaktionen und entzündlichen Reaktionen etwas anders verlaufen, je nachdem die Endverzweigungen des Nerven schon degeneriert oder noch erhalten sind.

Im ganzen tritt aber der Nerveneinfluß zurück hinter den chemischen Einflüssen. Von einer ganzen Reihe von Capillarmitteln möchte ich nur zwei typische Vertreter hervorheben, das Pituitrin und das Histamin. Beide wirken auf die Capillaren in so großen Verdünnungen, wie sie für Hormonwirkung charakteristisch sind; das Pituitrin macht die Capillaren eng, das Histamin macht sie weit und durchlässig. Das Pituitrin wirkt auch noch auf solche Capillaren, bei denen das sonst häufig wirksame Adrenalin versagt. Vom Histamin, dessen quaddelerzeugende Wirkung bei intracutaner Applikation schon EPPINGER sah, ist besonders durch DALE hervorgehoben, daß es ganz allgemein die glatten Muskeln und auch die Arterien zur Kontraktion bringt, während es umgekehrt die Capillaren erweitert. Diese beiden

typischen Substanzen sind deshalb von Bedeutung, weil sie oder ihnen nah verwandte Stoffe wahrscheinlich schon normalerweise bei der Regulierung der Capillarweite eine Rolle spielen. In ihrer Wirkung auf die Capillaren und auch auf die Pigmentzellen der Froshhaut findet KROGH dem Pituitrin ganz ähnlich eine Substanz, die in jedem Blutserum enthalten ist. Vom Histamin, das sich aus der Aminosäure Histidin durch Decarboxylierung ableitet, ist es wahrscheinlich, daß es nicht nur als Produkt bakterieller Eiweißzersetzung, sondern schon im Zellstoffwechsel als ein Zwischenprodukt des Eiweißabbaues bei unvollständiger Verbrennung auftritt. Man kann sich demnach eine chemische Selbstregulierung der Gewebsversorgung vorstellen, indem bei einer dem Bedarf nicht entsprechenden Blutzufuhr ein sonst die Capillaren tonisierender Stoff verbraucht wird, oder indem hierbei neue, die Capillaren erweiternde Stoffe als unvollkommene Abbauprodukte im Gewebe entstehen; eine Anpassung der Blutversorgung an den Bedarf nach Art einer Selbsthilfe des Gewebes, die vom Nervensystem unabhängig ist, gewöhnlich allerdings durch periphere und zentrale Reflexe unterstützt wird. Ein bekanntes Beispiel für diese Selbststeuerung, bei dem schon BIER seinerzeit auf die Unabhängigkeit vom Nervensystem und auf die Bedeutung gerade der kleinsten Gefäße hingewiesen hat, ist die den Chirurgen bekannte reaktive Hyperämie nach Blutleere, die Folge eines sogenannten Bluthungers im Gewebe, die hiernach als ein Sonderfall der allgemeinen funktionellen Hyperämie erscheint. Nur kurz sei darauf aufmerksam gemacht, daß wir es in den Fällen der Capillarerweiterung gewöhnlich nicht mit einer isolierten Capillarreizung, sondern mit einer, wie ich meine, primären Gewebsreizung zu tun haben.

Als letzte Frage hätten wir zu behandeln, welchen Elementen der Capillarwand die Änderung der Capillarweite zuzuschreiben ist, und begeben uns mit dieser Frage auf ein Gebiet, das als ein unsicheres Grenzgebiet, aber auch als eine Wachstumszone des Wissens noch im Werden begriffen ist. Es kommen nur 2 Zellarten in Betracht, einmal die Endothelzellen selbst und zweitens die in mehr oder weniger großen Abständen aufgelagerten Zellen, die wir Perithelzellen oder nach ZIMMERMANN Pericyten nennen können. Beide Zellarten scheinen contractil zu sein mit einer undifferenzierten protoplasmatischen Contractilität, wie wir sie bei Amöben, Leukocyten, Wanderzellen, Plasmazellen antreffen und wie sie zu den allgemeinen Eigenschaften des Protoplasmas gehört. Wenn sich die das Capillarrohr zusammensetzenden Endothelzellen verkleinern oder vergrößern, kommt es zu einer Lumenänderung und zugleich zu einer Änderung der Oberfläche und des Umfangs. Wenn sich die außen aufsitzenden und unter Umständen festhaftenden und umklammernden Pericyten verkleinern, kann es zu Einschnürungen und sogar Fältelungen der Wand

kommen, und auch das ist, wenn auch in selteneren Fällen beobachtet, so von STEINACH und KAHN, VIMTRUP, TANNENBERG, HEIMBERGER. Man ist so weit gegangen, von einer Muskularisierung des Endothelrohres durch jene Pericyten zu sprechen. Aber freilich haben jene Zellen einige Eigenschaften nicht, die sonst für glatte Muskulatur charakteristisch sind. Abgesehen von ihrer vielverzweigten Form, die aber alle Übergangsstufen bis zur typischen Spindelform zeigt, sind in ihnen Fibrillen nicht mit Sicherheit nachgewiesen und werden sie durch Histamin nicht wie alle anderen glatten Muskeln zur Kontraktion gebracht. Dafür haben sie andere Eigenschaften, die den glatten Muskeln fehlen. Sie lösen sich nämlich gelegentlich von der Wand des Capillarrohres ab, mit der sie noch einige Zeit durch feine Stiele verbunden sein können und wandern ins Gewebe hinein wie echte Histiocyten; und zweitens verhalten sie sich, was glatte Muskelzellen nicht tun, als typische Speicherzellen für Pyrrol, Indigocarmin, Kongorot oder dergleichen vitale Farbstoffe. Diese Zellen sind von EBERTH als Adventitialzellen beschrieben und besonders von MARCHAND untersucht, der, wie auch G. HERZOG, ihre Bedeutung bei der Entzündung festgestellt hat, wo sie durch lebhaft Teilung des Endothels wuchern, Milchflecken bilden und auswandern. Andererseits sind sie von ROUGET und S. MAYER als eine Art Muskelzellen beschrieben und daher auch zum Teil mit dem Namen Rougetzellen bezeichnet. So wie ihr Name, so ist auch ihre Herkunft strittig, da sie teils von den Endothelzellen, teils von dem umgebenden Bindegewebe abgeleitet werden. Sie sehen, die Sachlage ist ähnlich wie auf dem gleichfalls umstrittenen Gebiet derjenigen Zellgruppe, die als Histiocyten, Makrophagen, Polyblasten, Klastocyten mit den verschiedensten Namen belegt wird. Es scheint, daß hier wirklich die Zellformen noch nicht so festgelegt sind, wie wir es von den differenzierteren Zelltypen kennen, und nach neuen Untersuchungen von BENNINGHOFF gibt es wirklich Übergangsformen zwischen Fibrocyten und glattmuskuligen Zellen. Solche Zwischenstufen wie die Capillarwandzellen sind dann wohl besonders vielseitig, sowohl in ihrer Tätigkeit wie in ihrer Entwicklungsmöglichkeit. Sie sind, wie es auch OTFRIED MÜLLER und GEORG HERZOG nennen, typisch pluripotent. Bedenken wir, daß die Endothelzellen nach den Untersuchungen von WYSOKOWITSCH, ROSENTHAL, OELLER, SIEGMUND eine wichtige Rolle spielen bei der Abwehr von Bakterien, die sie anlagern, verhaften und unschädlich machen, und denken weiter daran, daß die Endothelwand wahrscheinlich gerinnungsfördernde und gerinnungshemmende Stoffe ins Blut abzugeben vermag, so erscheinen uns diese kleinen unscheinbaren Zellen, welche die Capillaren bekleiden und denen unmittelbar so wenig anzusehen ist, keineswegs passiv, sondern vielmehr als höchst bewegliche und lebendige Gebilde.

So führt uns unsere Betrachtung mitten in die

Zellphysiologie, wo sich Fragen und Beziehungen nach allen Seiten ergeben, Beziehungen zu den weißen Blutkörperchen, die phagocytieren und Fermente liefern, zum Bindegewebe mit seinen festen und wandernden Zellen und zu dem großen, in Entwicklung begriffenen Gebiet des Reticulo-Endothelialsystems, auf das ich freilich nicht mehr übergreifen will; Fragen, die durch die gemeinsame Zusammenarbeit der verschiedenen klinischen und theoretischen Fächer, ganz im Sinne des durch unsere Tagung beabsichtigten Zusammenschlusses, besprochen und gefördert werden müssen und die ich hier nur eben berühren konnte. Demjenigen, der selbst auf diesem Gebiete arbeitet, wird bewußt sein, wieviel noch zu klären ist, und jedem wird, je nach seiner Arbeitsrichtung, ein anderes Problem im Zusammenhang mit der Tätigkeit der Capillaren vor Augen stehen. Der Pharmakologe wird etwa an die Capillargifte denken, der Pathologe an die Entzündung, der Dermatologe an Urticaria und Anaphylaxie, der Ophthalmologe an Glaukom und Flüssigkeitswechsel des Auges, der Chirurg an reaktive Hyperämie, aber auch an Peritonitis und Sepsis mit ihren capillarerweiternden Toxinen, der innere Mediziner vielleicht an Ödem, Wasserhaushalt, Nephritis. Aber wie der innere Mediziner zu diesen Fragen steht, wird Ihnen ja gleich der folgende Vortrag am besten sagen. Sie alle werden dazu beitragen, das Bild zu vervollständigen, das ich hier nur in großen Umrissen zu zeichnen suchte und das Ihnen doch einen Eindruck von der Lebendigkeit der Capillaren und ihrer Wandzellen vermitteln wollte.

In unserer Anschauung sehen wir nun die Capillarzellen wie kleine Amöben nebeneinander als Kolonie syncytial und mit Kittlinien zu einem Gewölbe zusammengefügt, und wie kleine Amöben vermögen sie auf die verschiedensten Reize zu reagieren, werden expansorisch oder contractorisch erregt, werden durch andere Reize zur Wucherung und Wanderung veranlaßt, lösen sich gelegentlich auch voneinander los, so wie des am ausgeprägtesten von den KUPFFERSchen Sternzellen der Lebercapillaren bekannt ist, die auch als freie Zellen vom Blut weggespült werden können. Wie kleine Amöben verändern sie auf Reize hin ihren Tonus, ihre Oberflächenspannung, ihre Klebrigkeit, ihre Membranbeschaffenheit und Durchlässigkeit, immer in Anpassung und Übereinstimmung mit dem Bedarf des Gewebes, zu dem sie gehören und mit dem sie ein untrennbares Ganzes bilden in Ruhe, in Tätigkeit oder in Entzündung und Abwehr. Werden sie in ihrer gewaltigen Zahl krankhafterweise von gemeinsamem Reiz getroffen, so ziehen sie den ganzen Kreislauf in Mitleidenschaft. Für gewöhnlich aber sind sie in kleinsten Bezirken für sich, nur locker mit dem Nervensystem verbunden, an ihrer unmerklich stillen und stetigen Arbeit, die als feinste Regulierung für die Nahrungs- und Flüssigkeitsversorgung des Gewebes unentbehrlich ist und in die wir hier einen Blick geworfen haben.

Die Pathologie der menschlichen Capillaren.

VON OTFRIED MÜLLER, Tübingen.

Die mannigfachen Veränderungen der Blutströmung in den Capillaren und die wechselnde Durchlässigkeit des Endothelrohres, wie wir sie am lebenden Menschen beobachten, lassen sich am besten unter einheitlichen Bildern erfassen, wenn wir uns die Haargefäße als ein Syncytium mesenchymaler, pluripotenter Zellen vorstellen. Damit will gesagt sein, daß wir uns auf Grund unserer zahlreichen Beobachtungen genötigt sehen, den Capillarendothelien als noch undifferenzierten Zellen die Eigenschaften aktiver Beweglichkeit und aktiver Selektion zuzuerkennen. Ob die mit dem Mikromanipulator jederzeit nachweisbare aktive Beweglichkeit durch Kontraktions- oder durch Quellungsvorgänge erklärt werden will, bleibt für den Kliniker als im Endeffekt unerheblich hier außer Diskussion.

Im Laufe der Beobachtungen an pathologisch veränderten Capillaren hat sich ferner herausgestellt, daß die isolierte Betrachtung der Haargefäße für sich allein nicht zu weit getrieben werden darf. Schon anatomisch sind die Übergänge aus den Arteriolen in die Capillaren und aus diesen in die Venulae nicht so scharf abgesetzt, als man im Schema zu denken gewohnt ist. Funktionell vollends, wie der Arzt die Dinge in erster Linie sieht, sind sie durchaus fließend. Darum muß ich heute von der Pathologie des feinsten Gefäßsystems sprechen, nicht ausschließlich von der Capillarpathologie.

Der periphere Gefäßabschnitt erscheint uns heute als ein großartiges Stellwerk, welches, um bildlich zu sprechen, die kommunale Selbstverwaltung der Gewebe bezüglich ihrer Blutversorgung soweit selbständig zu steuern vermag, als nicht die übergeordnete Länderverwaltung des vasomotorischen Regimes der größeren Arterien und die zentrale Reichsgewalt der Herztätigkeit im Interesse des ganzen anders bestimmen. Von einem regulären Triebwerk im Abschnitt der feinsten Gefäße, d. h. von einem peripheren Herzen, wollen wir auf Grund unserer sehr ausgiebigen Beobachtungen nichts wissen.

Das periphere Stellwerk gipfelt in dem Ziel- und Zweckpunkte des gesamten Kreislaufes, an der Umschlagstelle des arteriellen zum venösen Capillarschenkel. Dort ist der Ort der größten Gefäßdurchlässigkeit und damit der wesentlichsten Assimilations- und Dissimilationsvorgänge. So sehen wir denn auch in kranken Tagen hier zuerst den Austritt von Blut oder Gallenfarbstoff. Auch finden wir bei schweren Formen der großen Stoffwechselkrankheiten Diabetes und Fettleibigkeit neben anderen Anomalien des periphersten Gefäßabschnittes gerade die Umschlagstelle oft besonders erweitert.

Die Einflüsse, welche auf das Stellwerk der lokalen Blutversorgung des Gewebes einwirken, sind zahlreich und verwickelt. Dementsprechend

ist die Deutung etwaiger Abweichungen von der Norm mit viel Kritik und Reserve vorzunehmen. Ich will in folgendem nur kurz die wichtigsten Punkte hervorheben, die hier in Betracht kommen:

Erstens ist fraglos die chemische Zusammensetzung der Säfte in Blut und Gewebe von Bedeutung für den Kontraktionszustand und die Form der Haargefäße und damit auch für die Strömung in ihnen. Noch unveröffentlichte Untersuchungen von GÄNSSLEN machen das sehr anschaulich. Betrachtet man die Haargefäße und den subpapillären Venenplexus an der bedeckt getragenen Brusthaut oberhalb der linken Mammille bei einem Vasoneurotiker mäßigen Grades, der auf seine gewohnte gemischte Kost eingestellt ist, so ergeben sich nur leichte Abweichungen von der Norm. Untersucht man die gleiche Stelle nach 10tägiger, fast ausschließlicher Fleischkost, so erweisen sich die Umbiegungen aus dem arteriellen in den venösen Capillarschenkel wie bei einer Stoffwechselkrankheit aufgetrieben und der subpapilläre Venenplexus stark erweitert. Auch sind kleine Blutungen ins Gewebe aufgetreten, die vorher nicht vorhanden waren. Das gleiche ist an Lippe, Oberarm und Nagelfalz zu beobachten. Schlägt man dann in eine laktovegetabile Kost um, so lassen sich die gesetzten Veränderungen in etwa 5—6 Wochen wieder zum status quo ante zurückführen. Es kommt also darauf an, was für Stoffe im Säftestrom an die Capillarwand herantreten, durch sie hindurchgehen und in ihren Schlacken wieder zurücktransportiert werden.

Zweitens ist der periphere Gefäßabschnitt weitgehend abhängig von dem großen Regulationsapparat aller unbewußten Lebenstätigkeit, wie er im Zusammenarbeiten des vegetativen Nervensystems mit den endokrinen Drüsen und dem Elektrolytenspiel nach FRIEDRICH KRAUSS gegeben ist. Naturgemäß kann diese Zusammenarbeit sowohl in einzelnen Teilen wie im ganzen sowohl konstitutionell wie konditionell gestört sein.

Beispiele für isolierten Ausfall der Innerationswirkung des sympathischen und parasympathischen Lenkungszügels kann man bei jeder mit trophischen Störungen einhergehenden peripheren oder spinalen Läsion erbringen. Sehr starke Capillarveränderungen pflegen sich an Nagelfalz und Brusthaut bei Syringomyelie in entsprechender spinaler Höhenlage zu ergeben.

Beispiele für die Wirkung des Ausfalles gewisser Inkrete sind besonders bei mehr oder weniger isolierten Erkrankungen der Hypophyse, der Thyreoidea, des Pankreas und der Genitalsekretionsdrüsen gegeben. Noch unveröffentlichte Untersuchungen meines Mitarbeiters BOCK erweisen, daß subcutane Verabreichung geringer Mengen von Thyreoidea-, Hypophysenvorderlappen-, Testis- resp. Ovarium- und Pankreaspräparaten beim gesunden Menschen keine oder ganz geringfügige Wirkungen auf den

periphersten Gefäßabschnitt ausüben, während bei dominierender Störung eines dieser Inkretorgane die subcutane Applikation gleicher Mengen des zuständigen Stoffes eine deutliche Capillarreaktion verursacht. So kann man z. B., wie auch sonst schon beschrieben ist, mit Insulin die bei gravem Diabetes bestehenden Veränderungen der Capillaren und der Venulae weitgehend wieder ausgleichen. Endlich verursacht längeres Einnehmen von Inkretpräparaten, wie z. B. Thyreoidin, beim normalen Menschen Capillarveränderungen, die den bei krankhafter Überfunktion des betreffenden Organes gesetzten entsprechen.

Ein Beispiel für Beeinflussung des periphersten Gefäßabschnittes durch Änderung des Ionengehaltes der Gewebe ergibt sich durch die Mitteilung von HOFF und LEUBER, wonach intravenös injiziertes Kongorot nur an solchen Stellen der Haut eine sichtbare Verfärbung macht, an denen gleichzeitig Quaddeln durch intracutane Injektion hyper- resp. hypotonischer Salzlösungen gesetzt worden sind. Auch sieht man bei spontaner Urticaria das Kongorot nur in den Quaddeln auftreten.

Drittens sind, unbeschadet des allgemeinen, vegetativ-endokrin-elektrolytischen Regulierungsapparates noch besondere Gruppen peripherster Gefäße offenbar zu lokalen Funktionsgemeinschaften zusammengefaßt. Für die menschliche Haut hat das MAYER-LIST bei uns durch das Studium der sogenannten Cutis-marmorata dargelegt. Diese, bei manchen Menschen nach Abkühlung schon physiologisch, bei anderen auch ohne besondere Kälteeinwirkung pathologisch hervortretende Felerung der Haut in helle, anämische, kalteempfindliche und dunkle, hyperhämische, weniger kalteempfindliche Bezirke dürfte die eigentliche Ursache des fleckförmigen Auftretens der zunächst funktionell und später dann organisch ausartenden vaso-neurotischen Erscheinungen sein. Auch die fleckförmige Pigmentierung der Haut, wie sie nach längerer und intensiver Wärmeapplikation auftritt, hängt nach unveröffentlichten Studien von MAYER-LIST mit diesen Verhältnissen zusammen. Aller Wahrscheinlichkeit nach handelt es sich bei diesen Vorgängen um die pathologische Übersteigerung physiologischer Axonreflexwirkungen.

Nach kurzer Darstellung der wichtigsten allgemein-pathologischen Verhältnisse gehe ich nunmehr auf die speziellen konstitutionellen Anomalien des Zusammenspiels der vegetativen Regulierungen mit dem Zirkulationsapparat insonderheit den feinsten Gefäßen und die dadurch gegebenen Störungen der Gewebsdurchblutung und -Ernährung näher ein. Wir haben in Tübingen gezeigt (E. WEISS, PARRISIUS), daß bei allen gewöhnlich als Vasoneurosen bezeichneten Störungen die Arteriolen, die Capillaren und die Venulae weitgehend beteiligt sind, und daß dort in der Regel nicht einfach vasoconstrictorische oder vasodilatatorische Zustände bestehen, sondern gerade wie am Verdauungskanal (am Oesophagus sowohl wie

am Darm) Spasmen neben Atonien in buntem Wechsel. Wir haben diese eigenartige Dysergie im periphersten Gefäßabschnitt als den spastisch-atonischen Symptomenkomplex bezeichnet. In der Regel sitzt der Spasmus mehr in den Arteriolen und den arteriellen Capillarschenkeln, die Atonie hingegen in den venösen Capillarschenkeln und den Venulae. Es darf aber ja nicht übersehen werden, daß auch in den Venulae und Venenplexus Krampferscheinungen beobachtet werden, und daß dann der in der Capillare gelegene Umschlagshafen des Gewebes für Wasser, Gase und feste Stoffe sowohl in seiner Zu- wie auch in seiner Abfuhr blockiert sein kann. So kommt es zur Verlangsamung der Blutströmung und zur Veränderung der Waddurchlässigkeit mit dem schließlichen Resultat der Funktionsbehinderung des Gewebes evtl. bei langen Stasen *usque ad finem*, d. h. bis zur Nekrose.

Schule gemacht hat nun als gewebsschädigende Ursache der Spasmus. Er ist heute als pathogenetisches Moment geradezu Mode geworden. Man denke nur an SPIELMEYER und seine Theorie der Spasmen an den Gefäßen des Ammonshornes bei der Epilepsie, an von BERGMANN und seine Schule mit ihrer spasmogenen Erklärung des Schlaganfalles, an die unmittelbaren Beobachtungen der Augenärzte bei der Amaurosis fugax, an die in der Blase von Neurotikern cystoskopisch sichtbaren Arterienspasmen, an die Eklampsieforschungen der Frauenärzte HINSELMANN und NEVERMANN, an die angiospastische Theorie der Migräne und an manches andere noch. Demgegenüber ist die gewebsschädigende Wirkung der evtl. bis zur Stase verlangsamten Strömung in den venösen Capillar- und Venenvaricen nicht hinreichend gewürdigt. Das Ulcus cruris z. B. entsteht nach MAGNUS durch Stasen, in capillären Varicen an der typischen Stelle, weil diese ihr Blut in die prall gefüllten Säcke der großen Venen besonders in stehender Stellung nicht hinreichend abgeben können. Hyperämie ist eben durchaus nicht immer ein Heilmittel; hyperämische Dauerstase tötet vielmehr Gefäßwand und Umgebung genau wie anämischer Dauerspasmus. Ein Heilmittel ist nur die optimale Durchblutung des Gewebes nach dem im gegebenen Falle gerade vorliegenden Bedürfnis.

Außer dem stasenfördernden spastisch-atonischen Zustand, d. h. der Dysergie im periphersten Gefäßabschnitt ist bei den Vasoneurosen in der Regel auch eine Disproportion im anatomischen Bau gegeben. Beim konstitutionell Normalen ist der Aufbau des feinsten Gefäßabschnittes ein planmäßig geordneter, beim Vasoneurotiker ist er systemlos und ungeordnet. Es ergibt sich deutlich, daß das beste Maß für eine Konstitutionsanomalie in dem Grade der Disharmonie gegeben ist, sei es, daß diese in funktioneller Dysergie, sei es auch, daß sie in anatomischer Disproportion zum Ausdruck kommt. Beim Vasoneurotiker gesellt sich zu diesen Verhältnissen noch die durch

beschleunigte Blasenbildung (GÄNSSLEN) oder abnormen Übertritt von Farbstoff aus der Blutbahn nachweisbare veränderte Durchlässigkeit der Gefäßwand hinzu, welche teils zu fleckig lokal angeordneten, teils zu mehr allgemeinen, leichten, äußerlich nicht sichtbaren Ödemen führen kann.

Leichtere Grade solcher Störungen sind ungeheuer häufig und in ihrer Bedingtheit oft schwer deutbar. Stärkere Grade sind seltener und meist an mehr oder weniger deutlich zu umschreibende Inkretanomalien und an Psychoneurosen gebunden. Gleichgültig aber, ob leichtere oder schwerere Störung, gleichgültig auch welche Bedingtheit: von größter Bedeutung für den klinischen Effekt ist die Stelle am Körper, wo sich die Verhältnisse abnormer peripherster Gefäßfunktion entwickeln. Ist diese Stelle die äußere Haut, so wird es, wenn nicht gerade lokale Gangrän auftritt, mehr bei lästigen Erscheinungen bleiben. Ist sie an den Schleimhäuten gegeben, so sind sekundär entzündliche Erscheinungen in Gestalt von Katarrhen die Folge, egal ob es sich um den Verdauungstraktus, die Luftwege, die Blase oder die Schleimhaut des weiblichen Genitales handelt.

So fanden HEIMBERGER und ich z. B. in der Schleimhaut des Ulcusmagens fern vom Geschwür selbst mit seinen intensiven Entzündungserscheinungen eine fleckförmige capilläre und venuläre Hyperämie mit Neigung zur Stasenbildung und circumscripiten Ödemen. SCHMINCKE und DUSCHL haben 53 Ulcus- und 31 Carcinommägen, welche wir durch das Entgegenkommen von Perthes in überlebendem Zustand nach Resektionen capillarmikroskopisch beobachten konnten, histologisch nachuntersucht. Sie haben an den Ulcummägen regelmäßig sehr deutliche Füllungen der Capillaren und Venulae gefunden, welche an Mägen von gesunden Hingerichteten und an den Carcinommägen fehlten. Außerdem stellten sie bei beiden Krankheiten noch einen von ihnen und uns als sekundär aufgefaßten Katarrh der Schleimhaut fest. Diese fleckförmige, mit örtlichen Ödemen verbundene urticariaähnliche Hyperämie ist oft auch gastroskopisch in analoger Weise nachweisbar, wie die vasoneurotischen Veränderungen an der Lippe und der äußeren Haut. Sie ist neuerdings durch histologische Nachuntersuchungen in der SAUERBRUCHSchen Klinik, bei FLÖRCKEN in Frankfurt und bei ANSCHÜTZ in Kiel als ein Charakteristicum des Ulcusmagens bestätigt worden, wobei sich die erstgenannten Kliniken unserer Deutung der Ulcusgenese anschließen, während die letztgenannte nach wie vor das primum movens des Schadens in entzündlichen Vorgängen sieht. Unser Material ist inzwischen so groß und unsere Resultate sind so eindeutig, daß wir unsere Hypothese von der vasoneurotischen Entstehung der meisten Magengeschwüre namentlich auch im Hinblick auf die Befunde der Nachuntersucher als genügend gestützt betrachten. Selbstverständlich stellen wir aber nicht in Abrede, daß nicht auch andersartige Unterbrechungen der periphersten

Zirkulation imstande sein mögen, Magen- resp. Duodenal-Ulcera hervorzurufen.

Weiter wäre zu bemerken, daß wir mittlerweile eine ganze Anzahl Fälle von Colitis ulcerosa gravis gesammelt haben, bei denen keine erkennbare infektiöse (Ruhr) oder toxische (Sublimat) Ätiologie vorlag und welche die Zeichen der vasoneurotischen Diathese an Haut und Schleimhäuten sehr ausgesprochen darboten.

Treten die fleckförmigen spastisch-atonisch bedingten Stasen zusammen mit den circumscripiten vasoneurotischen Ödemen in der Muskulatur auf, so kommt es zu den sogenannten „rheumatischen“ Muskelschmerzen, wie sie bei nervösen oft aber auch bei hypertonen Patienten, besonders bei Frauen, in den langen Rückenmuskeln, im Trapezius sowie in den Oberarm- und Oberschenkelmuskeln so häufig geklagt werden. Der fühlbare Ausdruck dieser lokalen Stauungen ist in den allen Masseuren wohlbekannten Muskelknoten gegeben. ADOLF SCHMIDT hat solche Knoten excidieren lassen und zu seinem Erstaunen nichts Entzündliches, sondern lediglich eine sehr starke Hyperämie der feinsten Gefäße gefunden. Dieser Befund versteht sich unter dem Gesichtswinkel unserer Anschauungen, die übrigens in ähnlicher Weise schon von QUINCKE vertreten wurden, ebenso wie die heilsame Wirkung der Massage und anderer physikalischer Maßnahmen.

Daß bei manchen Formen des MENIÉRESchen Symptomkomplexes Stasen im periphersten Gefäßapparat des Labyrinthes eine entscheidende ursächliche Rolle spielen, wird heute in der otiatrischen Literatur vielfach angenommen. PARRISIUS hatte Gelegenheit, 12 Meniéréfälle, die uns von der Ohrenklinik zugänglich gemacht waren und keine sonst erkennbare Ätiologie hatten, nachzuuntersuchen. Er fand bei allen starke vasoneurotische Anomalien an Lippe, Oberarm, Brusthaut und Fingernagelrand und meist starke Urticaria factitia. In ähnlicher Weise konnte PARRISIUS bei 60 Glaukomfällen der Augenklinik mit nur 4 Ausnahmen ernste Veränderungen am feinsten Gefäßsystem der Haut und der Schleimhäute feststellen; entweder war es das Bild der schweren Vasoneurose oder der Hypertonie, das vorlag. Über den Analogieschluß sind wir aber hier noch nicht hinausgekommen.

Betrifft die Arteriolenkontraktion überwiegende Teile des gesamten Gefäßsystemes, so muß der Blutdruck steigen. Geschieht das in einem normal gebauten periphersten Gefäßabschnitt, d. h. kommt im wesentlichen nur die spastische Komponente der Dysergie zum Ausdruck, so sieht man einen blassen Gewebsgrund mit gleichmäßig verteilten sehr engen Capillaren. Solche Bilder trifft man, wie wir uns inzwischen an der Hand von 17 Fällen überzeugt haben, besonders bei sicheren sekundären Schrumpfnieren. Sie entsprechen der sogenannten weißen Hypertension VOLHARDTS. Liegt aber ein konstitutionell disproportioniert gebautes und dysergisch arbeitendes peripherstes

Gefäßsystem vor, bei welchem die Arteriolen kontrahiert, die venösen Capillarschenkel und die Venenplexus aber stark erweitert sind, wie wir es von den Vasoneurosen her kennen, so bekommen wir auch bei der Hypertension das Bild des spastisch atonischen Symptomenkomplexes, welches der roten Blutdrucksteigerung VOLHARDTS entspricht. Wir haben mittlerweile 58 derartiger ohne klinisch nachweisbare Nierenbeteiligung verlaufender Fälle gesammelt, und WEITZ hat bei uns zeigen können, daß diese Form der konstitutionellen Hypertension, wie wir sie nennen, sehr vielfach dominant vererblich ist. Nach im Laufe der Jahre fortlaufend erhobenen klinischen Befunden müssen wir ebenso wie auch andere Autoren annehmen, daß bei diesen Blutdrucksteigerungen mit der Zeit organische Gefäß- und Gewebsschädigungen besonders an Niere, Auge und Hirn sekundär auftreten können.

Untersucht man mit den verschiedenen Organpräparaten die Beziehungen des Inkretsystems zu dieser Form der konstitutionellen Hypertension, so ergibt sich nach unseren Erfahrungen (Bock) die mit anderwärts mitgeteilten Befunden übereinstimmen, daß der Hypophysenvorderlappen neben den Genitadrüsen hier wohl eine dominierende, wenn auch sicher nicht die einzige Rolle spielen dürfte.

Im Anschluß an die Verhältnisse bei den Hypertensionen komme ich zu dem sehr wichtigen pathogenetischen Prinzip der Entstehung anatomischer Läsionen aus gestörter Gefäßfunktion. HEIMBERGER hat bei uns gezeigt, daß eine künstlich gestaute Venule der menschlichen Haut während der Dauer der Stauung an mechanischer Reizbarkeit gradatim abnimmt und schließlich völlig torpid wird. Hebt man die Stauung auf, und wird das Gefäß nunmehr wieder lebhaft durchblutet, so folgt ein Stadium übermäßiger mechanischer Reizbarkeit. Weiter hat er gezeigt, daß hochgradige capilläre Varicen bei Vasoneurotikern eine quantitativ verminderte und qualitativ abnorme mechanische Irritationsfähigkeit zeigen. Diese Abschwächung der Gefäßfunktion kann bei langem Bestehen der vasoneurotischen Veränderungen soweit gehen, daß die feinsten Gefäße beim Absterben die normale Contractilität vermissen lassen, welche das Blut sonst agonal in die mittleren und größeren Venen hineintreibt. SCHARPFF hatte bei uns Gelegenheit, die Verhältnisse bei einer mit starker, dauernder Cutis marmorata behafteten älteren Frau, die später in der Klinik starb, histologisch zu untersuchen. Es ergab sich, daß zahlreiche kleinste Gefäße, insonderheit Capillaren und Venulae, sich auch beim Absterben nicht mehr in der sonst üblichen Weise zu kontrahieren vermochten. Die Wände der Capillaren waren überdehnt, die Kerne vielfach weiter auseinandergerückt, aber noch gut erhalten.

Den Nachweis auch von Kernveränderungen in den Capillaren haben dann WESTPHAL und BÄR aus den Frankfurter pathologischen und klinischen

Instituten erbracht. Bei ihren Studien über Angiospasmen als Ursache der Schlaganfälle fanden sie, abgesehen von den Befunden an den Arterien, auch an den Capillaren und feinsten Venen alle Stadien von Wandläsionen. Von einfachen Blutaustritten ohne erkennbare Wandschädigung, wie wir sie bei den Vasoneurosen intra vitam oft genug beobachten, bis zum völligen Kernschwund, zeigten sich alle Übergänge inmitten derjenigen Gewebsteile, welche in der regionären Lage des Funktionsausfalles der Hirnsubstanz aufgesucht und nachgesehen wurden. Die genannten Herren sprechen direkt von einer allgemeinen Angionekrose nicht nur der Arteriolen, sondern auch der Capillaren und Venulae.

Die Gedankenreihe: primärer funktioneller Spasmus auf der arteriellen, gleichzeitige, funktionelle Atonie auf der venösen Seite, sekundäre anatomische Gefäßwand- und schließlich auch Gewebsschädigung bis zum lokalen Zelltod begnügt sich also mit zahlreichen klinischen und anatomischen Beobachtungen empirisch zu beleben. Sobald im periphersten Gefäßabschnitt die Zirkulation längere Zeit stillsteht, gleichgültig ob durch Spasmus oder durch Atonie oder durch beides, kommt es zur lokalen Asphyxie und autotoxischen Zersetzung der Gefäßwand und des umliegenden Gewebes.

Ich bin am Ende dessen, was ich über die vorwiegend endogenen Erkrankungen des feinsten Gefäßsystems zu sagen habe. Bei den zahlreichen vorwiegend exogenen Schäden muß ich mich im Hinblick auf den Raum kurz fassen:

Lähmungen der Capillarwand sieht man auf Grund folgender Einwirkungen auftreten:

1. Bei schweren Infektionskrankheiten wie Typhus, Sepsis, Grippe, Diphtherie kommt es unter dem Einfluß der Infektionstoxine zunächst zu einem Excitationsstadium, in dem das Blut hellrot und rasch durch die Haargefäßschlingen läuft. Diesem folgt dann das Lähmungsstadium, in dem das feinste Gefäßsystem erweitert und mit einer dunkelvioletten Blutmasse gefüllt ist. Die Strömung ist dabei entweder ausgesprochen träge, oder es bestehen minutenlange Stasen. Ganz ähnliches läßt sich

2. beim anaphylaktischen Schock beobachten, bei dem es sich nach EBBECKE um eine allgemeine Capillarlähmung, und zwar sowohl der motorischen wie der sekretorischen Funktionen, handelt, die mit einer universellen Urticaria verglichen werden kann.

3. Vergiftungen mit Schwermetallen, z. B. Quecksilber- oder Goldverbindungen machen sehr demonstrable Capillarlähmungen, die sich von den infektiös bedingten wenig unterscheiden. Das gleiche gilt

4. von der Wirkung der Röntgenstrahlen und des ultravioletten Lichtes. Das ist bezüglich der Röntgenstrahlen von praktischer Bedeutung, und nach den Untersuchungen von NIEKAU und WELSCH bei uns, die durch DAVID und GABRIEL

bestätigt worden sind, läßt sich erstens die Wirkung der WINZschen Hauterythemdosis bei normalen Menschen in ihrem Verlauf genau festlegen, zweitens aber läßt sich feststellen, daß diese Wirkung bei Vasoneurotikern, Nephritikern und Kranken mit inneren Sekretionsstörungen (besonders BASEDOW) früher eintritt, stärker ausfällt und länger andauert wie beim Gesunden. Man kann somit den Röntgengefährdeten capillarmikroskopisch erkennen.

Von Bedeutung ist noch, daß bei den akuten Nephritiden nach den übereinstimmenden Beobachtungen von uns, VOLLHARDT, JÜRGENSEN und KYLIN Veränderungen in der Strömung der Wanddurchlässigkeit, dem Druck und oft auch der Gestaltung der Capillaren und Venulae auftreten. Diese Veränderungen lassen sich bei gelegentlichen Beobachtungen postscarlatinöser und postanginöser Nephritiden schon vor dem sonst erkennbaren Einsetzen des Nierenleidens selbst, also gewissermaßen in dessen Inkubationszeit, nachweisen. Solche Tatsachen zeigen, daß die akuten Nephritiden mit einer allgemeinen Schädigung des periphersten Gefäßapparates einhergehen, was an-

gesichts der Ödembildung und der Retinaveränderungen zu erwarten war.

Daß bei lokalen und allgemeinen Stauungen bei Infektionsexanthenen, bei Hautkrankheiten, bei Arzneimittelwirkungen, bei thermischen, klimatischen und jahreszeitlichen Einflüssen überaus zahlreiche Befunde am feinsten Gefäßapparat zu erheben sind, liegt auf der Hand und ist vielfach beschrieben. Die Zeit verbietet, näher auf diese Details einzugehen.

Zum Schlusse bemerke ich ausdrücklich, daß alle hier mitgeteilten Befunde am Menschen erhoben worden sind. In keinem einzigen Fall handelt es sich um Schlüsse aus Tierversuchen. Gewiß wird man über die Deutung dieser und jener Befunde noch weitgehend debattieren müssen. Bleibt man aber kritisch und nimmt heuristische Hypothesen, wie sie teilweise noch vorliegen, nur dann als Tatsachen, wenn sie durch gediegene empirische Befunde naturwissenschaftlich stabilisiert sind, dann wird uns die Pathologie der feinsten Gefäße zu den bisher gewonnenen sicher noch weitere praktisch-klinisch wichtige Einsichten bringen.

Kropfverhütung.

Von J. WAGNER-JAUREGG, Wien.

Die Prophylaxe einer Krankheit scheint die Kenntnis ihrer Ursachen zur Voraussetzung zu haben; und so ist also der erste praktische Versuch einer *allgemeinen*, nicht individuellen oder lokalen Kropfprophylaxe förmlich gleichzeitig mit der Wiedererweckung einer schon alten Hypothese über die Entstehung des Kropfes, der Jodmangeltheorie, zur Verwirklichung gekommen; einer Hypothese, deren Grundlagen man zum Teil erst im Laufe der Durchführung dieser Prophylaxe auszubauen begonnen hat, und deren kräftigste Stütze das Gelingen dieser Prophylaxe wäre.

Es verhält sich aber im gegebenen Falle so, daß es gar nicht notwendig war, die Prophylaxe mit dem Gewicht einer Hypothese über die Ätiologie des Kropfes zu belasten. Denn daß das Jod ein *Heilmittel* gegen den Kropf sei, ist gar nicht hypothetisch, und die Versuche mit Jodmikrodosen, die der Einführung der schweizerischen Kropfprophylaxe vorausgingen, die Versuche HUNZIKERS an Schulkindern, BAYARDS an einzelnen Familien und ganzen Dörfern, hatten gar keine prophylaktische sondern eine therapeutische Aufgabe. Es war aber eine fast zwingende Annahme, daß das Jod, wenn es den Kropf *heilt*, rechtzeitig angewendet, auch die Entstehung des Kropfes *verhüten* müsse. Und es hat sich in den erwähnten Versuchen vor allem darum gehandelt, jene Grenze der Dosierung festzustellen, bei der das Jod noch heilsam wirkt, ohne voraussichtlich zu schaden; jene untere Grenze der Dosierung also, bei der eine allgemeine prophylaktische Verabreichung von Jod zulässig erscheinen konnte.

Es ist nicht zu verkennen, daß die schweizerische Kropfprophylaxe durch die Erkenntnisse, die sie vermittelte und durch die Untersuchungen, die sie anregte, die Theorie, mit der sie begründet wurde, wesentlich gestützt hat. Aber die Theorie wird nicht allseitig anerkannt, und es läßt sich auch gewiß nicht sagen, daß der Jodmangel *die* Ursache der Kropfendemie sei; wir wissen doch, daß der individuelle Faktor auch im Bereiche der Endemie eine große Rolle spielt; wir wissen, daß bekannte und unbekannte Faktoren wirksam sind, wenn im Bereich der Endemie ein Individuum, das früher kropffrei war, einen Kropf bekommt.

Wir werden also das Wort Ursache am besten vermeiden und der Jodmangeltheorie in modernem Sinne den Ausdruck geben, daß der Jodmangel eine und zwar eine der wichtigsten Bedingungen sei für das Entstehen der Kröpfe.

Das Verlangen nach einer Kropfprophylaxe, und zwar nach einer allgemeinen, sich auf die ganze Bevölkerung oder doch einen großen Teil derselben sich erstreckenden, wird dort laut werden, wo das Kropfgefühl einen namhaften Teil der Bevölkerung befällt, wo also der Kropf endemisch auftritt. Es ist darum begreiflich, daß der erste in großem Maßstabe ausgeführte Versuch einer allgemeinen Kropfprophylaxe in der Schweiz gemacht wurde, dem vom Kropf am schwersten heimgesuchten Lande Europas.

Doch auch in großen Teilen von Österreich, nämlich in den Alpengebieten, ist der Kropf recht häufig; besonders Steiermark ist wegen seiner Kröpfe berühmt; doch könnten ihm Salzburg,

Kärnten, einzelne Teile von Tirol mit Recht diesen Ruf streitig machen, und diese an die Alpen gebundene Kropfendemie folgt ihren Ausläufern bis weit nach Bayern, nach Ober- und Niederösterreich hinein.

Wenn man sich aber von dem Grade der Verkropfung einer Gegend ein einigermaßen zuverlässiges, zahlenmäßiges Bild machen will, stößt man auf eine Schwierigkeit. Die *Kropfstatistik* wurde bisher systematisch nicht betrieben.

Die einzige regelmäßig durchgeführte Zählung der Kröpfe ergab sich gewissermaßen als Nebenprodukt bei einer zu ganz anderen Zwecken vorgenommenen Sichtung der Bevölkerung, und zwar nur ihres männlichen Anteiles, bei der *Rekrutierung*. Die Rekrutierung ergibt aber nur ein sehr ungefähres Maß der Kropfhäufigkeit. Denn erstens werden bei der Rekrutierung nur Kröpfe von einer gewissen Größe berücksichtigt. Es ist das Maß, nach dem das Vorhandensein von Kropf beurteilt wird, bei der Rekrutierung ein anderes, als bei der Schulstatistik. Die große Zahl der geringeren, doch auch schon als beginnender Kropf zu bezeichnenden Schilddrüsenvergrößerungen fällt bei ihr aus. Zweitens ergibt die Rekrutierung nicht einmal die ganze Zahl der entwickelteren Kröpfe, da es von den Vorschriften für die Rekrutierung abhängt, in welchen Fällen der Kropf als Untauglichkeitsgrund angeführt wird, und in welchen Fällen als Grund ein anderes Gebrechen, z. B. zu geringe Körpergröße, verzeichnet wird, auch wenn daneben Kropf vorhanden ist. Und die Zahl der unter dem Militärmaß bleibenden Kropfigen muß in Kropfgegenden bei dem Einflusse, den die Schilddrüse auf das Wachstum ausübt, nicht gering sein.

Den letzteren Fehler vermeidet die von STINER in der Schweiz durchgeführte Rekrutenstatistik, indem sie alle erheblichen Kröpfe bei Assentierten und Nichtassentierten umfaßt.

Es kann daher die Rekrutierung nicht ein absolutes Maß der Kropfhäufigkeit eines Landes oder Bezirkes abgeben, sondern nur ein *relatives*; zum Vergleich der Kropfhäufigkeit in verschiedenen nicht zu kleinen Gebieten ist sie immerhin, Gleichheit der Erhebungsbedingungen vorausgesetzt, geeignet. Für Deutschland und Österreich fällt aber diese Möglichkeit seit dem Aufhören der allgemeinen Wehrpflicht überhaupt aus.

Ein *absolutes* Maß der Kropfhäufigkeit ist dagegen zu erlangen durch die *Schulstatistik*, mittelst deren man die gesamte Bevölkerung erfaßt; allerdings nur die Altersklasse vom 6. oder 7. bis zum 14., und wenn man die Untersuchung auf die Mittelschulen ausdehnt, bis zum 18. oder 19. Jahr. Für die Vorschulzeit ist man auf Schlüsse und nicht auf Beobachtungen angewiesen. Denn alle Schulstatistiken über Kropf, deren in den letzten Jahren eine größere Anzahl mitgeteilt wurde, ergeben, daß der Kropf von den untersten Klassen zu den obersten *kontinuierlich zunimmt*, daß also mit zunehmendem Alter immer mehr Kinder vom Kropf befallen werden. Es müssen

also die Vorschuljahrgänge weniger Kröpfe haben als die 1. Schulklasse, und zwar abnehmend weniger, bis zur Zeit der Geburt, der Zeit des numerisch nicht sehr ins Gewicht fallenden angeborenen Kropfes. Für die Nachschulzeit fehlen aber zahlenmäßige Angaben ganz, und es ist auch kaum möglich, in der Nachschulzeit irgendwelche Altersklassen der gesamten Bevölkerung in bezug auf Kropf statistisch zu erfassen.

Was also mit den Kröpfen in der *Nachschulzeit* geschieht, darüber wissen wir eigentlich nichts Bestimmtes, und alle darauf bezüglichen Angaben entbehren einer zuverlässigen Grundlage.

Noch schwieriger aber ist es, *zeitliche und regionale Schwankungen* in der Ausbreitung der Kropfendemie genau festzustellen, denn es würde dazu eine durch längere Zeit ununterbrochene Aufnahme der Kropfhäufigkeit in den Schulen notwendig sein, die man, wenigstens in größerem Maßstabe angelegt, vergeblich sucht.

So kommt es also, daß man gegenüber einer auffallenden Erscheinung der letzten Jahre fast ausschließlich auf Eindrücke angewiesen ist, denen zahlenmäßige Nachweise nicht zugrunde liegen.

Es ist nämlich nicht zu verkennen, daß in den letzten Jahren eine beträchtliche Zunahme der Kropfhäufigkeit in vielen Gegenden eingetreten ist, in denen der Kropf früher wenig oder kaum vorkam; eine Erscheinung, die ich als „*Kropfwelle*“ bezeichnen möchte. Solche Berichte kamen aus verschiedenen Gegenden von Deutschland, auch aus vielen Teilen von Österreich und Ländern, die früher zu Österreich gehörten, z. B. Böhmen und Mähren, Ungarn. Speziell in Wien ist nicht nur mir, sondern auch anderen Beobachtern aufgefallen, daß vor einigen Jahren die Zahl der Kröpfe, besonders bei jugendlichen Individuen und vorwiegend beim weiblichen Geschlecht, in einer erschreckenden Weise zugenommen haben.

Es lagen aber zum allergrößten Teile nur Eindrücke vor, nicht aber zahlenmäßige Nachweise. Diese Kropfwelle hat uns unvorbereitet überfallen. Und wenn z. B. anlässlich einer im Herbst 1923 in ganz Österreich durchgeführten Aufnahme des Schulkropfes sich ergeben hat, daß in Wien 41,7% der Knaben und 46,2% der Mädchen im schulpflichtigen Alter Vergrößerungen der Schilddrüse zeigten, und in einzelnen Bezirken von Wien bis zu 63% der Knaben und 69% der Mädchen, so konnte man wohl mit Recht sagen, daß es früher gewiß nicht so arg war; aber zahlenmäßige Nachweise dafür, daß es sich da um eine kürzlich erfolgte Zunahme der Kröpfe und nicht um einen stationären Zustand handle, fehlen, da man früher solche Aufnahmen nicht gemacht hat und daher ein Vergleich nicht möglich ist.

So liegen also nur ganz vereinzelt Untersuchungen vor, die dieser Kropfwelle eine zahlenmäßige Unterlage geben und zugleich etwas aussagen über die Zeit, in der sich diese Kropfwelle bemerkbar gemacht hat. Dr. LÄMEL hat als Schularzt in Berndorf, einem kleinen Industrieorte in

Niederösterreich, seit 1907 regelmäßige Aufschreibungen über das Vorkommen von Kropf bei den Schulkindern gemacht und fand immer Zahlen von 1,5—3% bei Knaben und 2—6% bei den Mädchen. Bis zum Jahre 1920/21 zeigte sich keine Änderung. 1921/22 stieg die Ziffer teilweise bis aufs Dreifache. 1922/23 fand sich fast bei 20% der Mädchen Kropf. 1923/24 waren unter den Knaben 35%, unter den Mädchen 57% kropfig. Wir erfahren also aus diesen Zahlen, wann die Kropfwelle eingesetzt hat (wenigstens an diesem Orte) und welchen Grad die Steigerung der Kropfhäufigkeit dort gefunden hat.

Über eine Zunahme des Kropfes in den letzten Jahren wird auch aus vielen Gegenden Deutschlands berichtet, so von München, Nürnberg, Bamberg, Würzburg, Essen, Freiburg i. B., Marburg, Bezirk Kassel, Taunus, verschiedenen Gegenden Württembergs usw.

Vergleichsdaten finde ich aber nirgends angegeben außer von Dr. FÜRST, Münchener Fortbildungsschüler betreffend, der berichtet, daß KAUP im Jahre 1913 bei 14—15jährigen Schülern 32,4% Kropf fand, während FÜRST an denselben Altersklassen dieser Schulen 1920 41,5% Kropf fand. Die „Kropfwelle“ scheint aber nach den Untersuchungen Dr. LÄMELS erst in den Jahren nach 1920 besonders wirksam geworden zu sein. Da aber Dr. FÜRST bei demselben Material 1920 41,5% und 1921 ca. 40% Kröpfe fand, scheint die Kropfwelle in München zu dieser Zeit entweder noch nicht eingesetzt zu haben oder bereits ihren Höhepunkt erreicht zu haben. Man könnte das erstere für richtig halten, da Dr. GUDDEN im Jahre 1922 anlässlich einer Diskussion in der Münchener Gesellschaft für Kinderheilkunde mitteilt, daß in den weiblichen Fortbildungsschulen in München fast 90% der Mädchen mit Kropfanlage behaftet sind. Aber FÜRST berichtet über Knaben, GUDDEN über Mädchen. Die Zahlen sind also nicht vergleichbar, da die Mädchen in allen Statistiken mehr Kröpfe aufweisen als die Knaben.

Bei dieser Sachlage suchte die Gesellschaft für Kinderheilkunde in München ins klare zu kommen durch eine Umfrage bei den Amtsärzten, von denen 38% die Frage nach einer Zunahme des Kropfes in den letzten Jahren bejahten, hauptsächlich die Amtsärzte aus Oberbayern, Unterfranken, Schwaben, Pfalz. Da aber gar keine Zahlen über die Kropfhäufigkeit diesem Urteile zugrunde lagen, also nicht Kröpfe sondern nur Meinungen von Amtsärzten gezählt wurden, konnte diese Umfrage wenig Klarheit in die Frage bringen. Es ist darum dringend zu wünschen, daß die statistische Erhebung der Kropfhäufigkeit in den Schulen besser organisiert und überall nach gleichen Grundsätzen durchgeführt werde. Denn nur so wird man ein zuverlässiges Urteil über die Wirksamkeit der an so vielen Orten eingeleiteten Maßregeln zur Bekämpfung des Kropfes gewinnen können. In Österreich wurde hiermit ein Anfang gemacht, indem von der obersten Sanitätsbehörde eine sich

auf ganz Österreich erstreckende Aufnahme des Kropfvorkommens in den Volksschulen angeordnet und durchgeführt wurde, deren Ergebnisse, die Landeshauptstädte betreffend, durch v. SCHRÖTTER ausführlicher veröffentlicht wurden, während über die Länder, mit Ausnahme der Landeshauptstädte, nur kurze summarische Angaben gemacht wurden.

Die Zahlen lauten in Prozenten für Wien 44,5, Niederösterreich 40,5, Linz 44,0, Oberösterreich 45,5, Stadt Salzburg 64, Land Salzburg 59,0, Graz 59,5, Steiermark 50,0, Klagenfurt 67,0, Kärnten 58,0, Innsbruck 53,5, Tirol 51,0. Es ergibt sich interessanterweise, daß mit Ausnahme von Oberösterreich in den Landeshauptstädten mehr Kropf gefunden wurde, als außerhalb derselben.

Die Überzeugung, daß der Kropf im Zunehmen begriffen sei, einerseits, die durch das Beispiel der Schweiz gegebene Anregung andererseits, haben die allgemeine Aufmerksamkeit auf die Kropffrage gerichtet; es hat sich, wie ich einer Mitteilung von KLEIN, Essen, entnehme, sogar der deutsche Städtetag mit dem Problem der allgemeinen Kropfprophylaxe befaßt und diesbezüglich eine Rundfrage an alle deutschen Städte ergehen lassen.

Die Erkenntnis, daß es möglich sei, dem Kropf durch Verabreichung von Jod in unschädlichen Dosen wirksam beizukommen, hat dazu geführt, daß man an mehreren Orten Versuche einer allgemeinen Bekämpfung des Kropfes in Angriff genommen hat.

Es stehen sich da 2 Methoden gegenüber: die Behandlung in den Schulen und die auf die ganze Bevölkerung sich erstreckende Prophylaxe durch jodiertes Salz, „Vollsalz“ genannt.

Die allgemeine Prophylaxe durch „Vollsalz“ hat vor der Behandlung mit kleinen Joddosen in den Schulen viele Vorzüge. Die letztere kann überhaupt nicht als eine Prophylaxe bezeichnet werden, denn sie wird ja in der Regel nur bei den Kindern angewendet, die schon mit Kropf behaftet sind und schützt weder die Bevölkerung im vorschulpflichtigen noch im nachschulpflichtigen Alter vor dem Entstehen resp. Wiederauftreten des Kropfes.

Ferner hat die Vollsalzprophylaxe den Vorteil, daß sie, einmal eingeführt, zu einer selbsttätigen Einrichtung ausgestaltet werden kann, die ohne weiteres Zutun dauernd wirksam wird.

Allerdings kann sie dieses Ziel nur unter gewissen Bedingungen erreichen.

Es ist zunächst die Frage zu beantworten, wie lange die Vollsalzprophylaxe fortgesetzt werden soll? Darauf wird man keine andere Antwort geben können als die, welche bereits HUNZIKER in seinem Buche: „Die Prophylaxe der großen Schilddrüse“ gegeben hat: „so lange als Menschen ein bedrohtes Gebiet bewohnen, bei der seßhaften Bevölkerung also für alle Zeiten.“

In der Schweiz und den angrenzenden Alpenländern ist der Kropf nachweisbar seit Jahrhunderten endemisch, und wir können nicht er-

warten, daß sich daran etwas ändern wird. Und wenn wirklich der Jodmangel die wichtigste Bedingung der Entstehung des Kropfes ist, erweist sich ja die Vollsatz-Prophylaxe als das richtige Mittel zur Bekämpfung desselben.

Man wird sich also klar darüber werden müssen, daß man die Vollsatzprophylaxe zu einer dauernden Einrichtung machen muß, soll ihre Einführung überhaupt einen Sinn haben. Dazu ist zweierlei notwendig: die *dauernde Herstellung* des Vollsatzes und der *richtige Vertrieb* desselben.

Die dauernde Herstellung des Vollsatzes begegnet dort keinen Schwierigkeiten, wo das Kochsalz ein Monopolartikel ist. Es bedarf dort nur eines Auftrages an die Salinen, Vollsatz in der erforderlichen Menge herzustellen. Größeren Schwierigkeiten begegnet die Herstellung dort, wo der Einfluß der Staatsgewalt auf die Salinen ein weniger bestimmender ist.

Es ist vor allem die Festsetzung des Preises von Wichtigkeit. Soll die Vollsatzprophylaxe nicht von vornherein mit einer schweren Hemmung belastet sein, so ist es notwendig, daß das jodierte Salz denselben Preis habe wie das nicht jodierte Salz. Das ist dort, wo die Salzerzeugung Staatsmonopol ist, leicht zu erreichen, indem die übrigen verhältnismäßig geringen Mehrkosten der Jodierung in den allgemeinen Salzpreis eingerechnet werden.

Viel schwieriger ist es, den Vertrieb des Vollsatzes so zu gestalten, daß dasselbe dauernd zur Wirksamkeit kommt. In der Schweiz hat man eine verhältnismäßig große Verbreitung des Vollsatzes in kurzer Zeit erreicht durch *Propaganda* vermittelt Vorträgen, Artikeln in fachlichen und nicht fachlichen Zeitschriften, durch Flugblätter, Plakate usw., eine Propaganda, die mit großer Aufopferung von einer Anzahl von Ärzten, allen voran von den Herren BAYARD, HUNZIKER und EGGENBERGER, betrieben wird. Diese Propaganda war und ist gewiss notwendig, um das Vollsatz einzuführen. Man darf sich aber nicht darüber täuschen, daß eine dauernde Einrichtung nicht durch Propaganda allein aufrecht erhalten werden kann. Allmählich erblaßt das Interesse an einer Sache, die eifrigen Verfechter scheiden vom Schauplatze, und schließlich kommt das Vollsatz wieder in Vergessenheit, weil es niemand mehr verlangt.

Denn es wurde ja von Anfang an das *Prinzip der Freiwilligkeit* aufgestellt; es sollte niemand zum Bezuge des Vollsatzes gezwungen werden, und dieses Prinzip ist bisher in allen Kantonen der Schweiz, die das Vollsatz zugelassen haben, aufrecht geblieben, bis auf zwei Kantone, *Waadt* und *Nidwalden*, welche das Vollsatz obligatorisch einführen (mit Ausnahme geringer Quantitäten nicht jodierten Salzes für diejenigen, die das Vollsatz nicht vertragen oder nicht zu vertragen glauben).

Wenn man aber auch an dem Prinzip der Freiwilligkeit festhalten will, so gibt es doch verschiedene Grade der Freiwilligkeit. Mit Wahrung dieses Prinzips kann die staatliche Autorität ver-

fügen, daß Gebiete, die dessen bedürfen, prinzipiell mit Vollsatz versorgt werden sollen, und nur für diejenigen, die ausdrücklich jodfreies Salz verlangen, solches bereit gehalten werden soll.

Ich habe der österreichischen Sanitätsbehörde empfohlen, daß in jenen Gebieten, die kropfverseucht sind, jedermann Vollsatz bekommen soll, der nicht ausdrücklich jodfreies Salz verlangt; dagegen in Gebieten, in denen der Kropf keine große Rolle spielt, jeder unjodiertes Salz bekommen soll, der nicht ausdrücklich Vollsatz begehrt.

Ich will nicht behaupten, daß dieses Prinzip tatsächlich durchgeführt ist; denn es scheint, daß von dem bisher in Österreich erzeugten Vollsatz die eigentlichen Alpenländer, die dessen am meisten bedürften, verhältnismäßig wenig Vollsatz konsumiert haben, während Wien sehr reichlich mit Vollsatz versorgt wurde.

Ich kann bei dieser Gelegenheit mitteilen, daß Wien, das vor wenigen Jahren sehr stark kropfverseucht war, am besten Wege zu sein scheint, kropffrei zu werden. Ich stütze mich dabei nicht bloß auf meinen persönlichen Eindruck, der mir von vielen Seiten als zutreffend bestätigt wird, sondern auch auf die Mitteilung aus chirurgischen Kliniken, die über eine auffallende Abnahme des Zuges von Kropfkranken berichten. Es läßt sich allerdings ohne genauere statistische Erhebungen nicht feststellen, ob diese höchst auffällige Abnahme der Kröpfe auf den Gebrauch des Vollsatzes, das seit Herbst 1923 in Österreich eingeführt ist, zurückzuführen ist, oder auf ein Abflauen der Kropfwelle, die vor mehreren Jahren hereingebrochen ist.

Wenn ich nach dieser Abschweifung auf den Vertrieb des Vollsatzes zurückkomme, muß ich sagen, wenn man wirklich in einem Gebiete eine dauernde Vollsatzprophylaxe einführen will, wird nichts anderes übrig bleiben, als daß man es so mache, wie die Kantone *Waadt* und *Nidwalden* in der Schweiz, d. h., daß man die Einführung des Vollsatzes obligatorisch macht und nur für diejenigen Personen, die ausdrücklich jodfreies Salz verlangen, eine geringe Quantität desselben bereit hält; daß man also nicht die Freiwilligkeit des Bezuges von Vollsatz sondern nur die Freiwilligkeit der *Ablehnung* aufrecht erhalte.

Das ist aber eine sehr einschneidende Maßregel; und sie wird nur dort zu rechtfertigen sein, wo der Kropf so verbreitet ist, daß er als ein Volksübel im wahrsten Sinne des Wortes bezeichnet werden muß. Und die Vollsatzprophylaxe im angedeuteten Sinne als obligatorische Einführung des Vollsatzes, wird, um als dauernde Einrichtung aufrecht erhalten zu werden, auch noch die *Probe auf ihre Wirksamkeit* bestehen müssen, d. h., es wird sich zeigen müssen, ob unter ihrem Einflusse wirklich keine Kröpfe mehr entstehen. Es muß daher eine zuverlässige Kropfst Statistik der Vollsatzprophylaxe parallel gehen; es muß nachgewiesen werden, in welchem Maße das Auftreten von Kröpfen bei einer unter Vollsatzprophylaxe stehenden Bevölke-

rung sich vermindert. Diese statistische Erhebung kann naturgemäß nur in der Schule durchgeführt werden. Es wird dabei notwendig sein, daß man, wenn auch nicht alljährlich, so doch in regelmäßig sich wiederholenden Zeitpunkten das Kropfvorkommen in der Schule feststelle. Die österreichische Sanitätsverwaltung hat hierzu einen Anfang gemacht, indem sie im Herbst 1923, unmittelbar vor Einführung des Vollsatzes, in ganz Österreich nach einem einheitlichen Schema die Kropfhäufigkeit in den Schulen feststellen ließ.

An die Vollsatzprophylaxe knüpfen deren Vorkämpfer in der Schweiz große Hoffnungen, nicht bloß bezüglich des endemischen Kropfes sondern auch bezüglich der beiden ärgeren Übel, welche die Kropfendemie begleiten: des *endemischen Kretinismus* und der *endemischen Taubstummheit*.

Allerdings können diese Hoffnungen nur jene Forscher hegen, welche die Annahme teilen, daß zwischen diesen beiden Übeln und der Erkrankung der Schilddrüse ein enger Zusammenhang bestehe. Diesen Zusammenhang konnte man sich als einen direkten denken, nachdem die Folgen der Exstirpation der Schilddrüse einerseits, die Pathologie des Myxödems und der Athyreose anderseits bekannt geworden waren.

Es wurde die Theorie des *Hypothyreoidismus foetalis et infantilis* als Grundlage der kretinischen Entartung aufgestellt, zuerst von KOCHER, dem sich viele Autoren anschlossen.

Tatsächlich ließ sich die Übereinstimmung zwischen Kretinismus und den Zuständen nach Exstirpation der Schilddrüse bei Mensch und Tier sowie den Zuständen der Thyreoaplasie und des infantilen Myxödems bezüglich eines großen Teiles der Symptome des endemischen Kretinismus nachweisen.

Unterstützend wirkte für diese Theorie die Erfahrung, daß durch Fütterung mit Schilddrüsen-substanz eine Anzahl der Symptome des Kretinismus, ähnlich wie bei der Thyreoaplasie und bei dem infantilen Myxödem gebessert und beseitigt werden konnte.

Die Hypothyreosetheorie des endemischen Kretinismus blieb aber nicht unangefochten. Zunächst wurde, einem gangbaren Schlagworte folgend, gesagt, daß es sich nicht bloß um eine Störung der Schilddrüsenfunktion, sondern um ein Ergriffensein des *ganzen endokrinen Systems* handeln dürfte. Nun darf man nicht vergessen, daß der endemische Kretinismus in seinem Vorkommen an den endemischen Kropf gebunden ist, und daß über das selbständige endemische Vorkommen irgendeiner anderen endokrinen Störung gar nichts bekannt geworden ist.

Tatsächlich kommen allerdings gewisse Veränderungen von endokrinen Organen beim Kretinismus mit einer gewissen Regelmäßigkeit vor; Hypertrophie der Hypophyse, mangelhafte Entwicklung der Genitaldrüsen und frühzeitige Involution der Thymus.

Bezüglich der Befunde an Hypophyse und

Genitaldrüse muß aber betont werden, daß sie regelmäßig als Folge der Schilddrüsenexstirpation auftreten, also regelmäßig Folgen der Athyreose sind, und es daher sehr gewagt ist, sie bei der Hypothyreose als koordiniert der Schilddrüsenstörung und nicht subordiniert hinzustellen. Bezüglich der Geschlechtsdrüsen kann übrigens geltend gemacht werden, daß der Mangel ihrer Entwicklung durch eine rechtzeitig eingeleitete Schilddrüsenfütterung vollkommen ausgeglichen wird, also auch so sich die Abhängigkeit des Symptoms von der Störung der Schilddrüsenfunktion zeigt. Bezüglich der Thymus liegen entscheidende experimentelle Erfahrungen, welche über die Bedeutung der vorzeitigen Involution Aufklärung bringen könnten, nicht vor. Sicher ist aber, daß ihre frühzeitige Involution auch bei der Thyreoaplasie und Cachexia strumipriva beobachtet wird.

Es wurde ferner der Einwand gemacht, daß der Befund an der Schilddrüse selbst der Theorie des Hypothyreoidismus widerspräche. Von anatomischem Standpunkte aus ergibt sich, daß bei Kretinen häufig weitgehend atrophische Schilddrüsen gefunden werden, und daß sich histologisch oft die schwersten Parenchymveränderungen und sklerotische Prozesse finden. Es muß aber zugegeben werden, daß man bei vielen Kröpfen Kretinischer auf anatomisch-histologischem Wege die Möglichkeit einer ausreichenden Funktion nicht bestreiten kann. Es fragt sich nur, ob die Forscher Recht haben, welche glauben, daß man aus dem *Aussehen* einer Drüse unmittelbare Erkenntnisse über deren Funktion schöpfen könne. Experimentelle Prüfungen der funktionellen Wirksamkeit von Schilddrüsen-substanz und Schilddrüsenvenenblut, die DE QUERVAIN und seine Schüler in sehr sinnreichen Versuchen durchführten, ergaben verminderte funktionelle Wirksamkeit der Schilddrüsen-substanz von Kretinen und Unwirksamkeit ihres Schilddrüsenvenenblutes.

Die Untersuchung des Gasstoffwechsels der Kretins ergab als regelmäßige Erscheinung eine starke Herabsetzung, was man auch als Bestätigung einer Unterfunktion der Schilddrüse ansehen kann.

Eingehendere Beschäftigung mit der Frage des Kretinismus führten aber zu gewissen Wandlungen in der Hypothyreoidismustheorie. Die Symptome des Kretinismus sind nicht bei allen Kretinen in gleicher Weise ausgeprägt; das kommt besonders deutlich zum Ausdruck bei jenen Fällen, die im Bereiche der Endemie so häufig zu finden sind, und die nur ein abgeschwächtes, oder ein partielles Bild des Kretinismus zeigen. Ferner beobachtet man recht häufig ein Mißverhältnis zwischen dem Grade der Wachstumsstörung, der die Hautveränderungen meistens parallel gehen, und dem Grade der geistigen und der Gehörstörung. So mußte man auf die Vermutung kommen, daß das Schilddrüsensekret keine einheitliche, immer gleiche Substanz sei; sondern daß es in verschiedenen Fällen eine verschiedene Zusammensetzung habe, resp. daß es aus verschiedenen Stoffen bestehe,

deren Bildung in der Schilddrüse nicht immer in gleicher Weise behindert zu sein brauche.

So entwickelte sich die Anschauung qualitativer Verschiedenheit der Schilddrüsensekrete; es entstand die Theorie der *Dysthyreose*. Sie wurde gestützt durch die Beobachtungen von DE QUERVAIN, HOTZ und anderen Chirurgen, daß in manchen Fällen von Kretinismus die operative Verkleinerung des Kropfes einen günstigen Einfluß auf einzelne Symptome des Kretinismus hatte.

Es ist also wahrscheinlich verfehlt, wenn wir uns die Schilddrüsenfunktion nur quantitativ abstuft denken, und von Hypothyreoidismus und Hyperthyreoidismus wie von unvereinbaren Gegensätzen sprechen. Gibt es doch Fälle von Basedow, bei denen sich zu hyperthyreotischen Symptomen hypothyreotische hinzugesellen. Wir sehen ferner bei der Behandlung des endemischen Kretinismus mit Schilddrüsensubstanz, daß Hypo- und Hyperthyreoidismus gar nicht so weit auseinander wohnen, so daß man bei unvorsichtiger Dosierung leicht bedenkliche hyperthyreotische Symptome durch Schilddrüsenfütterung auslösen kann, viel leichter als bei Menschen mit normaler Schilddrüse.

Es sind besonders zwei Symptome, die im Gesamtkrankheitsbilde des endemischen Kretinismus häufig vorkommend, der Erklärung durch eine bloß hypothyreotische Störung Schwierigkeiten bereiten: die *kretinische Idiotie* einerseits, die *endemische Taubstummheit* anderseits. Beide kommen nicht selten in Fällen vor, bei denen die übrigen Symptome des Hypothyreoidismus recht un deutlich ausgeprägt sind.

Die Schwierigkeit, diese beiden Störungen aus der Hypothyreose zu erklären, sind übrigens nicht bei beiden gleich groß. Bezüglich der Taubstummheit liegt der von SIEBENMANN anatomisch genau untersuchte Fall von Thyreoplasie mit dem Befunde eines vollkommen normalen mittleren und inneren Ohres vor. Es ergibt sich daraus, daß eine normale Entwicklung des Gehörorganes auch bei vollständigem Fehlen der Schilddrüsenfunktion zustande kommen kann, während ein entsprechender Beweis für die Unabhängigkeit der Hirnentwicklung von normaler Schilddrüsenfunktion nicht vorliegt.

Endlich kann auch das negative Ergebnis des organotherapeutischen Versuches bei Fällen von angeborenem kretinischem Blödsinn (zu unterscheiden von kretinischem Schwachsinn) und bei kretinischer Taubstummheit gegen die Hypothyreosetheorie bezüglich dieser beiden Störungen geltend gemacht werden.

Wenn man, die thyreogene Entstehung dieser Symptome aufrechterhaltend, dieselben als durch dysthyreotische Störungen entstanden erklären will, wird man bei der hypothetischen Natur dieser durch Tatsachen nicht ausreichend gestützten Theorie diejenigen nicht widerlegen können, die annehmen, daß der hypothyreotische Symptomenkomplex mit seinen Beziehungen zum endemischen

Kropf, die kretinische Idiotie und die endemische Taubstummheit koordinierte Krankheitserscheinungen darstellen, die auf eine gemeinsame Schädlichkeit zurückzuführen sind.

Denn daß diese Krankheitserscheinungen ätiologisch miteinander gar nichts gemeinsam hätten, dagegen spricht ihr gemeinsames Vorkommen, nicht nur im Sinne des räumlichen Zusammenfallens der Endemien, sondern auch in dem Sinne, daß sie sehr häufig bei einem und demselben Individuum vereint auftreten.

Bei diesem Anlasse muß ich mich gegen HUNZIKER wenden, insofern dieser Autor auf Grund eines sehr komplizierten statistischen Verfahrens nachweisen will, daß eine ätiologische Gemeinsamkeit zwischen Taubstummheit einerseits, Kropf und Kretinismus anderseits nicht bestehe. Was nutzen aber die scharfsinnigsten statistischen Erwägungen, wenn das Ausgangsmaterial unrein ist. Und das ist bei der statistischen Behandlung der Taubstummheit der Fall. Es gibt eine endemische und eine nicht endemische Taubstummheit, wie es eine endemische d. h. kretinische Idiotie und eine nicht kretinische Idiotie gibt. Während aber in Gegenden, wo Kretinismus endemisch ist, die nicht kretinischen Fälle von Idiotie numerisch keine große Rolle spielen, ist dies nicht der Fall bei der Taubstummheit, die auch außerhalb des Gebietes der Endemie von Kropf und Kretinismus recht häufig ist; und zudem ist es gar nicht möglich, die beiden Formen strenge auseinanderzuhalten. Und zum Überfluß üben auf die Häufigkeit der nicht endemischen Taubstummheit auch ätiologische Momente von regionärer Begrenztheit Einfluß, z. B. Epidemien von Meningitis cerebrospinalis, von Scharlach, von Masern usw.

Die Hoffnung, durch eine gegen den Kropf gerichtete Prophylaxe auch den Kretinismus mit seinen Begleiterscheinungen zu treffen, findet eine starke Stütze in der Annahme vieler Autoren, daß beim Zustandekommen kretinischer Zustände die *mütterliche Schilddrüse* eine große Rolle spiele.

Die Annahme, daß eine mangelhaft funktionierende mütterliche Schilddrüse die foetale Schilddrüse so ungünstig beeinflussen könnte, daß dieselbe der Einwirkung der kropferzeugenden Schädlichkeit nicht gewachsen sein könnte, daß sie also auf dieselbe nicht mit Funktionssteigerung antworten könne, ermangelt nicht der Wahrscheinlichkeit. Man müßte also, wenn diese Annahme zutrifft, die Behandlung des Kretinismus nicht erst beim kretinischen Individuum einleiten, sondern bei dessen Mutter. Und unter dieser Voraussetzung könnte man mit Recht erwarten, daß eine wirksame Kropfprophylaxe das richtige Mittel zur Bekämpfung des Kretinismus wäre.

Wie wird man aber erkennen, ob die Vollsalsprophylaxe auf die Entstehung von Kretinismus und Taubstummheit einen Einfluß habe? Es wird unbedingt notwendig sein, diese Übel statistisch zu erfassen, und zwar in Jahr für Jahr fortgesetzter

Zählung. Und wo sollen diese Übel gezählt werden? Da sie in der frühesten Kindheit entstehen oder schon bei der Geburt vorhanden sind, wird man sie schon in der Schule statistisch erfassen können, natürlich nicht bloß durch die Zählung der die Schule besuchenden Kretins und Taubstummen; denn die ausgesprochenen Fälle der einen und der anderen Störung besuchen ja die Schule nicht; sondern durch Zählung der Kinder, die wegen dieser Störungen vom Schulbesuche befreit sind.

Und da die Vollsatzprophylaxe in der Schweiz, in Österreich, in Teilen Deutschlands und auch

anderwärts schon im Gange ist, wird es hoch an der Zeit sein, diese Statistik einzurichten, sollen nicht die zum Vergleich dienenden Zahlen der vorprophylaktischen Ära verloren gehen. Das möchte ich bei dem heutigen Anlasse den betreffenden Sanitätsbehörden dringend ans Herz legen.

Die österreichische Sanitätsverwaltung hat sich mit diesem Problem bereits zu befassen begonnen. In einem von dieser Behörde eingeholten Gutachten habe ich auseinandergesetzt, wie diese Statistik, meinen Erfahrungen auf diesem Gebiete entsprechend, einzurichten wäre.

Über Kropfprophylaxe.

Von F. DE QUERVAIN, Bern.

Bevor ich auf unseren Gegenstand eingehe, möchte ich des vor wenigen Monaten verstorbenen Prof. Horz gedenken, welcher an dieser Stelle zu Ihnen hätte sprechen sollen, wenn ihn nicht der Tod uns entrissen hätte. Wir werden uns stets seines Anteiles an der Abklärung der schwebenden Fragen erinnern. Ihrem Vorstande verdanke ich die freundliche Aufforderung, in die Lücke zu treten und Ihnen über einen Gegenstand zu berichten, der mich schon seit Jahren beschäftigt.

Es liegt im Zuge der Zeit, daß, wie für andere Schäden an der Volksgesundheit, so auch für den endemischen Kropf nicht nur Behandlung, sondern vor allem Verhütung angestrebt wird. Dem oberflächlichen Beobachter könnte es sogar scheinen, die Kropfprophylaxe sei ein Kind der auf allen Gebieten der Hygiene so eifrigen Nachkriegsperiode. Dem ist aber nicht so. Ein Rückblick auf die letzten 75 Jahre zeigt uns, daß schon seit der Mitte des letzten Jahrhunderts in kropfreichen Gegenden immer wieder versucht wurde, die Kropfbildung mit den Mitteln zu verhindern, welche auch jetzt wieder zur Diskussion stehen. Diese Versuche schloßen sich vor allem an die Namen CHATIN, BOUSSINGAULT, GRANGE, BAILLAGER, MOREL in Frankreich; KOSTL, WAGNER von JAUREGG in Österreich; GALLI-VALERIO, HUNZIKER, BAYARD, KOCHER, ROUX, KLINGER, EGGENBERGER in der Schweiz und ungefähr gleichzeitig MARINE, LENHART, ROGOFF und KIMBALL in den Vereinigten Staaten. In der Schweiz wurden diese Bemühungen, soweit dies bei der föderalistischen Verfassung unseres Landes möglich war, zentralisiert durch die Anfang 1922 auf Anregung des schweizerischen Gesundheitsamtes einberufene, oder richtiger, zu neuem Leben erweckte Kropfkommision, welcher für die chemischen Untersuchungen Dr. TH. v. FELLEBERG zur Seite stand. Auch außerhalb des engeren Rahmens der Kommission wurde von vielen Seiten positiv und negativ, durch eifriges Ins-Werk-Setzen der Prophylaxe und durch Kritik gesucht, das Problem abzuklären. In der Kropfkommision selbst schützte das Nebeneinanderbestehen der extremsten Auf-

fassungen vor einseitigem Vorgehen. Noch jetzt befinden wir uns im Stadium des Versuchs, und es liegt, wie wir später sehen werden, in der Natur der Sache, daß nach kaum mehr als dreijährigen praktischen Erfahrungen ein abschließendes Urteil nicht abgegeben werden kann. Daß aber die in dem Kropflande par excellence gemachten Erfahrungen schon in ihrem gegenwärtigen Stadium auch für weniger verkropfte Länder ein gewisses Interesse besitzen, das geht aus der Tatsache hervor, daß Sie einen Schweizer mit der Aufgabe betraut haben, vor Ihnen heute das erste Referat zu halten.

Der Ausgangspunkt der heutigen Bestrebungen ist die vom Genfer PREVOST 1849 zum erstenmal angedeutete, von dem Pariser Chemiker CHATIN auf Grund ausgedehnter Untersuchungen bis in ihre letzten damals möglichen Konsequenzen ausgearbeitete Theorie von der Entstehung des Kropfes durch Jodmangel in der Nahrung. Diese Theorie schien 1896 eine physiologische Bestätigung zu erhalten durch den Nachweis des Jods als regelmäßigen Bestandteil der Schilddrüse durch den deutschen Chemiker BAUMANN und seither durch die von Jahr zu Jahr bestimmter erkannte Bedeutung dieses Elementes für die Schilddrüsenfunktion.

Zwei Schweizer Ärzte, HUNZIKER und BAYARD, haben seit 1915 unabhängig voneinander aus dem bis dahin vorliegenden Tatsachenmaterial den logisch erscheinenden Schluß gezogen, daß die Kropfbildung den Jodmangel in der Nahrung kompensieren solle, also eine Art von physiologischem Abwehrvorgang gegen die durch den Jodmangel bedingte Schädigung des Organismus sei. Dieser Auffassung, welche in ihrer absoluten Form als exogenen Faktor nur den Jodmangel annimmt, schloß sich in der Folge besonders EGGENBERGER an. Nun gibt es aber noch eine andere Möglichkeit, den seit CHATIN trotz gewisser Ausnahmen in der Hauptsache bestätigten Zusammenhang zwischen Jodmangel in der Umwelt und Kropfhäufigkeit zu deuten: Gewisse, noch nicht näher bekannte alimentäre, bakteriell-toxische und vielleicht auch allgemein-hygienische exogene

Momente können die Schilddrüse derart schädigen, daß sie mit dem ihr in der betreffenden Gegend von der Natur zur Verfügung gestellten Jod nicht mehr auskommt bzw. daß ein unter besseren hygienischen Verhältnissen noch zulässiger Jodmangel zu einer Unterbilanz und damit zu einer kompensatorischen Hyperplasie des Organs führt. Ein wenn auch geringer Jodzusatz in der Nahrung würde es der Schilddrüse erlauben, selbst unter im übrigen ungünstigen Bedingungen noch normal zu arbeiten. Eine solche Auffassung würde derjenigen entsprechen, welche schon vor 50 Jahren BAILLARGER, GRANGE u. a. von der Bedeutung des Jodmangels hatten, und stände insbesondere in Übereinstimmung mit den so bedeutungsvollen Untersuchungen von McCARRISON, GALLI-VALERIO, MESSERLI, GAYLORD, MARINE über den Einfluß von bakteriell-toxischen Substanzen und von Nahrungsschäden auf die Kropfbildung. Der Jodmangel wäre also ein wichtiger exogener Faktor bei der Entstehung des endemischen Kropfes, aber nicht der einzige. Das Problem der endogenen Faktoren: Rassen- und familiäre Anlagen und Einwirkungen bleibt dabei noch offen. Wir glauben sagen zu können, daß sich die Mehrzahl der schweizerischen Forscher, insbesondere auch GALLI-VALERIO und MESSERLI selbst, dieser auch von uns angenommenen weiter gefaßten Deutung des Jodmangelprinzips anschließt.

Der Gegenstand der ganzen Diskussion und unserer prophylaktischen Bestrebungen ist dabei, wie wir gleich eingangs betonen wollen, das was wir als die *endemische Thyreopathie* bezeichnet haben, d. h. jene in gebirgigen Gegenden der ganzen Welt, besonders im Alpengebiet und im Himalaja, beobachtete Trias von Symptomenbildern, die sich in den Begriffen *endemischer Kropf*, *Kretinismus* und *kretinistische Schwerhörigkeit* verkörpert. An der Peripherie der Gebiete schwerster Verkropfung finden wir jeweilen eine breite Zone, in welcher bloß der *endemische Kropf*, aber nicht mehr der *Kretinismus* vorkommt, und in welcher nicht mehr, wie im Zentrum der Endemie, der *kleinfollikuläre* bzw. *trabekuläre* (sog. adenomatöse) knotige, sondern der *makrofollikuläre*, diffuse oder knotige, sog. *Kolloidkropf* vorherrscht. Wie in bezug auf die Prophylaxe jene Endemien zu bewerten sind, bei welchen *ohne Anschluß an Zentren schwerer Verkropfung leichtere* meist *diffuse* Formen von *Kolloidkropf* gehäuft auftreten, darauf werden wir später zu sprechen kommen.

Nehmen wir den nachteiligen Einfluß des Jodmangels in irgendeiner Form als etwas gegebenes an, so stellt sich die Aufgabe, denselben in einer praktisch durchführbaren Weise zu kompensieren, und zwar nicht bloß für das kropfig gewordene Individuum, sondern vor allem für das werdende Kind in utero. Die pathologisch-anatomischen Untersuchungen (WEGELIN) haben nämlich gezeigt, daß in Gegenden mit schwerer Endemie, wie Bern, sozusagen alle Neonaten mit einer vergrößerten Schilddrüse zur Welt kommen. Für den

größten Teil der späteren Kropfträger muß deshalb die Prophylaxe schon vor der Geburt beginnen. Alles weitere ist nicht mehr *Prophylaxe*, sondern in Wirklichkeit schon *Therapie*.

Für die Erfüllung dieses Postulates erschien seit CHATIN, die sog. *Kochsalzprophylaxe* als der einfachste automatische, bei richtiger Bemessung sowohl Unter- wie Überdosierung ausschließende Weg.

Von Anfang an war es klar, daß hierfür die Jodmenge so klein gewählt werden mußte, daß der Kropf der Erwachsenen nicht mehr beseitigt werden konnte. Für das Schulalter wurde schon damals das Bedürfnis empfunden, ein Mehreres zu tun, und es wurde als Ergänzung der Kochsalzprophylaxe die sog. Schulprophylaxe versucht, die wir aber von vornherein als *Schulbehandlung* bezeichnen müssen. Diesem Behandlungscharakter entsprechend, mußten die Dosen höher gewählt werden als für das Kochsalz, wenn in absehbarer Zeit ein greifbares Resultat erzielt werden sollte, und es mußte, wie für jede Kropfbehandlung, eine *ärztliche Überwachung* stattfinden.

Mit dieser Verbindung von allgemeiner Jod-Kochsalzprophylaxe und von Schulbehandlung hoffte man ein möglichst vollständiges Resultat zu erzielen.

Welches war aber das tatsächliche Ergebnis in den drei Departementen Frankreichs, in denen der Versuch vor über 60 Jahren gemacht wurde? Jod-Thyreotoxikose bei einer Anzahl von Erwachsenen, gute Erfolge in den Schulen, allerdings mit ziemlich häufigen Rezidiven, und — schließlich vielleicht auch unter dem Einfluß der politischen Ereignisse — Aufgeben des Versuches. Die Ursachen dieses Mißerfolges lagen in erster Linie in der mindestens 25mal zu hohen Jodbeimischung zum Kochsalz, welche eine allgemeine Durchführung der Prophylaxe von vornherein unmöglich machte, sodann in der nicht genügend durchgreifenden Durchführung des Versuches und nicht zum mindesten in der Gleichgültigkeit der Bevölkerung. Diese verschiedenen Faktoren machten es in der Tat unmöglich, die Prophylaxe während eines Menschenalters konsequent fortzusetzen, und doch wäre nur der Ausfall eines während einer solchen Zeitspanne durchgeführten Experimentes für oder gegen den Grundsatz der Prophylaxe beweisend gewesen. Wer, wie beim Kunstdünger, ein Urteil schon nach einem oder zwei Jahren abgeben will, der kommt beim Kropf nicht auf seine Rechnung. Wenn unsere Generation nicht auf das Verständnis der nachfolgenden rechnen kann, dann wird der Versuch auch diesmal zum Mißlingen verurteilt sein. Der Wille zur Durchführung desselben ist aber abhängig von einer *richtigen Dosierung*. Schon CHATIN hatte auf Grund seiner damals bei der Festsetzung der Dosis zu wenig berücksichtigten Untersuchungen die Zufuhr von ungefähr 10 mg Jod im Jahr für genügend erachtet, und BAYARD und HUNZIKER kamen bei ihren vorläufigen Versuchen über die untere Grenze der

Wirksamkeit des Jods auf ähnliche Werte während EGGENBERGER im Kanton Appenzell anfänglich auf das Vierfache ging. Die von CHATIN vorgeschlagene Menge würde bei normalem Kochsalzverbrauch (4–5 kg im Jahr) einen Zusatz von ungefähr 2,5 mg Jodkalium zum Kilogramm Kochsalz erfordern. Die schweizerische Kropfkommision hat sich 1922 auf einen Mittelwert, nämlich 5 mg Jodkalium pro 1 kg Kochsalz geeinigt, was einer jährlichen Zufuhr von 16 bis 20 mg von Jodelement entsprechen würde. Dieser Wert fand eine wertvolle Bestätigung in den auf Veranlassung der Kommission von Dr. v. FELLEBERG mittels einer verfeinerten Methode vorgenommenen Untersuchungen über das Jodvorkommen in der Nahrung und über den Jodumsatz im menschlichen Körper. Dr. v. FELLEBERG fand auf Grund der Jodbestimmung in der Nahrung und der Jodausscheidung durch Sekrete und Exkrete an kropfreichen und kropfarmen Orten, daß der tägliche Jodumsatz des Erwachsenen zwischen ca. 17 und 80 Millionstel g (= 17 – 80 γ) schwankt. Die nach dem Vorschlag der schweizerischen Kropfkommision im Kochsalz täglich zuzuführenden 40–50 Millionstel g würden demnach gerade den Ausfall an Jod in jodarmen Gegenden decken und wären deshalb als eine *physiologische Joddosis* aufzufassen, von welcher logischerweise ein Nachteil nicht erwartet werden sollte. Wenn wir trotzdem wiederholt betont haben, daß für vereinzelte Fälle eine Intoleranz auch dieser Dosis gegenüber nicht mit völliger Sicherheit ausgeschlossen werden könne, so geschah dies deshalb, weil sich schon diese minimale Dosis in einzelnen Versuchen beim Erwachsenen als *therapeutisch* wirksam zu erweisen schien. Jede einen Kropf des Erwachsenen zum Schwinden bringende Jodzufuhr kann nun bei abnorm gesteigerter Thyreosensibilität eine Thyreotoxikose, einen sog. Jodbasedow, auslösen. Daher unser gleich zu Anfang aufgestelltes Postulat, daß die prophylaktische *unter der therapeutisch wirksamen* Dosis liegen müsse. Allzuweit nach unten gehen wollte man aber nicht, um nicht das Unternehmen der Kropfprophylaxe von vornherein durch ungenügende Dosierung wirkungslos zu machen.

Was haben nun die bisherigen Erfahrungen in der Schweiz ergeben?

Wir beginnen mit der *Schulbehandlung*, welche wir immer nur als eine vorübergehende Ergänzung der Kochsalzprophylaxe für die ersten Jahre derselben angesehen haben, und welche EGGENBERGER für den Kanton Appenzell nach der systematischen Durchführung der Kochsalzprophylaxe ganz aufgegeben hat.

Auf eine tabellarische Zusammenstellung der Resultate muß ich verzichten, weil von einem größeren Teil der Schulen überhaupt noch keine Resultate vorliegen, und weil auch bei den mitgeteilten Ergebnissen die Kontrolle nicht nach einer einheitlichen Methode durchgeführt worden ist. Die für eine solche Vereinheitlichung der

Methodik von der schweizerischen Kropfkommision gemachten Vorschläge konnten von den meisten Untersuchern nicht mehr benutzt werden. Wo aber Nachuntersuchungen veröffentlicht oder uns persönlich mitgeteilt wurden, da lauteten sie ohne Ausnahme günstig (HUNZIKER, v. WYSS, BAYARD, STEINLIN, FRITZSCHE, SILBERSCHMIDT, KLINGER, LAUENER, HOFF, MESSERLI u. a.). Immerhin wurden von verschiedenen Seiten (so von MESSERLI) Fälle gemeldet, die sich nicht beeinflussen ließen, und in Bern (HOFF, LAUENER) war die Wirkung weniger ausgesprochen als in der Ostschweiz, obschon in Bern im allgemeinen im ersten Schuljahr sogar 3 mg Jodnatrium pro Woche verabreicht wurden, während die schweizerische Kropfkommision als gewöhnliche Dosis diejenige von 1 mg eines Jodsalzes vorgeschlagen hatte. Wir glauben aus diesen Beobachtungen schließen zu können, daß die therapeutischen Dosen einigermaßen nach der Intensität der Endemie abzustufen sind. Im allgemeinen wurde in der Weise vorgegangen, daß im ersten Schuljahr durchwegs die wöchentliche Dosis von 1 (–3) mg verabreicht wurde, in den weiteren Schuljahren je nach Erfolg, teils schematisch, teils individuell abgestuft, dieselbe Dosis in größeren als wöchentlichen Abständen. Vielfach wurden auch die Jodostarin-Schokoladentabletten der Firma Roche verwendet (5 mg Jod als Jodostarin plus 1 mg Jod als JK, also zusammen 6 mg Jod pro Tablette). Das Jodostarin wurde gewählt mit Rücksicht auf seine langsamere Resorbierbarkeit. Es ist in der Tat vielleicht für den Erfolg nicht gleichgültig, ob die Resorption einer in Intervallen gegebenen bestimmten Jodmenge sehr rasch stattfindet, wie bei den Jodalkalien, oder allmählich wie beim Jodostarin. Es ist auch denkbar, daß das Maximum der Einwirkung durch eine kleinere *tägliche* Dosis von Jodalkalien erzielt würde, so z. B. durch die Verteilung der wöchentlichen Dosis von 1–3 mg auf die 6 Schultage.

Wir können zusammenfassend sagen, daß sich die *Schulbehandlung* der vergrößerten Schilddrüse als ein brauchbares Unterstützungsmittel im Kampf gegen den Kropf erwiesen hat, trotzdem es stets widerspenstige Fälle geben wird, daß sie aber nach den bisherigen Erfahrungen jahrelang fortgesetzt werden muß, wenn sie nicht durch die Jod-Kochsalzprophylaxe in der Familie unterstützt wird. Hat sich die letztere einmal eingebürgert und erweist sie sich als wirksam, dann wird die Schulbehandlung überflüssig werden. Die im Kanton Appenzell gemachten Erfahrungen scheinen diese Auffassung zu unterstützen, wenn auch nach 2–3 Jahren Kochsalzprophylaxe die Schulresultate derselben dort nach ZELLER hinter denjenigen der Schulbehandlung etwas zurückblieben.

Was die Möglichkeit *nachteiliger Folgen* betrifft, so ist dieselbe nicht ohne weiteres von der Hand zu weisen, wenn schon das Kindesalter gegen Jod nach alter Erfahrung recht wenig empfindlich ist. Wir selbst haben einen zweifellosen Fall von

sog. Jodbasedow bei einem 15 Jahre alten Mädchen gesehen, das während zwei Monaten wöchentlich 1—2 Tabletten Jodostarin à 6 mg Jod eingenommen hatte, also etwa 1 mg Jod pro Tag. Auch die schweizerische Basedowstatistik enthält 9 Fälle von Jodbasedow im Alter von 12—16 Jahren. Allerdings wurden hier beinahe ausnahmslos höhere Dosen verabreicht, als in der allgemeinen Schulbehandlung. Jedenfalls sind solche Fälle im Vergleich zu der großen Zahl der bis jetzt behandelten Schulkinder außerordentlich selten, und in den uns mitgeteilten Schulstatistiken aus Bern, St. Gallen und Zürich werden trotz genauer Kontrolle keine derartigen Beobachtungen gemeldet. Wenn ausnahmsweise einmal Intoleranz vorkommt, so lassen sich die hyperthyreotischen Erscheinungen in der Regel durch Aussetzen des Jodes in der Regel leicht zum Rückgang bringen.

Über die *bisherigen Resultate der Jod-Kochsalzprophylaxe* können wir uns begreiflicherweise viel weniger bestimmt äußern, als über diejenigen der Schulbehandlung, da die Beobachtungszeit eine viel zu kurze ist, und da das Jodkochsalz bei weitem noch nicht allgemein verwendet wird.

Auf die ganze Schweiz berechnet betrug der Jod-Kochsalzverbrauch im Jahr 1924 ca. 20% des gesamten Kochsalzverbrauches, was ungefähr einer Benützerzahl von 700 000 Personen entsprechen würde. Jetzt stellt er ungefähr das Doppelte dar.

Das *einzige Testobjekt* wird für die nächsten Jahre noch die *Schilddrüse des Neugeborenen* sein. EGGENBERGER und ZELLER fanden ein Heruntergehen der meßbaren Schilddrüsenflächen auf ca. $\frac{1}{6}$ bei Neugeborenen, deren Mütter Jodkochsalz gebraucht hatten, im Vergleich zu den Kindern von Müttern mit Genuß von gewöhnlichem Salz. Noch wichtiger ist die von WEGELIN festgestellte Tatsache, daß die Neugeborenen-Schilddrüsen nach Jod-Kochsalzbehandlung der Mutter nicht nur kleinere Dimensionen aufweisen als beim Gebrauch gewöhnlichen Kochsalzes, sondern daß sie im Gegensatz zu der gewöhnlichen bernischen Neonatenstruma einen normalen histologischen Bau mit kolloidhaltigen Bläschen zeigen. Das der Mutter zugeführte Jod hat es also den Schilddrüsen der Neugeborenen möglich gemacht, Kolloid zu speichern wie die normal arbeitende Schilddrüse. — Die nächste Etappe für die Kontrolle wird die *Untersuchung der in die Schule eintretenden Kinder etwa von 1928 weg* sein. Bis diese erfolgt ist, müssen wir mit unserem Urteil zurückhalten. Kontrolluntersuchungen bei *Erwachsenen* halten wir für illusorisch, weil der Kropf des Erwachsenen von der Jod-Kochsalzprophylaxe am wenigsten beeinflußt wird, und weil Untersuchungen in großem Umfang vor und nach der Prophylaxe aus praktischen Gründen kaum durchführbar sind. Die Resultate der *Rekrutenuntersuchungen* sind bei den auch sonst beobachteten Schwankungen der Kropfhäufigkeit mit Vorsicht zu bewerten. Die Schulbehandlung wird sich bei

der Rekrutenuntersuchung nicht vor 1930 geltend machen und die Kochsalzprophylaxe nicht vor 1940 ihr volles Resultat zeigen können. Optimisten und Pessimisten werden also mit ihrem Urteil wohl oder übel noch warten müssen.

Wie steht es nun mit den durch die Kropfprophylaxe verursachten oder möglicherweise von ihr zu gewärtigenden *Schädigungen*? Es ist viel von direkten Schädigungen der *Brustdrüsen* und der *Geschlechtsdrüsen* durch Jod gesprochen worden, und man hat solche im Experiment in der Tat hervorgebracht. Es waren dazu aber, wie wir an anderer Stelle gezeigt haben, Dosen erforderlich, welche diejenigen der Schulbehandlung (mit 2 mg pro Woche) um das 900- bis 180 000fache übertreffen, die prophylaktische Dosis im Jodkochsalz sogar um das 1800- bis 360 000fache. Daß mit solchen Experimenten nichts bewiesen werden kann, das liegt auf der Hand. Es liegen auch keine klinischen Beobachtungen über Schädigungen dieser Drüsen durch die Kropfprophylaxe vor. In ein ganz anderes Kapitel, nämlich in dasjenige der Jod-Thyreotoxikose, schlagen die Fälle von *allgemeiner Abmagerung* und damit auch Schwund des Fettes der Brustdrüsen beim sog. *Jodbasedow*. Wir werden hiervon weiter unten sprechen. Von der Bevölkerung von Bordeaux, welche in ihrem Speisesalz viel mehr Jod erhält, als dies in der Schweiz durch das Jodkochsalz der Fall ist, hat bis jetzt nichts von Atrophie der Brustdrüsen oder von Unfruchtbarkeit verlautet.

Nach der gleichen Richtung hin wurde die Befürchtung geäußert, der *Milchertrag des Viehstandes* und seine *Fruchtbarkeit* könnten zurückgehen, wenn demselben jodhaltiges Kochsalz verabreicht würde. Die sorgfältigen Untersuchungen, welche Dr. STINER vom schweizerischen Gesundheitsamt während ungefähr eines Jahres an zwei genau kontrollierten Viehständen durchgeführt hat, haben aber das Gegenteil ergeben. Der Milchertrag nahm zu, der Fettgehalt und die Trockensubstanz der Milch ebenfalls etwas, und die Befruchtung der Kühe trat sicherer ein als vor der Verabreichung des Jodkochsalzes. Da die beiden Versuchsreihen unter ganz verschiedenen klimatischen Bedingungen, die eine in Bern, die andere im Kanton Tessin vorgenommen wurden, so dürfte ein bloßer Zufall auszuschließen sein.

Das Hauptbedenken liegt also nach wie vor in der Möglichkeit der Entstehung des sog. *Jodbasedow*.

Zuerst ein Wort über die *Nomenklatur*. Je mehr man sich mit dem Basedowproblem befaßt, um so mehr überzeugt man sich von den Schwierigkeiten, welche jede Klassifikation bietet. Genuiner Morbus Basedowii und Struma basedowificata, einschließlich des toxischen Adenoms der neueren Autoren, sind in ihren reinen Formen verschieden aussehende und vielleicht auch in ihrem Wesen verschiedene Krankheitsbilder. Sie können aber *beide* durch Jod ausgelöst werden, wenn schon weitaus die meisten Fälle von sog. Jodbasedow den

Typus des *toxischen Adenoms*, der Struma basedowifcata nodosa aufweisen. Andererseits gibt es aber nicht selten toxische Adenome *ohne jeden Jodgebrauch*. Struma basedowifcata nodosa und Jodbasedow sind also durchaus nicht synonyme Begriffe. Die ursprüngliche Bezeichnung von RILLIET (1860) für den Jodbasedow: „*Iodisme constitutionnel*“ trifft den Kernpunkt der Sache, das thyreogene Moment gerade *nicht*. Ein Zustand, der auch ohne jede Mitwirkung von Jod entstehen kann und der durch die Entfernung des Adenomknotens schwindet, ist nicht ein reiner „*Jodisme*“. Richtiger schon ist der Ausdruck „*thyreogener Jodismus*“ und am zutreffendsten derjenige der „*Jod-Thyreotoxikose*“. In diesem letzteren Sinne will in unseren Ausführungen der Ausdruck „*Jodbasedow*“ aufgefaßt sein.

Um die Rolle kennenzulernen, welche in der Schweiz die Jodbehandlung des Kropfes einerseits und die Kochsalzprophylaxe andererseits in der Entstehung hyperthyreotischer Krankheitsbilder spielen, veranstaltete die schweizerische Kropfkommission mit der Unterstützung des schweizerischen Gesundheitsamtes Ende 1924 eine *erste orientierende Umfrage unter den Schweizer Ärzten* über die Beobachtungen während der Jahre 1922 bis 1924, aus welcher die folgenden Zahlen hervorgingen:

1. Zahl der behandelten Basedowfälle überhaupt 3625
2. Davon auf den Gebrauch von Jodpräparaten zurückgeführt 1116
3. Zahl der anderweitigen Jodschädigungen 1110
4. Zahl der Schädigungen bei ausschließlichem Jod-Kochsalzgenuß 167

Dabei gaben 140 Ärzte an, in den drei letzten Jahren eine Vermehrung der Jodschädigungen beobachtet zu haben. 926 Ärzte beobachteten dagegen keine Vermehrung und 609 enthielten sich der Antwort. — Die Zahlen dieser vorläufigen Umfrage sollten vor ihrer Veröffentlichung durch diejenigen der gleichzeitig beschlossenen eingehenderen Sammelforschung kontrolliert werden, da ihnen nicht unwesentliche Irrtumsmöglichkeiten anhafteten. Sie gingen aber, zum Teil völlig entstellt, in die Tagespresse und sogar in die Fachpresse über, und es wurde z. B. von 3000 „*Jodismusfällen*“ gesprochen, unter denen sich 2000 Basedowfälle finden sollten usw.

Die große Zahl von Basedowfällen, den Jodbasedow nicht inbegriffen (2007) mußte denjenigen, der das schweizerische Kropfmateriale in verschiedenen Gegenden aus eigener Anschauung kennt, etwas verwundern. Die Annahme lag nahe, daß Doppelzählungen, welche bei dem globalen Charakter der Umfrage nicht zu vermeiden waren, eine gewisse Rolle spielten, da die meisten Basedowpatienten im Verlauf ihrer Erkrankung von mehreren Ärzten gesehen werden. Andererseits haben allerdings gerade unter den Chirurgen, denen die Basedowfälle meist erst aus zweiter

oder dritter Hand zugehen, nicht alle auf die Umfrage geantwortet, so daß wenigstens *eine* Quelle der Mehrfachzählung zum Teil ausgeschaltet war.

Dieselben Fehlerquellen kamen auch für die 1116 dem Jodgebrauch zugeschriebenen Basedowfälle in Betracht, und ebenso für die 167 Fälle, in denen das jodierte Kochsalz verantwortlich gemacht wurde. Des ferneren zeigte es sich, daß gerade in der letzteren Kategorie von Fällen eine genaue Nachprüfung jedes einzelnen Falles erforderlich war. Eine Stichprobe ergab z. B., daß ein Patient, der angeblich an den Folgen des Jod-Kochsalzgenusses gestorben war, solches überhaupt nicht erhalten hatte. Ob ferner ein Basedowkranker neben dem angeschuldigten Jodkochsalz nicht noch jodhaltige Medikamente zu sich genommen (z. B. in einem konkreten Fall stark jodhaltige Hämorrhoidalsuppositorien), das ließ sich nur durch die genaue Prüfung jedes einzelnen Falles feststellen. Es wurde darum eine genauere Sammelforschung durchgeführt, für welche jedem Arzt, der in der vorläufigen Umfrage Fälle gemeldet hatte, ein ausführlicher Fragebogen für jeden einzelnen Fall gestellt wurde. Damit wurden einmal Doppelzählungen unmöglich gemacht, und es trat an Stelle der globalen Angaben eine genaue Prüfung des einzelnen Falles schon durch den Arzt selbst.

Auf das Ergebnis dieser genaueren Umfrage müssen wir etwas näher eingehen, weil es für unser weiteres Vorgehen in der Prophylaxe grundlegende Bedeutung hat. Die Resultate derselben lassen sich in die folgende Tabelle zusammenfassen:

Eingegangen sind 457 verwertbare Meldungen von Basedowfällen bzw. von thyreogenem Jodismus. Von denselben entfallen auf:

1. Basedow überhaupt ohne Jodzufuhr . . 143
davon: Genuiner Basedow 41
Toxisches Adenom 20
Basedow kurzweg 82
2. Vorbestehender Basedow mit Jodbehandlung 34
3. Hyperthyreotische Zustände nach Jodgenuß 249
davon: nach Jodpräparaten ohne Jodkochsalz 186
nach Jodpräparaten und Jodkochsalz 39
nach Jodkochsalz allein 18
fraglich 6
4. Basedow ohne Angaben betreffs Jodgenuß 31

Aus dieser Zusammenstellung ergibt sich einmal, daß die vom Arzt einer Meldung wertbefundenen Fälle in allen Kategorien erheblich weniger zahlreich sind, als bei der globalen Umfrage, und daß jedenfalls auch die Ausschaltung der Doppelzählung die Zahl reduziert hat. Andererseits dürfte allerdings auch die Meldung des einen oder anderen der Mitteilung würdigen Falles dem Zeitmangel des Arztes zum Opfer gefallen sein.

Auf die Angaben über den *gewöhnlichen Jod-basedow*, wie er im Anschluß an die üblichen therapeutischen Dosen von 1 mg aufwärts pro Tag eintritt, können wir hier nicht eingehen, so interessant sie sind. Es wird dies an anderer Stelle geschehen. Vom Standpunkte der Prophylaxe aus von Bedeutung sind die *reinen Jodkochsalzfälle*.

Kommen solche überhaupt vor? Von einzelnen, wie EGGENBERGER, wird dies in Abrede gestellt, und er hat in der Appenzeller Bevölkerung keine solchen Fälle beobachten können. Aus dem benachbarten St. Gallen wurden dagegen bei der ersten Umfrage 63 Fälle gemeldet, die bei der genaueren Sammelforschung auf 6 zurückgegangen sind. Wir haben 3 derselben persönlich untersucht und müssen bei zweien das post hoc zweifellos feststellen. Im dritten Falle hatten leichte Basedowerscheinungen schon vorbestanden. Die Patientin hatte auch schon früher Jodwasser und Jodsalben benützt. Nach Jod-Kochsalzgebrauch schwerer thyreotoxischer Zustand. Besserung nach Operation. Wiederauftreten der gleichen Erscheinungen nach Meersalzgenuß. Dieses Meersalz enthielt aber nur 22 Millionstel g Jod im kg, also eine Menge, wie sie jedes Küchensalz enthalten kann (über 200mal weniger als das Jodkochsalz). Die Patientin glaubte aber an die besondere Kraft dieses Meersalzes, stellte dasselbe auf die gleiche Linie wie das Jodkochsalz und konstruierte aus diesem Glauben heraus ihre ätiologischen Vorstellungen.

Ich verzichte auf weitere Beispiele. Das eben angeführte zeigt, wie vorsichtig man bei der Bewertung der erhaltenen Angaben sein muß. Die noch für alle Fälle vorzunehmende Überprüfung der ärztlichen Angaben vorbehalten, können wir sagen, daß in 18 Fällen einige Wochen bis 6 Monate nach dem Beginn des Gebrauchs jodhaltigen Küchensalzes Erscheinungen auftraten, welche der ärztlichen Beschreibung nach mit denen einer Jodthyreotoxikose übereinstimmen, und welche, soweit Angaben vorliegen, in allen Fällen bis auf einen einzigen nach Aussetzen des Jodkochsalzes und zum Teil nach Operation gebessert oder geheilt wurden.

Da Hyperthyreosen in ihren verschiedenen Formen auch spontan vorkommen, so könnte immer noch gesagt werden, daß es sich in diesen Fällen oder in einem Teil derselben, um ein zufälliges Zusammentreffen gehandelt hat. Rechnen wir die Zahl der nicht nach Jodgenuß aufgetretenen Fälle von Hyperthyreosen (177), um auf denjenigen durchschnittlichen Anteil der Bevölkerung, welcher in den Jahren 1922–1924 kein Jodkochsalz genossen hat und in gleicher Weise die 18 Fälle, in denen sich die Basedowerscheinungen zeitlich an den Jod-Kochsalzgenuß anschlossen, auf die Bevölkerungsquote, welche nach den vorliegenden Verbrauchszahlen Jodkochsalz benutzt hat, so erhalten wir 4,9 Fälle von spontanen Hyperthyreosen auf 100 000 Einwohner ohne Jodkochsalz und 5,1 Fälle auf 100 000 für die reinen Jod-

Kochsalzfälle, also beinahe die gleiche Morbidität¹⁾. Ein guter Teil der 18 Fälle, für welche das Jodkochsalz angeschuldigt wird, hätten also auf Grund der allgemeinen Morbidität an Hyperthyreosen das Recht gehabt, auch ohne Jodkochsalz hyperthyreotische Erscheinungen zu bekommen. Nun müssen wir allerdings hinzufügen, daß unsere Sammelstatistik nicht vollständig ist, indem zweifellos nicht alle Fälle von Jodthyreotoxikose zum Arzte gingen, und daß ferner der Zusammenhang der Erscheinungen mit dem Jodkochsalzgenuß vom Arzte nicht immer erkannt wurde. E. BIRCHER erwähnt z. B. 3 Fälle, in denen bloß die Salzanalyse ergab, daß die Leute durch einen Fehler des Salzlieferanten jodiertes Kochsalz erhalten hatten. In solchen Beobachtungen, wie auch in den Fällen von Schwinden der Erscheinungen nach Aussetzen der Jodkochsalzverwendung läßt sich ein ätiologischer Zusammenhang nicht verneinen, und solche Beobachtungen stellen ein nicht zu vernachlässigendes Gegenstück zu jenen anderen Fällen dar, in welchen der Patient seine Beschwerden dem Jodkochsalz zuschrieb, während er in Wirklichkeit gewöhnliches Kochsalz benutzt hatte. Wir dürfen es darum nicht in Abrede stellen, daß in einzelnen Fällen im Anschluß an Jodkochsalzgebrauch und infolge desselben Erscheinungen von Jodthyreotoxikose aufgetreten sind. Die Zahl der gemeldeten Fälle bewegt sich aber, wie gesagt, im Rahmen der spontanen Morbidität an Thyreotoxikosen, und der Kanton Waadt, in welchem das jodierte Kochsalz seit 1924 für die ganze Bevölkerung verwendet wird, hat für die genauere Umfrage nur einen einzigen Fall geliefert. Die überwiegende Mehrzahl der gemeldeten thyreogenen Jodschädigungen, 93% in der ersten und 92% in der zweiten Umfrage, beziehen sich auf *thyreogenen Jodismus* infolge Gebrauchs *stärkerer Jodpräparate*. Dabei zeigt die zweite Umfrage, daß diese Fälle ziemlich genau zu gleichen Teilen auf ärztlich verordnete, aber nicht immer kontrollierte, und auf „wilde“ Jodtherapie fallen.

Die schweizerische Kropfkommision ist nach Kenntnisnahme von diesen Zahlen einstimmig zum Schlusse gekommen, daß an dem gegenwärtigen Jodgehalt des Jodkochsalzes für den Augenblick nichts zu ändern sei. Dagegen bemüht sie sich seit dem Beginn der Prophylaxebewegung, die *wilde Jodbehandlung des Kropfes dadurch einzudämmen, daß sie den Kantonsregierungen das*

¹⁾ Es werden in der Schweiz ohne das Industriesalz jährlich rund 40 Millionen kg Kochsalz verbraucht. Davon fielen in den Jahren 1922–24 im Durchschnitt 3,7 Millionen pro Jahr auf das jodierte Kochsalz. Das Verhältnis der beiden Kochsalzarten war also in der Periode der Umfrage 10,8 : 1. Das Verhältnis der in der zweiten Umfrage gemeldeten Basedowfälle ohne Jodätiologie zu den gemeldeten Jodkochsalzschädigungen ist 177 : 18, d. h. 9,7 : 1, wobei die Fälle ohne genaue Angabe über die Ätiologie außer Spiel gelassen sind. Aus diesen Beziehungen ergeben sich, auf eine Bevölkerungszahl von 3,92 Millionen umgerechnet, die oben erwähnten Verhältniszahlen.

Verbot des freien Verkaufs von Jodpräparaten empfiehlt. Des weiteren hat sie beschlossen, ihr Augenmerk auf eine *gleichmäßigere Jodierung des Kochsalzes* zu richten. Es hat sich nämlich gezeigt, daß diese Gleichmäßigkeit noch zu wünschen übrigläßt. Wie die Untersuchungen von Dr. v. FELLEBERG und von anderen ergeben haben, verliert das jodierte Kochsalz in den oberflächlichen Schichten der Behälter etwas Jod und reichert sich in den unteren Schichten an. Wird das Kochsalz nicht länger als 3 Monate aufbewahrt, so bewegen sich die Schwankungen zwischen etwa 4 und 6 mg pro kg statt der vorgeschriebenen 5 mg. Derartige Schwankungen sind praktisch belanglos, dagegen kann einer Anreicherung auf das Doppelte, wie sie auch beobachtet worden ist, eine praktische Bedeutung nicht abgesprochen werden.

Dies ist knapp gefaßt der gegenwärtige Stand der Prophylaxefrage in der Schweiz. Die Kürze der Zeit verbietet es mir, eine Parallele zu den Erfahrungen anderer Länder zu ziehen. Nur eines sei bemerkt: Aus den Vereinigten Staaten von Nordamerika wird in der letzten Zeit von einer starken Zunahme der Jodthyreotoxikosen berichtet. Nach den Mitteilungen in der Literatur und nach persönlichen Erkundigungen scheint dabei die Hauptschuld auf die Behandlung mit größeren Joddosen zu fallen. Auch die vielerorts eingeführte Kochsalzprophylaxe wird aber angeschuldigt. Die Verhältnisse sind jedoch nicht mit den unseren zu vergleichen, denn das Kochsalz wird dort zum Teil 40mal stärker jodiert als in der Schweiz, also mit einer durchaus unphysiologischen Jodmenge. Überdies ist der Kropf des amerikanischen Seebezirkes, um den es sich hauptsächlich handelt, von dem Schweizerkropf morphologisch und funktionell sehr verschieden und war schon vor dem Einsetzen einer allgemeineren Prophylaxebewegung in gewissen Gegenden in bis zu 50% der Fälle mit hyperthyreotischen Erscheinungen verbunden.

Wir können unseren Bericht nicht schließen, ohne eine kurze *theoretische Überlegung*. Wir haben schon eingangs darauf hingewiesen, daß die Kropfätiologie sich für uns nicht in die einfache Formel des Jodmangels bringen läßt, sondern daß unbeschadet der Bedeutung der Jodzufuhr für eine normale Funktion der Drüse noch andere endogene und exogene Faktoren mitspielen müssen. In ein und derselben Gegend, bei ein und derselben durchschnittlichen Jodzufuhr lassen Kretinen, gewöhnliche Kropfträger und spontane Hyperthyreoten gleichviel Jod durch den Körper gehen, halten sich aber einen verschiedenen hohen Jodspiegel im Blute und verarbeiten verschieden viel Jod in der Schilddrüse. Der Unterschied liegt in der verschieden großen Fähigkeit des Schilddrüsenepithels, das Jod abzufangen, zu verarbeiten und zu speichern. Auf diese verschiedene Kapazität der Schilddrüse stellt sich der Jodspiegel im Blute automatisch ein, und nicht auf die etwas größere oder geringere Jodzufuhr. Wir können uns allerdings vorstellen, daß ausgesprochen zu geringe

Zufuhr die Schilddrüse zum Zweck der Kompensation hyperplastisch werden läßt. Viel schwieriger ist dagegen die Annahme, daß die Drüse, wie dies beim endemischen Kretinen ohne Kropf in Wirklichkeit der Fall ist, primär, das heißt schon in den ersten Lebensjahren *atrophisch* wird. Wir können uns diesen Vorgang viel leichter erklären, wenn wir annehmen, daß sie bei Jodmangel durch eine Häufung von endogenen und exogenen Giften geschädigt wird, während ihr eine bessere Jodzufuhr erlauben würde, die schädigenden Substanzen zu neutralisieren, und zwar in utero unter Mithilfe einer besseren Schilddrüsenfunktion der Mutter.

Wie sollen wir es weiterhin erklären, daß auch in Kropfgegenden der Kropfträger Tag für Tag eine gewisse Jodmenge durch den Urin abgibt, statt dieselbe zur Höherwertung seiner Schilddrüse zu verwenden? Zur Beantwortung dieser Frage müssen wir uns daran erinnern, daß der weitaus größere Teil des Jodes uns in *organischer*, vom Körper ungenügend ausnützbarer Form zugeführt wird. Es ist wahrscheinlich, daß die Verabreichung einer bestimmten Jodmenge in ionisierter Form, als Jodalkali, auf die Schilddrüsenfunktion intensiver wirkt und somit die kropfbildenden Schädigungen, welche sie auch seien, in höherem Grade bekämpft als dieselbe Menge Jod in inaktiver organischer Form. Der chemisch nachweisbare Jodgehalt der Nahrung ist also nicht das allein Maßgebende.

Dieser, wenn wir nicht irren, zuerst von Dr. STINER geäußerte Gedankengang würde auch die Fälle von Thyreotoxikosen nach anscheinend physiologischer Jodzufuhr erklären. Die *wirklich* physiologische Jodzufuhr wird sich vielleicht in der in kropffreien Gegenden zugeführten Menge von *aktivem* Jod finden. In dem Maße, wie wir über diese Menge hinausgehen, werden wir zwar unter stark kropfbildenden Lebensbedingungen die prophylaktische Wirkung steigern, werden aber andererseits mit einer entsprechend gesteigerten Möglichkeit von Thyreotoxikosen zu rechnen haben. Wie D'ESPINE und LEBERT schon vor über 60 Jahren gezeigt haben, ist bei vorhandener Prädisposition und bei bestehendem Kropf bis zu $\frac{1}{2}$ —1 mg täglicher Dosis herunter die Entstehung des Jodbasedow von der Jodmenge ziemlich unabhängig. Wir befinden uns da aber immer noch 10—20mal über der physiologischen Jodzufuhr. In dem Maße, wie wir in den Bereich dieser physiologischen Menge heruntergelangen, nimmt erfahrungsgemäß die Gefahr der Thyreotoxikosen ab, um schließlich auf den Häufigkeitsgrad zu sinken, den wir in der betreffenden Gegend für das *spontane* Auftreten dieser Zustände kennen. Wollten wir auch diese Fälle noch ausschalten, so müßten wir durch künstlichen Jodentzug die Schilddrüsenaktivität überhaupt unterbinden, die Bevölkerung kretinisieren. Dies wäre der logische Schluß aus der Ausdehnung auf die physiologischen Dosen des Satzes, daß das Entstehen des Jodbasedow von der Dosierung unabhängig ist. Gelingt es uns, den Faktor Kropf

durch eine in physiologischer Breite liegende Jodzufuhr nach und nach zu beseitigen, so werden wir im Gegenteil im gleichen Maße eine der Grundbedingungen zur Entstehung des Jodbasedows ausschalten. Den spontanen Hyperthyreosen werden wir aber nicht entrinnen, wenn wir nicht prophylaktisch Kretinen schaffen wollen.

Für die *Praxis* handelt es sich nun darum, diejenige Menge von aktivem Jod herauszufinden, welche den Anforderungen der Prophylaxe genügt, ohne durch zu starke Aktivierung kropfiger Schilddrüsen zu schaden. Nach den bisherigen Erfahrungen dürfte die zur Zeit verwendete Dosierung nicht sehr weit vom Optimum abliegen. Ein genaueres Studium des Verhältnisses zwischen organisch gebundenem und ionisiertem Jod in der Nahrung wird uns vielleicht mit der Zeit dazu führen, uns der unteren in Betracht kommenden Menge zu nähern, welche etwa einer Tagesmenge von 20 γ ionisiertem Jod, d. h. ca. 2,5 mg JK pro Kilogramm Kochsalz entsprechen würde.

Daß bei dem Tasten nach der optimalen, d. h. wirklich physiologischen Dosis einige Fälle von Thyreotoxikose in Kauf genommen werden müssen, damit wurde von Anfang an sozusagen als mit dem Lösegeld einer Besserung der Volksgesundheit gerechnet. Wir werden aus der Weiterverfolgung der bisherigen und aus den weiteren Beobachtungen die nötigen Schlüsse ziehen. Wir dürfen uns aber durch solche Erfahrungen nicht kopfscheu machen lassen, wenn wir nicht unsere Bevölkerung voreilig der Aussicht auf ein Resultat berauben wollen, das zu seiner Auswirkung, wie wir von Anfang an betont haben, eines Menschenalters bedarf.

Daß wir ob der Jodprophylaxe nicht versäumen dürfen, in Forschung und Praxis den *anderen Faktoren* nachzugehen, welche für die Kropfbildung in Betracht kommen können, das haben wir bei jeder Gelegenheit hervorgehoben, und darauf hinzuweisen, wollen wir auch hier am Schlusse unserer Darlegungen nicht unterlassen.

Über die chemischen Grundlagen und die Entwicklungsgeschichte des Plasmochins.

Von H. HÖRLEIN, Elberfeld.

Meine Herren!

Wenn ich den nachfolgenden medizinischen Vorträgen über unser neues Malariamittel Plasmochin einige kurze, der zur Verfügung stehenden knappen Zeit angepaßte Ausführungen vom chemischen Standpunkt aus vorausschicke, so komme ich damit in der Hauptsache einem Wunsche der Herren Prof. SIOLI und Prof. MÜHLENS nach. Ich möchte Ihnen durch meine Darlegungen ein allgemeines Bild darüber geben, zu welcher Gruppe von Heilmitteln das neue Produkt gehört, während die Einzelheiten der Plasmochinchemie bei Gelegenheit vor einem chemischen Zuhörerkreis vorgetragen werden sollen.

Die Versuche zur synthetischen Herstellung von Chinin und chininähnlichen Verbindungen beschäftigten die Chemiker seit vielen Jahrzehnten. Es waren Gründe verschiedener Art, die zu solchen Versuchen verlockten. Zunächst war in den 80er Jahren, in denen die zielbewußte Arzneimittelsynthese einsetzte, der Preis für Chinin noch ein relativ hoher. Er bewegte sich in der Größenordnung von einigen 100 M. pro Kilo, um dann im Laufe der folgenden Jahrzehnte unter Schwankungen auf den heutigen Preis von 60 bis 80 M. für die verschiedenen Chininsalze zurückzugehen. Berücksichtigt man, daß bei einem etwaigen Konkurrenzkampf zwischen einem synthetischen und dem natürlichen Chinin der Preis für dieses Alkaloid zweifellos weiter gedrückt werden würde, so sind die Aussichten für eine Chininsynthese bei der außerordentlichen Kompliziertheit des völlig asymmetrisch gebauten Moleküls, vom technischen Standpunkt aus gesehen, heute nicht mehr sehr groß.

Abgesehen von den wirtschaftlichen Gründen

lagen die Hauptmomente, die die Chemiker veranlaßten, sich mit dem Chininproblem zu beschäftigen, vor allem in den Schwierigkeiten, die sich bei der Verabreichung des Chinins geltend machen, d. h. in seinem bitteren Geschmack und in den zahlreichen Nebenwirkungen auf den Organismus, die bei der Chininprophylaxe nach längerer Darreichung oder bei einer von vorneherein vorhandenen Idiosynkrasie auch sofort eintreten.

Endlich konnten die Erfinder, die ja alle unentwegte Optimisten sind, die Hoffnung haben, auf synthetischem Wege ein Produkt herzustellen, das eine stärkere bzw. bessere Wirkung als das Chinin aufwies. Wirkt doch bekanntlich das Chinin bei Malaria nur in Grammdosen heilend und vernichtet selbst bei dieser Dosierung nur die Ringformen der Parasiten bei der tropischen Malaria, während die Geschlechtsformen bei dieser Infektion durch Chinin so gut wie überhaupt nicht beeinflußt werden. Das ist m. E. der Hauptmangel des Chinins, weil ja die Gameten auf dem Umweg über die Anophelesmücke für die Übertragung der Seuche verantwortlich sind, wenn auch dieser Fehler bisher ohne viel Aufhebens in Kauf genommen wurde, da man vor dem Plasmochin kein Produkt kannte, dem eine derart ausgesprochene Wirkung auf die Gameten der tropischen Malaria zukam. Diese Wirkung auf die Halbmonde der Tropica ist wohl die wichtigste Eigenschaft des Plasmochins, das vor dem Chinin den weiteren Vorzug hat, nahezu völlig geschmacklos zu sein und eine rund zehnmal stärkere Wirkung auf die Malariaerreger aufzuweisen,

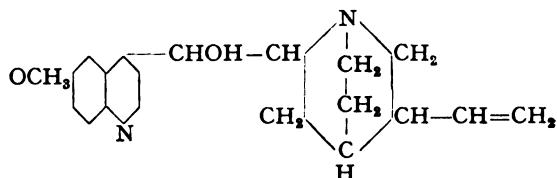
Natürlich kann ich heute nicht auf alle Produkte eingehen, die die synthetische Chemie im

Laufe der Jahrzehnte auf dem Wege zu den oben genannten Zielen hergestellt hat. Da diese Versuche zum Teil in eine Zeit zurückgehen, in der man nicht einmal die Konstitution des Chinins einigermaßen sicher erfaßt hatte, ist es nicht erstaunlich, daß die Ergebnisse in der gewünschten Richtung relativ gering waren. Dagegen wurden allerhand andere schöne Beobachtungen bei derartigen Versuchen gemacht. So ist z. B. nach allgemeiner Annahme der erste synthetische Teerfarbstoff, das Mauvein von PERKIN, das Resultat einer verunglückten Chininsynthese aus dem Jahre 1856. Auch bezüglich des 27 Jahre später entdeckten Antipyrins findet sich in der Literatur die Angabe, daß es der Absicht, zu einem chininähnlichen Körper zu kommen, seine Entstehung verdanke. Diese Angabe ist indessen nicht richtig, wie ich auf Grund wiederholter Aussprachen über diesen Gegenstand während meiner langjährigen Zusammenarbeit mit dem Erfinder des Antipyrins, meinem verehrten Lehrer LUDWIG KNORR, mit Bestimmtheit behaupten kann. Das Antipyrin war nicht das Resultat eines Versuchs zur Synthese irgendeines Arzneimittels, sondern als solches das zufällige Ergebnis einer rein chemisch orientiert gewesenen wissenschaftlichen Untersuchung. Wohl hat KNORR vorübergehend in den Jahren 1884 bis 1886 das Antipyrin als Derivat eines hydrierten Chinolins angesehen, ihm aber bereits in seiner vorhergegangenen Patentanmeldung aus dem Jahre 1883¹⁾ und dann wieder seit 1887 die richtige Konstitution als Pyrazolonderivat zugeschrieben. Daß dem Antipyrin eine Malariawirkung nicht zukommt, stand bereits im Jahre 1884 fest. Einige Jahre später wurde dasselbe negative Resultat für das zweite synthetische Antipyretikum, das Phenacetin, ermittelt.

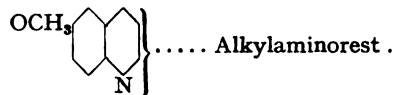
Das Chinin faßte man zu jener Zeit als einen Körper auf, der zwei Chinolinringe enthält. In dieser Richtung bewegten sich daher auch damals die synthetischen Versuche zur Herstellung chininähnlich wirkender Verbindungen, wie z. B. aus verschiedenen Patenten der Elberfelder Farbfabriken aus den Jahren 1886 bis 1890 hervorgeht, deren wissenschaftliches Laboratorium damals unter der Leitung von CARL DUISBERG stand. Vorhergegangen war die Darstellung monomolekularer Chinolinderivate, wie z. B. des Thallins, des Kairins und des Analgens, die auch als einfache Antipyretika wieder nach einiger Zeit von der Bildfläche verschwanden.

Was ist Chinin nun nach der heutigen Auffassung? Daß es einen Chinolinkern enthält, habe ich bereits erwähnt und zwar handelt es sich um ein in 6-Stellung methoxyliertes Chinolin. Mit diesem Chinolinkern ist aber noch ein zweites Ringsystem verknüpft, der sog. Chinucludinrest, über dessen Struktur und Angliederung an den Chinolinkern die Arbeiten von SKRAUPP, KOENIGS und RABE u. a. Aufklärung gebracht haben. Es handelt sich bei diesem Chinucludinrest um einen

ziemlich kompliziert gebauten Komplex, der neben einer Hydroxylgruppe einen stark basischen, aliphatisch gebundenen Stickstoff enthält. Die nachstehende Formel ist der heute allgemein anerkannte Ausdruck für die Konstitution des Chinins:



Sie trägt den Namen der RABESchen Chinin-formel und ist von Herrn Prof. RABE in ausgezeichneten experimentellen Arbeiten begründet worden. Ich darf bei dieser Gelegenheit bemerken, nachdem dies Herr Prof. RABE seinerzeit in einer Publikation in den Berichten der Deutschen Chemischen Gesellschaft in der loyalsten Weise schon selber getan hat¹⁾, daß ein wichtiger Ausgangspunkt für diese neue Formel der von mir durchgeführte Abbau des Oxykodeins zum Ketodihydromethylmorphimethin war, angesichts der völligen Analogie dieses Abbaus in der Morphinreihe zur sog. Toxinspaltung der Chinaalkaloide. Ich bitte also festzuhalten, daß man das Chinin, in großen Zügen betrachtet, als ein kompliziertes Alkylamino-6-methoxychinolin ansehen kann.



Derselben Klasse von Körpern ist nun auch das synthetisch hergestellte Plasmochin zuzuzählen. Natürlich umschließt der allgemeine Formelausdruck eine große Anzahl von Möglichkeiten, je nach der Zusammensetzung des Seitenrestes und der Art und des Orts seiner Verknüpfung mit dem Chinolinkern. Unter diese Formulierung fallen auch eine Anzahl Verbindungen, die von anderer Seite dargestellt worden sind, sich aber als unwirksam erwiesen haben. Wenn ich mich heute darauf beschränken muß, diese summarische Formel wiederzugeben und auf die biologische Definierung des neuen Produkts in den nachfolgenden medizinischen Vorträgen zu verweisen, so ist der Grund dafür der, daß das geistige Eigentum auf pharmazeutisch-medizinischem Gebiet heute in zahlreichen Ländern der Welt noch vollständig vogelfrei ist, indem die betreffenden Staaten nicht nur keinen Schutz für ein chemisches Verfahren zur Herstellung eines Heilmittels gewähren, sondern darüber hinaus noch die Industrie der eigenen Länder dazu ermuntern, alle wichtigen Erfindungen zu kopieren. Es herrscht also auf pharmazeutischem Gebiet ein Zustand, der sich nichtallzu sehr vom mittelalterlichen Raubrittertum unterscheidet, obwohl es sich bei dem Aufsuchen von Heilmitteln zur Bekämpfung von tropischen und

¹⁾ Ber. d. dtsh. chem. Ges. 40, 2013; Anmerkung 2. 1907.

¹⁾ D.R.P. 26429 vom 22. VII. 1883.

anderen Infektionskrankheiten um die Mitarbeit der Chemie auf dem Gebiet der höchsten Menschheitsprobleme handelt, was ich in diesem Kreis nicht näher darzulegen brauche.

Ich möchte zum Schluß noch einige Worte über die Entwicklungsgeschichte des Plasmochins hinzufügen. Auch dieses Produkt verdankt ebenso wie das Bayer 205 seine Existenz der gleichberechtigten und in meinen Augen auch gleichwertigen Zusammenarbeit zwischen chemischem und chemotherapeutischem Laboratorium im Rahmen unserer Fabrik. Im Falle der Malaria war von seiten des chemotherapeutischen Laboratoriums noch eine besondere Voraussetzung zu erfüllen, nämlich die Ausarbeitung einer Methode, die einen quantitativen Vergleich verschiedener Präparate auf die Erreger der Malaria zuläßt. Herr Dr. ROEHL, von dem diese Grundlage geschaffen wurde, hat nachher die Möglichkeit, Ihnen über diese Arbeiten selbst zu berichten. Es bleibt mir also nur übrig, die Namen derjenigen Herren zu nennen, denen der chemische Teil der Erfindung zu verdanken ist. Es sind dies die Herren Dr. SCHULEMANN, Dr. SCHÖNHÖFER und Dr. WINGLER, welche auf einem neuen, von dem bisher bekannten völlig abweichenden chemischen Wege die gegen Malaria wirksame Reihe von Verbindungen einschließlich des Plasmochins synthetisiert haben.

Herr Dr. SCHULEMANN hat sich außerdem auch an der praktischen Erprobung des Mittels im Herbst 1925 und 1926 in Grosseto in Toskana beteiligt, wo ihm von den Leitern der dortigen Krankenhäuser in der Klinik des Herrn Prof. MEMMI in entgegenkommendster Weise eine Arbeitsmöglichkeit geschaffen wurde, ähnlich wie unserem Herrn Dr. ROEHL seitens der spanischen Regierung in Talavera de la Reina.

Um die Ausarbeitung des Herstellungsverfahrens haben sich die Herren Dr. MIETZSCH und Dr. SCHRANZ verdient gemacht, um die pharmakologische Analyse der Plasmochinwirkung auf den Kreislauf der Leiter unseres pharmakologischen Laboratoriums, Herr Dr. EICHHOLTZ.

Der besondere Dank unserer Firma gilt aber den Herren, die nach Abschluß der Laboratoriumsarbeit ihr Können und die in ihren Kliniken gebotenen Möglichkeiten zur Auswertung des Plasmochins am malariainfizierten Patienten zur Verfügung stellten. Herr Prof. SIOLI machte die ersten Versuche bezüglich Verträglichkeit und heilender Wirkung am malariageimpften Paralytiker, während die Herren des Hamburger Tropeninstituts, vor allem Herr Obermedizinalrat Prof. NOCHT und Herr Prof. MÜHLENS ihre internationalen Beziehungen und die in ihre Behandlung gekommenen Fälle von Mückenstichmalaria für die Erprobung des Mittels eingesetzt haben. Herr Prof. MÜHLENS hatte dieses Jahr kaum die Folgen einer schweren Blinddarmoperation überstanden, als er sich entschloß, nach Jugoslawien, Griechenland und Bulgarien zu gehen, um seine in Hamburg gesammelten Erfahrungen an der mazedonischen Malaria zu erweitern und zu vertiefen, was wir um so dankbarer begrüßt haben, als uns die Prüfungsmöglichkeit in eigenen Kolonien fehlt, über die jedes andere europäische Kulturland verfügt. Trotz aller Schwierigkeiten konnte auf diese Weise durch das Zusammenwirken von deutscher medizinischer Wissenschaft und chemischer Industrie ein neues Produkt geschaffen werden, von dem wir die Hoffnung haben, daß es sich in den Händen der Ärzteschaft der ganzen Welt als eine überlegene Waffe gegen eine der verbreitetsten und verheerendsten Krankheiten auszuwirken berufen ist.

Die Wirkung des Plasmochins auf die Vogel malaria.

Von W. ROEHL, Elberfeld.

Schon seit langem ist bekannt, daß ein chemisch genau erforschtes Alkaloid der Chinarinde, das Chinin, eine spezifische Wirkung auf die Malariaerkrankung des Menschen ausübt und ebenso auch bestimmte Nebenalkaloide der Chinarinde. EHRLICH und GUTTMANN entdeckten 1891 die Wirkung des Methylenblaus und nach der Aufindung des Salvarsans konnte bald nachgewiesen werden, daß auch Arsenikalien wie Salvarsan und Spirocid eine gewisse Wirkung auf Malaria ausüben können.

Hiernach hätte man vermuten können, daß es mit der Arbeitsweise der Chemotherapie nun sehr leicht sein müßte, neue wirksame Stoffe gegen Malaria zu entdecken. Um so auffallender ist es daher, daß tatsächlich außer den Chinaalkaloiden, den Methylenblaufarbstoffen und den bei Spirochäten bewährten Arsenpräparaten keine neuen heilkräftigen Stoffe bisher aufgefunden wurden.

Die Erklärung hierfür liegt darin, daß die Arbeitsweise der Chemotherapie noch nicht so ver-

einfacht war, daß man leicht die erforderlichen großen Reihen von Tierversuchen hätte durchführen können. Denn es lassen sich die Malaria-parasiten des Menschen und der Affen nicht auf andere Tiere übertragen.

Nun kennen wir aber schon sehr lange die Parasiten der Vogel malaria und diese sind sehr leicht in Kanarienvögeln durch einfache Blutüberimpfung weiterzuzüchten.

Der Parasit der Vogel malaria, als *Proteosoma praecox* oder richtiger wohl als *Plasmodium relictu* bezeichnet, wird in der freien Natur durch die gewöhnliche Stechmücke, *Culex pipiens*, übertragen.

Die biologische Ähnlichkeit zwischen den Plasmodien der Menschen- und der Vogel malaria führte zu chemotherapeutischen Versuchen, ob nicht auch die Plasmodien der Vogel malaria durch die gleichen Stoffe beeinflußt werden, die sich bei der Menschenmalaria wirksam gezeigt haben.

Im Hamburger Institut für Tropenkrankheiten wies zuerst KOPANARIS (1911) nach, daß Chinin-

einspritzungen den Krankheitsverlauf der Vogel malaria beeinflussen.

In einer hervorragenden Arbeit aus dem EHR- LICHschen Institut zeigte dann MARKS (1914), daß nicht nur Chinin, sondern auch Methylenblau und sogar basische Farbstoffe der Triphenylmethan- reihe eine Wirkung auf Vogel malaria besitzen.

Spätere Arbeiten von den Brüdern SERGENT (1921) und von GIEMSA (1926) bestätigten und er- weiterten unsere Kenntnisse und zeigten, daß tat- sächlich mit Ausnahme der Arsenikalien die auf Menschen malaria wirksamen Stoffe auch auf die Vogel malaria einwirken. Aber noch niemals bisher ist es gelungen, den umgekehrten Weg zu gehen, nämlich gegen Vogel malaria wirksame Stoffe auf- zufinden, die dann nachher auch gegen Menschen- malaria wirksam gewesen wären.

Die Schwierigkeit liegt in der bisherigen Arbeitsweise der Chemotherapeuten. Die meisten Untersucher haben sich darauf beschränkt, die zu untersuchenden chemischen Stoffe in wäßrigen Lösungen unter die Haut oder in die Brustmuskeln des Vogels einzuspritzen. Natürlich enthalten die wirksamen Alkaloide sofort auch ihre akuten giftigen Nebenwirkungen und man muß daher die Einzelgabe sehr klein nehmen, um nicht die Ver- suchstiere zu töten. Bei so geringer Einzelgabe aber übersieht man leicht die antiparasitäre Wir- kung des Stoffes. Die Brüder SERGENT haben daher kleine Einzelgaben täglich und selbst mehrmals täglich wiederholt und so sehr schöne Erfolge mit Chinin und Cinchonin erzielen können. Aber der- artige Wiederholungen intramuskulärer Einspritz- ungen sind oft nicht möglich, wenn die Alkaloide lokal zu stark reizen oder die Lösungen zu stark angesäuert werden müssen, um die Alkaloide klar zu lösen.

MARKS hat diese Schwierigkeit am besten um- gangen, indem er die zu untersuchenden Stoffe dem Futter zusetzte und so die Vögel zwang, zu- gleich mit der Nahrung auch die Arzneistoffe auf- zunehmen. Die ständige Aufnahme mit dem Fut- ter ergibt ohne Zweifel die allerstärksten Wirkun- gen auf die Parasiten, ohne daß die Tiere selbst ver- giftet werden.

Aber diese Fütterungsmethode ist technisch außerordentlich mühsam, erfordert verhältnis- mäßig erhebliche Mengen der zu untersuchenden Substanzen und hat vor allem den großen Nach- teil, daß man nicht genau weiß, wieviel von dem Arzneistoff denn nun eigentlich der Vogel erhalten hat. Manche Vögel verhungern lieber, als daß sie die bittere Arznei schlucken. Deshalb versuchte ich es, die Lösungen der Arzneistoffe den Kanarien- vögeln mit der Schlundsonde einzuspritzen. Ich benutzte dazu die von MARKS (1908) für Mäuse an- gegebene Schlundsonde, d. h. ein dünnes Ureteren- Katheterstück, das auf eine Spritze aufgesetzt ist.

Man kann auf diese Weise leicht einem Vogel von 20 g Körpergewicht 1 ccm beibringen, wenn man vorsichtig die Flüssigkeit in kleinen Schüben nach und nach in den Magen einspritzt. Dann

kommt es nur noch selten dazu, daß der Vogel einen Teil der Flüssigkeit wieder ausspuckt. Die Versuche haben gezeigt, daß diese Methode quanti- tativ genau genug arbeitet, um die Wirksamkeit der verschiedenen Alkaloide annähernd zu be- stimmen.

Zuerst versuchte ich es natürlich mit Chinin. Es wurde eine Reihe von Kanarienvögeln mit Plasmodien intramuskulär infiziert und das Blut der Tiere, das man durch Punktion der Flügel- vene gewinnt, auf das Vorhandensein von Para- siten täglich untersucht, indem der dünne Blut- ausstrich nach ROMANOWSKY-GIEMSA gefärbt wurde. Es treten dann gewöhnlich nach 4 bis 5 Tagen die Parasiten im Blute auf. Behandelt man aber die Kanarienvögel vom Tage der Infek- tion ab täglich mit genügend starken Chinin- lösungen, die man mit der Schlundsonde einmal am Tage einspritzt, 6 Tage hindurch, so treten die Parasiten nicht wie sonst meist nach 5 Tagen, sondern erst nach 10—12 Tagen oder noch später auf. Diese Verzögerung des Auftretens der Para- siten im Blute ist ganz regelmäßig, wenn man Chininlösungen anwendet von der Stärke 1 : 200, oder 1 : 400 oder noch 1 : 800. Nimmt man noch schwächere Lösungen, also z. B. 1 : 1600, so er- scheinen die Parasiten bei hiermit behandelten Vögeln am gleichen Tage wie bei unbehandelten Kontrollen. Es ist selbstverständlich, daß man zu jeder Versuchsreihe Vögel infiziert, die un- behandelt bleiben. Nur durch solche Kontrollen kann man sich vor Trugschlüssen schützen.

Auf diese höchst einfache Weise kann man also quantitativ bestimmen, welche Chininmenge vom Augenblick der Infektion ab, an 6 Tagen hinter- einander gegeben, noch eine deutliche Verzögerung des Erscheinens der Parasiten im Blute bewirken kann.

Ich lege also kein Gewicht darauf, ob die Para- siten nach 10 oder erst nach 20 Tagen erscheinen, obwohl auch dies natürlich bei jedem Vogel fest- gestellt wird. Sondern ich lege in erster Linie Wert darauf, ob das Erscheinen der Parasiten im Blute verzögert wird oder nicht. Diese Verzögerung muß deutlich sein, d. h. die Parasiten dürfen frühestens nach 10 Tagen auftreten, während sie bei den un- behandelten Kontrollen bereits nach 5 Tagen er- scheinen sind.

Nimmt man diese Verzögerung des Krankheits- verlaufs als Maßstab, so braucht man nur die Stärke der Chininlösungen zu ändern, um festzu- stellen, bei welcher Verdünnung die Wirksamkeit aufhört. Selbstverständlich muß man auch fest- stellen, welche Stärke der Chininlösung der Vogel überhaupt noch verträgt.

Für salzsaures Chinin liegen die Zahlen folgen- dermaßen:

Eine Lösung 1 : 200 wird noch getragen, wenn man dem Vogel 1 ccm pro 20 g Körpergewicht mit der Schlundsonde einführt;

die Lösung 1 : 800 ist noch deutlich wirksam, die Verdünnung 1 : 1600 aber nicht mehr.

Es sind also Lösungen von 1 : 200 bis 1 : 800 wirksam, d. h. Chinin hat eine Wirkungsbreite von 1 : 4, nach meiner Methode bestimmt.

Auf diese Weise habe ich im Laufe der letzten 3 Jahre einige hundert verschiedene Stoffe auf ihre Malariawirkung untersucht. Ich hatte nämlich seit dem Jahre 1911, dem Beginn meiner chemotherapeutischen Arbeit in Elberfeld, eine große Reihe von Präparaten aus der Chinin- und Chinolinreihe und andere basische Stoffe aus den Farbstoffklassen und anderer Art auf meinen Wunsch von den Chemikern der Farbenfabriken erhalten, sie aber meist nach dem Vorgange MORGENROTHS an Trypanosomen ausgewertet und nur zuweilen, wenn ich Wirkung auf Trypanosomen festgestellt hatte, auch bei Vogel malaria versucht, leider aber stets ohne Erfolg.

Erst als ich meine quantitative Methode ausgearbeitet hatte, war es möglich, die Stoffe chemotherapeutisch im Tierversuch auszuwerten. Die weitere Arbeit von Chemotherapeut Hand in Hand mit den Chemikern führte dann auch in überraschend kurzer Zeit zu der Auffindung der wirksamen Reihe, deren systematische Bearbeitung schließlich das Plasmochin ergab.

Das Plasmochin, das vorläufige Endergebnis dieser Arbeit, zeigt nun Wirkungen auf die Vogel malaria, wie sie das Chinin nicht entfernt aufweisen kann.

Das salzsaure Salz dieses synthetischen Alkaloids der Chinolinreihe ergibt noch eine deutliche Verzögerung des Erscheinens der Plasmodien im Blute, wenn man vom Tage der Infektion ab an 6 Tagen hintereinander den Vögeln eine Lösung 1 : 50 000 mit der Schlundsonde einspritzt (je 1 ccm pro 20 g Körpergewicht). Das salzsaure Chinin wirkt nur noch in der Verdünnung 1 : 800. Also in absoluten Zahlen wirkt das Plasmochin bei der Vogel malaria etwa 60 mal so stark.

Das Plasmochin wird von den Vögeln noch eben vertragen in der Verdünnung 1 : 500, das ist nur etwa der achte Teil der noch ertragbaren Chininmenge. Immerhin reicht seine Wirkung demnach von 1 : 1500 bis 1 : 50 000, die Wirkungsbreite beträgt also etwa 1 : 30, während das Chinin nur eine Wirkungsbreite von 1 : 4 aufweisen kann.

Die Lösung 1 : 50 000 bewirkt also noch, daß die Parasiten frühestens erst 10 Tage nach der Infektion im Blute erscheinen. Geht man zu stärkeren Lösungen über, so kann das Auftreten der Parasiten auf längere Zeit verschoben werden bis zu 6 Wochen. Ja, es kommt oft genug vor, daß überhaupt keine Parasiten im Blute erscheinen.

Impft man in solchen Fällen das Blut dieser anscheinend nicht erkrankten Vögel auf normale Vögel über, so beobachtet man zuweilen bei diesen ein Auftreten von Parasiten als ein Zeichen, daß der anscheinend nicht erkrankte Vogel doch eine latente Infektion erlitten hatte. Ein solcher latenter infizierter Vogel verhält sich gegen eine Wiederimpfung mit Plasmodien refraktär, d. h. es kommt

nicht zu dem regelmäßigen akuten Ausbruch der Infektion in den ersten 3 Wochen.

War aber durch die Plasmochinbehandlung das Blut des Vogels nicht nur anscheinend parasitenfrei geworden, sondern in der Tat auch nicht mehr für andere Vögel infektiös, dann ist ein solcher Vogel auch gegen eine Wiederimpfung mit Plasmodien genau so empfänglich, als wäre die erste Infektion überhaupt nicht erfolgt. Solche Vögel sind also mit Plasmochin gegen die Infektion vollkommen geschützt worden. Die Präventivbehandlung war in diesen Fällen erfolgreich.

Natürlich habe ich auch versucht, Vögel nach dem Erscheinen der Parasiten im Blute, also bei bereits manifester Infektion, mit Plasmochin zu behandeln, und zwar mit einer einmaligen Gabe entweder mit der Schlundsonde per os oder auch intramuskulär. Bei großen Dosen sieht man nach 24 Stunden erst geringe Veränderungen, aber nach 48 Stunden ist das mikroskopische Bild ganz und gar verändert. Die Veränderung besteht darin, daß die erwachsenen großen Formen der Parasiten, also auch die Gametocyten, die Geschlechtsformen, vollkommen verschwunden sind und nur noch kleine Parasitenformen zurückgeblieben sind. Auch diese sind eigenartig verändert, man sieht zwar deutliche Chromatinkern und ein Pigmenthäufchen, aber der Parasitenleib ist lochartig ausgestanzt, als wenn er eine einzige Vakuole enthielte. Es bildet diese Lochform also einen kleinen Ring mit Chromatin und Pigment. Auch am folgenden Tage kann man noch diese Lochformen beobachten; dann wird das Blut zunächst frei von Parasiten.

Geht man zu kleineren Dosen über, so ist bei einmaliger Gabe von $\frac{1}{25000}$ g pro 20 g Körpergewicht die mikroskopische Veränderung noch sehr deutlich, bei $\frac{1}{50000}$ wird sie geringer, bei $\frac{1}{100000}$ ist sie nicht mehr sicher festzustellen. Die auf das morphologische Bild eben wirksame Gabe von $\frac{1}{50000}$ ist also dieselbe, die bei sechsmaliger Wiederholung noch eben eine deutliche präventive Wirkung ausübt. Es macht bei der therapeutischen Behandlung keinen wesentlichen Unterschied aus, ob man den Vogel per os oder intramuskulär behandelt. Aber auch bei den allerhöchsten Gaben findet keine Heilung in dem Sinne statt, daß der Vogel für immer frei von Parasiten wird. Im Gegenteil kann man oft schon nach wenigen Tagen wieder vereinzelte Parasiten von gewöhnlicher Größe und normalem Aussehen im Blute auffinden. Der Vogel tritt dann also in das Stadium der latenten Infektion über. Der akute erste Anfall mit Überschwemmung des Blutes durch die Parasiten wird also durch Plasmochinbehandlung gebrochen, aber es tritt keine gänzliche Befreiung von den Parasiten ein, keine Therapie sterilisans magna. Wiederum ist bei diesem therapeutischen Vorgehen erstaunlich, in welcher großen Breite das Plasmochin wirkt. Von $\frac{1}{800}$ g bis $\frac{1}{25000}$ g pro 20 g Vogel reicht die Wirkungsbreite, das ist ein Verhältnis von 1 : 30.

Wie gering, im Vergleich zum Plasmochin, das Chinin wirkt, haben die Versuche von ANSCHÜTZ (1910), MARKS (1914) und BRÜNN (1925) gezeigt. So deutliche Veränderungen wie in meinen Plasmochinversuchen sind selbst bei den allerhöchsten Chiningaben nicht zu sehen. Zweifellos erfordern die morphologischen Veränderungen und der Verbleib der zerstörten Parasiten noch ein genaues Studium.

Am stärksten drängt sich die Frage auf, wie denn eigentlich die Wirkung des Plasmochins zustandekommt. Handelt es sich um eine entwicklungshemmende und abtötende Wirkung des Arzneistoffes auf die Parasiten oder ruft etwa der Arzneistoff bisher schlummernde Abwehrkräfte hervor etwa in dem Sinne, daß Abwehrstoffe neugebildet werden oder daß die parasitenzerstörenden Zellen des Körpers größere Fähigkeiten entwickeln, die Krankheitskeime festzuhalten und zu vernichten?

Jedenfalls wirkt das Plasmochin *nicht* in dem Sinne, daß *allgemein* die Abwehrfähigkeiten des Körpers gesteigert würden. Denn impft man z. B. Mäuse mit Trypanosomen oder Roburrenzspirochäten und behandelt dann mit Plasmochin, so gehen diese Infektionen weiter, als hätte keinerlei Behandlung stattgefunden. Gegen diese Infektionen bildet sonst der Körper sehr schnell Abwehrstoffe, aber das Plasmochin hat nicht die geringste Wirkung auf diese Infektionen.

Aber auch wenn man z. B. Kanarienvogel mit Plasmochin ($\frac{1}{1500}$ g pro 20 g) vorbehandelt und nur 2 Stunden später mit Plasmodien infiziert, geht die Infektion ihren gewöhnlichen Verlauf, als hätte keine Vorbehandlung stattgefunden. Wenn also Abwehrstoffe gebildet worden wären, dann wären sie schon nach 2 Stunden wieder verschwunden gewesen oder die antiparasitären Körperzellen hätten schon nach 2 Stunden ihre Fähigkeit verloren, die Parasiten zu vernichten. Diese Annahme der indirekten Wirkung des Plasmochins findet also keine Unterlage im Experiment.

Dagegen erscheint die direkte Wirkung des Plasmochins auf die Parasiten bei anderer Versuchsanordnung um so wahrscheinlicher. Impft man nämlich z. B. Kanarienvogel mit Plasmodien und behandelt die Tiere 6 Stunden später mit einer einmaligen Plasmochingabe ($\frac{1}{1500}$ g pro 20 g Vogel mit der Schlundsonde), so sieht man eine erhebliche Wirkung auf den Krankheitsverlauf, indem die Parasiten erst sehr viel später oder überhaupt nicht im Blut erscheinen. Es hat also die gleiche Gabe Plasmochin eine ganz verschiedene Wirkung, je nachdem, ob man sie 2 Stunden vor der Infektion oder 6 Stunden nach der Infektion darreicht. Das ist, wie ich meine, ein deutlicher Hinweis darauf, daß das Plasmochin selbst die Parasiten stofflich beeinflusst. Ist der Arzneistoff nach wenigen Stunden aus dem Kreislauf verschwunden, dann finden auch die Parasiten nichts mehr im Blute vor, was sie in ihrer Entwicklung hindert.

Wir wissen aber, daß vom Körper gebildete Abwehrstoffe nicht innerhalb weniger Stunden verschwinden, sondern Wochen und Monate darin bleiben. Das Plasmochin wirkt also offenbar unmittelbar auf die Parasiten und nicht auf dem Wege der Antikörperbildung.

Das Plasmochin hemmt die Entwicklung der Parasiten, wenn man Lösungen von $\frac{1}{1500}$ bis $\frac{1}{50000}$ anwendet, also in sehr großer Breite. Eine solche Breite der Entwicklungshemmung kennen wir auch von der direkten Wirkung des Sublimats auf Bakterien, wie besonders SÜPFLE gezeigt hat. Die Breite der Entwicklungshemmung spricht also nicht etwa für eine indirekte Wirkung.

Im Gegenteil möchte man annehmen, daß das mikroskopische Bild eine unmittelbare Schädigung der Parasiten beweist.

Von Anbeginn meiner Versuche trat immer die bange Frage an mich heran: welchen Wert hat denn überhaupt die Untersuchung von Arzneistoffen an der Vogelmalaria? Sind nicht die Parasiten ganz andere wie beim Menschen und ist nicht der menschliche Stoffwechsel ganz verschieden von dem des Kanarienvogels? Diese Fragen sind durchaus berechtigt. Denn schon die drei Formen der menschlichen Plasmodien reagieren nicht in gleicher Weise auf die bekannten drei Typen antimalarischer Stoffe. Die Quartana wird besonders gut beeinflusst von Methylenblau, die Tropica weicht fast nicht der Behandlung mit Arsenikalien, Chinin wirkt auf alle 3 Formen, wenn auch nicht in gleicher Stärke. Nun war aber noch dazu bekannt, daß die Vogelmalaria ganz besonders schlecht auf Chinin reagiert. Wenn man umrechnet, daß ein Mensch von 50 kg Körpergewicht mindestens 0,5 g Chinin täglich braucht, um die Malariaanfälle eben zu unterdrücken, so bedeutet das auf 1 kg Mensch 10 mg Chinin.

Ein Vogel von 20 g braucht mindestens $\frac{1}{800}$ g Chinin, um die Malariainfektion zu beeinflussen, das ist für 1 kg Vogel etwa 60 mg, also sechsmal soviel wie der Mensch.

Es läßt sich also im voraus nicht berechnen, ob ein gegen Vogelmalaria wirksamer Stoff auch gegen Menschenmalaria wirksam sein wird. Aber solange wir kein anderes Plasmodium haben, das bessere Schlüsse auf die menschlichen Plasmodien zuläßt, müssen wir uns mit der Vogelmalaria begnügen. Der Chemotherapeut muß eben den etwas kühnen und nicht ganz sicheren Weg gehen und hoffen, daß seine Schlußfolgerungen auch für den Menschen zutreffen.

Beim Plasmochin hat sich zum ersten Male dieser Rückschluß von dem Kanarienvogel auf den Menschen bewährt, zum ersten Male ist es gelungen, ein synthetisches Alkaloid an der Vogelmalaria aufzufinden, das dann auch bei der menschlichen Malaria wirksam war. Ich bin überzeugt, daß dieser Weg noch häufig mit Erfolg wird eingeschlagen werden können und daß wir erst am Anfang einer großen Entwicklung der Chemotherapie stehen.

die wir bis 3 Tage nach der Entfieberung und dem Verschwinden der Plasmodien geben und im Sinne der Nochtschen Kur noch 2—3 Wochen lang an je 4 Tagen wiederholen.

Dieses System hat sich in jedem Falle als sicher wirksam erwiesen (s. Kurve 2 und 3).

Das Suchen nach der geringsten wirksamen Dosis war insofern störend, als inzwischen Rückfälle eintraten, die je nach der Verringerung der Dosis häufiger waren und sich im Intervall verkürzten. Schon bei 2, nicht bei allen, der mit $5 \times 0,05$ an nur 3 Tagen Behandelten waren Rückfälle eingetreten, und zwar bei beiden am 17. Tag der Entfieberung.

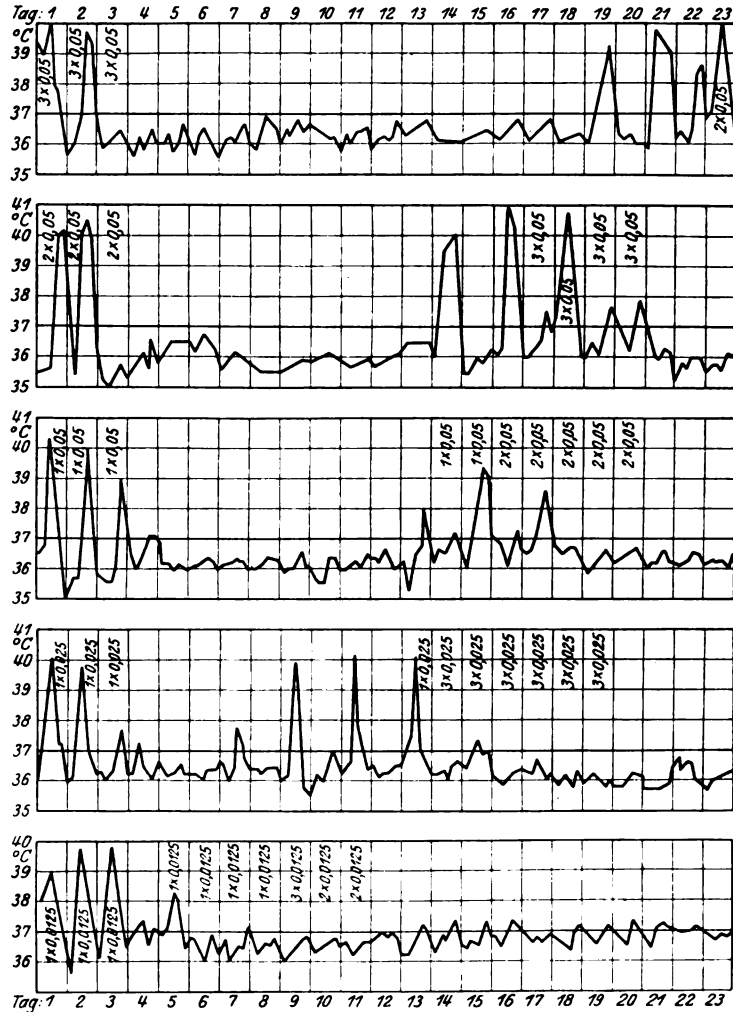
Bei $2 \times 0,05$ kam es nach 11 Tagen, bei $1 \times 0,05$ nach 9 Tagen, bei $1 \times 0,025$ nach 4 Tagen zum Rückfall.

Rückfälle wurden im allgemeinen wieder mit Plasmochin behandelt, das auch an den Rückfällen wirkte wie bei der Erstanwendung. Die Entstehung einer Plasmochinfestigkeit ist als bisher nicht beobachtet. Einer Erläuterung des Auftretens von Rückfällen bei verschiedenen Dosenhöhen und der Wiederbeeinflussung dient Kurve 4.

Nach einer systematischen Kur mit möglichst kleinen Dosen strebten wir, um Neben- und Vergiftungserscheinungen zu vermeiden. Nebenerscheinungen subjektiver Art haben wir von unseren Kranken nicht gehört, außer daß ein Fall vorübergehend über Magenbeschwerden klagte. Ich möchte betonen, daß unser Krankenmaterial nicht empfindlich ist, daher vielleicht subjektive Beschwerden weniger angibt.

An subjektiven Nebenerscheinungen haben wir, wie oben erwähnt, schon während der Verträglichkeitsprüfung einen Vergiftungsfall erlebt: Der Kranke hatte in 8 Tagen 0,6 g, in den letzten 3 Tagen hintereinander 0,1, 0,15, 0,25 pro die in Einzeldosen à 0,05 erhalten. Am Tage nach Schluß der Medikation klagte er über Leibschmerzen, am darauffolgenden Tag verfiel er in einen Schwächezustand bei eigentümlich livider, aschgrauer Verfärbung der Haut und zyanotischen Lippen, ohne Erscheinungen von seiten der Lunge, der Leiborgane, ohne Fieber, ohne Dyspnoe, bei kräftigem Puls; Hämoglobingehalt und Blutkörperchen waren ohne Befund, die Farbe des frischen Bluttropfens aber war schokoladenbraun. Methämoglobin war spektroskopisch weder im Blut noch im Urin nachzuweisen. Der Urin war ohne Farbveränderung, ohne Eiweiß, ohne Uro-

bilinogenvermehrung. Am 2. Tage des Zustandes, dem 4. nach der Medikation, setzte ein Tagesurin einen grauen Bodensatz und schwarze Oberfläche ab. Beim Erheben aus dem Bett bekam der Patient Kollapse und danach Erbrechen. Der Patient war geistig klar und klagte nur zeitweilig über Leibschmerzen. Nach 4tägiger Dauer des Zustandes erholte sich der Patient schnell und



Kurve 4. Behandlung mit unzureichenden Plasmochindosen.

hatte nach 3 Wochen auch seine frühere Hautfarbe wiedergewonnen.

An diesem Zustand war die aschgraue livide Haut und die Cyanose der Lippen die imponierendste Erscheinung. Wenn wir daher in der Folge in der Plasmochinbehandlung eine auch nur leichte Cyanose der Lippen sich entwickeln sahen, so nahmen wir das als Signal, die Plasmochinbehandlung zu unterbrechen. 7 von 40 Plasmochinfällen zeigten auf verschieden hohe Tagesdosen über 0,1 g die Entwicklung der Lippen-cyanose, ohne andere Erscheinungen. Ob bei

Weitergabe des Plasmochins sich bedenklichere Zustände entwickelt hätten, können wir nicht entscheiden. Sie vergingen in wenigen Tagen. Bei Aufmerksamkeit ist die Cyanose also eine *gutartige Mahnung*. Über ihre wahrscheinliche Ursache und Vermeidung wird Prof. MÜHLENS Näheres berichten. Diese Fälle, bei denen die Plasmochinkur wegen der sich entwickelnden Cyanose abgebrochen wurde, waren in ihrer Kur soweit, daß sie mit der jeweils erreichten Dosis von ihrer Malaria geheilt waren.

Ikterus, den wir bei 2 von 40 Plasmochinfällen sahen, wollen wir nicht sicher zu den Nebenerscheinungen des Plasmochins rechnen, denn wir sehen ihn nicht selten bei der Impfmalaria der Paralytiker und haben bei ihm die Plasmochinkur reibungslos durchgeführt und sein Abklingen in der Plasmochinbehandlung gesehen.

Gezeigt habe ich Ihnen die Beeinflussung der Fieberkurve, erwähnt das Verschwinden der Plasmodien unter Plasmochin. Im Allgemeinzustand erholen sich die Impfmalariker schnell und gut. Wenn ein Fall sich langsam erholt oder anämisch bleibt, so besteht der Verdacht, daß er noch eine latente Malaria hat, die im Rückfall über kurz oder lang manifest wird. Bei unseren Ver-

suchen der kurzen Kuren mit kleinen Dosen haben wir solche Fälle gesehen.

Ich möchte betonen, daß von unseren plasmochinbehandelten malariageimpften Paralytikern noch keiner gestorben ist.

In meinen Ausführungen möchte ich die Vorsicht walten lassen, daß ich die Wirkungsgrenze betone, die wir streiften, weil wir nach der niedrigsten Dosierung suchten. Nachdem wir die ausreichende Kur festgelegt hatten, haben wir keinen Mißerfolg gesehen, weder in bezug auf die Wirkung, noch in bezug auf die Nebenerscheinungen.

Daher können wir uns dahin zusammenfassen, daß im Plasmochin ein Mittel gefunden ist, welches sicher die Impfmalaria des Paralytikers heilt.

Die Impfmalaria des Paralytikers ist eine Tertiania, die ohne Zwischenwirt von Mensch zu Mensch übertragen wird; sie hat gewisse Unterschiede gegenüber der Naturmalaria, daher ist sie *nur die Brücke* gewesen, auf der die Verträglichkeits- und Wirkungsprüfung des Plasmochins zum Hauptproblem schreiten konnte, der Prüfung bei der Naturmalaria. Wir konnten es den eigentlichen Malariaforschern ruhig und zuversichtlich in die Hand geben.

Die Behandlung der natürlichen menschlichen Malaria-Infektion mit Plasmochin.

Von P. MÜHLENS, Hamburg.

Meine Damen und Herren! Wenn ich Ihnen heute über unsere ersten Versuche der Behandlung von *natürlicher* menschlicher Malaria mit dem „Plasmochin“ benannten, neuen synthetisch hergestellten Chinolin-Derivat berichten soll, so muß ich es von vornherein als unmöglich erklären, Ihnen in der kurzen, mir zur Verfügung stehenden Zeit ein vollständiges Bild von unseren zahlreichen Behandlungen und Beobachtungen zu geben. Ich bitte Sie daher, meine Mitteilungen nur als eine *vorläufige Zusammenfassung* der bisherigen Ergebnisse anzusehen. Über die Einzelheiten werden wir demnächst in einer ausführlichen Abhandlung berichten.

Die Behandlungen in der *Krankenabteilung des Hamburger Tropeninstituts* mit dem ursprünglich „Beprochin“ genannten Präparat begann ich im *August 1925*, nachdem mir kurz vorher die Herren Dr. HÖRLEIN und Prof. SIOLI in einer gemeinsamen Besprechung die Resultate der vorausgegangenen ROEHLschen Proteosoma-Tierversuche sowie der ersten Behandlungen von malariainfizierten Paralytikern demonstriert hatten.

Unsere Hamburger Beobachtungen wurden unter Mitarbeit meiner Assistenten, insbesondere der Herren Dr. OTTO FISCHER und Marine-Stabsarzt Dr. GÜNTHER sowie des Laboratoriumsaufsehers Herrn GÖSSLER bis auf den heutigen Tag fortgesetzt. Vor allem legte ich besonderen Wert auf *genaueste Blutkontrollen*, an denen ich mich in der ersten Zeit der Einarbeitung selbst beteiligte. Kam es mir doch nicht nur auf den klinischen, sondern

auch auf den *parasitologischen Erfolg* der neuen Behandlung an. Deshalb untersuchten wir in allen behandelten Fällen zunächst *täglich* das Blut in dicken Tropfen. Erst nach zahlreichen negativen Befunden wurden die Blutproben weniger häufig, stets aber an den *Nachbehandlungstagen* entnommen und untersucht.

Damit eine *sichere Einnahme* des Medikaments gewährleistet war, ließ ich es von vornherein durch meine Assistenten und Praktikanten den Patienten austreten.

Für die *Dosierung* waren mir die Erfahrungen von SIOLI maßgebend, der — wie Sie vorhin gehört haben — festgestellt hatte, daß *Tagesdosen bis zu 0,1 g, höchstens 0,15 g* mehrere Tage lang ohne Gefahr genommen werden konnten. Zunächst gaben wir das Präparat in Kapseln von 0,05 g Plasmochin ein bis zweimal, später auch fünfmal 0,02 g täglich. Die letztere Dosierung war in den letzten Monaten die übliche, seit wir von der Fabrik die sehr handlichen kleinen Plasmochinsalztäbchen zu 0,02 g erhielten. Ganz besonders diese Tabletten, aber auch die Kapseln, wurden stets anstandslos und gern von den Patienten genommen. *Niemals* kamen *Klagen* über bitteren Geschmack oder andere ähnliche unangenehme Nebenwirkungen wie nach Chinineinnahme zu meiner Kenntnis. Dagegen fiel es mir auf, daß bei einigen Patienten die Lippen, Zunge, Zahnfleisch und Fingernägel *cyanotisch* wurden, namentlich bei solchen, die größere Dosen ($3 \times 0,05$ g als Höchstdosis) bekommen hatten. Einige Male

traten auch krampfartige *Magenschmerzen* auf. Die genannten Erscheinungen gingen nach Aussetzen des Medikaments meist schnell zurück.

Das Präparat ist fast völlig geschmacklos und man kann die Tabletten *in Wasser zerfallen* nehmen. Dies ist auch die Verabreichungsart für *Kinder*.

Die genannten *Tagesdosen* von $1-2 \times 0,05$ g bzw. $5 \times 0,02$ g, in einigen Fällen bis $3 \times 0,05$ g, wurden fast stets zunächst an 5-7 aufeinanderfolgenden Tagen bis zum völligen Verschwinden aller Parasiten verabreicht; dann weiterhin zur *Nachbehandlung* nach je 4-5 Tagen Pause noch mehrmals an je 3 aufeinanderfolgenden Tagen (ähnlich wie bei der üblichen Chininnachbehandlung). Für die ganze Kur waren (wie bei der Chininkur) 4-6 Wochen in Aussicht genommen. Aber nicht immer ließen sich die Rekonvaleszenten solange im Hospital halten. Deshalb, also wegen zu kurzer Nachbehandlung und -beobachtung können die mitzuteilenden *Endresultate nicht als absolut sichere* betrachtet werden. Wenn es also nachher bei meinen Demonstrationen heißt: „Kein Rückfall“, dann ist das so aufzufassen, daß kein Rückfall im Krankenhaus beobachtet bzw. später zu unserer Kenntnis gelangt ist. Man muß selbstverständlich damit rechnen, daß nach der Entlassung noch Rückfälle vorgekommen sein können, die nicht gemeldet wurden.

In einer Serie von Fällen haben wir das Medikament 14 Tage lang hintereinander ohne spätere Nachbehandlung verabreicht, um zu sehen, ob dadurch vielleicht ein noch besserer Erfolg erzielt würde, als mit der intermittierenden Behandlung.

Im ganzen wurden in unserer Krankenabteilung 134 *Malariafälle* in Behandlung genommen, die wir heute zur Beurteilung heranziehen können.

Aus den *Tabellen*, die ich Ihnen nachher demonstrieren will, werden Sie die *bisherigen Ergebnisse* unserer Behandlung ersehen. Ich betone nochmals, daß sie nicht als endgültig beweisend angesehen werden dürfen, da viele Kranke nur wenige Wochen behandelt und nachbeobachtet werden konnten. Eine Anzahl unserer Kranken machte die letzten Nachbehandlungen *ambulant* durch; sie kamen dann an den Plasmochintagen ins Institut, wurden untersucht und nahmen das Medikament. *Summarisch* können wir auf Grund unserer bisherigen Beobachtungen feststellen, daß bei *allen drei Malariaarten* (Malaria tertiana, Malaria quartana und Malaria tropica) nach eingeleiteter Plasmochinbehandlung die *Fieberanfälle bald aufhörten* und daß auch die *Parasiten* in meist *wenigen Tagen verschwanden*, so vor allem schnell bei der *Tertiana* und *Quartana*. Wir hatten unsere Plasmochinpatienten stets gebeten, evtl. Rückfälle nach der Entlassung uns mitzuteilen. Einige kamen auch mit Rezidiven zur Wiederaufnahme. Außer diesen aber sind keine Rückfälle gemeldet worden. Nach unseren allgemeinen Eindrücken *sind sicher weniger Rückfälle von Tertiana und Quartana* nach Plasmochinbehandlung aufgetreten, als wir sie sonst nach Chinintherapie zu sehen pflegen. Dagegen

war die Zahl der parasitologischen und auch der klinischen Rezidive bei *Tropica* unter *alleiniger* Plasmochinbehandlung größer.

Wirkte somit das Plasmochin auf die *Tropica-schizonten*, also die Ringformen, weniger sicher und nachhaltig, so war die Einwirkung auf die *Tropica-gameten*, die Halbmonde, um so stärker. Wir erlebten hier ein *wichtiges Novum*: Bekanntlich hatten wir bisher kein Medikament, das die für die Weiterverbreitung der Malaria tropica verantwortlichen Geschlechtsformen in kurzer Zeit und sicher zum Verschwinden bringen konnte. Sind doch bei intensiver Behandlung mit dem Malaria-spezifikum Chinin oft die Halbmonde noch 4-6 Wochen und selbst länger im peripheren Blute nachweisbar. Das betr. Individuum ist und bleibt somit als *Parasitenträger eine Infektionsquelle* für die übertragenden Anophelesmücken. Alle anderen, bisher als Mittel zur Halbmondvertilgung angegebenen Medikamente, darunter auch die Tartaruspräparate wie Stibenyl u. a., haben bei unseren Nachprüfungen versagt, d. h. *sie konnten die Halbmonde nicht zum Verschwinden bringen*.

In dem Plasmochin fanden wir nun zum ersten Male ein Medikament, das mit geradezu experimenteller Sicherheit innerhalb von 5-7 Tagen die Halbmonde zum Verschwinden brachte, selbst in Fällen, in denen sehr viele Halbmonde und anscheinend erst seit kurzer Zeit im peripheren Blut vorhanden waren. Noch mehr: *In frischen Tropikafällen mit zahlreichen Schizonten (Ringe + + + +) ohne Gameten verhinderte die sofort einsetzende Plasmochinbehandlung fast stets das Auftreten von Halbmonden*; und selbst bei späteren Rezidiven während der Plasmochinnachbehandlung erschienen keine Halbmonde im peripheren Blut. — Behandelten wir aber die Rezidive mit *Chinin* nach, so kamen prompt 10 Tage nach dem Wiederauftreten der Ringe auch die Halbmonde zum Vorschein und verschwanden alsdann auf *Chinintherapie nicht*, dagegen bald nach erneuter Plasmochinverabreichung. Mit anderen Worten: Es lag völlig in unserer Hand, d. h. an der Art unserer Behandlung, ob wir die Halbmonde verschwinden bzw. auftreten lassen wollten oder nicht. Das klingt unglaublich! Aber ich werde Ihnen derartige Beispiele gleich an Kurven¹⁾ demonstrieren.

Mir scheint, diese Beobachtungen haben auch noch ein gewisses Interesse bezüglich der Frage der *Parthenogenese*, also der von SCHAUDINN angenommenen Rückbildung von Gameten in Schizonten zur Erklärung der Rezidive. Unsere Beobachtungen sprechen gegen diese Annahme. Wir haben gesehen, daß Plasmochin die *Tropica-gameten* — jedenfalls aus dem peripheren Blut — zum Verschwinden bringt. Würden sie trotzdem in den inneren Organen noch verbleiben und sich zu Teilungsformen zurückbildend an den Rezidiven beteiligt sein, dann müßte man doch wohl

¹⁾ Die Kurven erscheinen demnächst in unserer ausführlichen Arbeit in den Beiheften des „Archiv für Schiffs- und Tropenhygiene“.

erwarten, daß sie bei den Rezidiven auch im peripheren Blut nachweisbar wären. Das war aber niemals bei unseren mit Plasmochin behandelten Kranken der Fall.

Während wir also (siehe Tabellen und Kurven) bei *Tertiana* und *Quartana* mit *Plasmochin allein* eine ausgezeichnete parasitologische und klinische Wirkung erzielten, mußten wir wegen der Rückfälle bei *Tropica* — einzelne Kranken rezidierten mehrmals und behielten die Ringe trotz fortgesetzter Behandlung längere Zeit im Blute — nach einer noch besseren Methode suchen. Da lag es nahe, für diese *Tropica*-fälle das *Plasmochin mit Chinin*

Der nächste Schritt war nun, diese Kombinationstherapie zu vereinfachen. Zu dem Zwecke stellten auf meine Anregung hin die Farbenfabriken Dragees her, und zwar zunächst solche, die je 0,01 g Plasmochin und 0,125 g Chinin-sulf. sicc.¹⁾ enthielten und „*Plasmochin compositum*“ genannt wurden. Die Behandlungsversuche mit diesem *Plasmochin compositum* hatten auch bei *Tropica* das erstrebte sichere Resultat, *da fast gleichzeitig und bald die Ringe und auch die Halbmonde verschwanden*. Bisher haben wir nur ein Rezidiv in einem Fall von *Tertiana* + *Tropica* erlebt, in dem es nach einigen zu anderen therapeutischen

Tabelle 1. Mit *Plasmochin allein* behandelt.

<i>Tertiana</i> :	a) 8 Fälle mit $1 \times 0,05$ g 14 Tage hintereinander. 2 Rückfälle: 1 nach 4, — 1 nach 6 Wochen.
	b) 9 Fälle mit $5 \times 0,02$ oder $2 \times 0,05$ g. Kein Rückfall.
	c) 4 Fälle mit $3 \times 0,05$, nur kurze Zeit. Kein Rückfall.
Summe:	21 Fälle mit 2 Rückfällen (letztere bei Tagesdosen von $1 \times 0,05$ g).
<i>Quartana</i> :	3 Fälle 1 mit $1 \times 0,05$ g täglich, 2 mit $3 \times 0,05$ g täglich, 3—5 Tage. Kein Rückfall.
	Außerdem: 4 Paralytiker von Dr. Kirschbaum behandelt. 1 Rückfall, $3\frac{1}{2}$ Wochen nach nur 5 Tagesdosen zu 0,05 g; mit 2 Nachkuren endgültig geheilt.
<i>Tropica</i> :	a) 4 Fälle mit Tagesdosen von 0,05 g; 4 Rückfälle; b) 23 Fälle mit Tagesdosen von $2 \times 0,05$ g, 13 Rückfälle (Von den 10 nicht Rückfälligen waren einige später mit Chinin nachbehandelt worden.) c) 2 Fälle mit Tagesdosen von $3 \times 0,05$ g; 1 Rückfall; d) 5 Fälle mit Tagesdosen von $1-2 \times 0,05$ g hintereinander 14 Tage lang; 5 Rückfälle; e) 5 Halbmondfälle mit $2 \times 0,05$ g (nach früherer Chinintherapie).
Summe:	39 Fälle mit 23 parasitologischen, meist auch klinischen Rückfällen.

Tabelle 2. Mit *Plasmochin + Chinin* behandelt.

<i>Tertiana</i> :	1 Fall: Plasmochin 0,05 + 0,2 g Chinin 1 Fall: Plasmochin 0,05 + 0,25 g Chinin 4 Fälle: Plasmochin 0,05 + 0,5 g Chinin 2 Fälle: Plasmochin $2 \times 0,05$ + 0,5 g Chinin	} kein Rezidiv.
Summe:	8 Fälle ohne Rückfall.	
<i>Tropica</i> :	22 Fälle: Plasmochin 0,05 + 0,5 g Chinin: 8 Rezidive; 10 Fälle: Plasmochin $2 \times 0,05$ + 0,5 g Chinin: 2 Rezidive.	
Summe:	32 Fälle mit 10 Rückfällen.	

Tabelle 3. Mit *Plasmochin composit.* behandelt.

<i>Tertiana</i> :	5 Fälle: 3×2 Dragées. Kein Rezidiv.
<i>Tropica</i> :	19 Fälle: 3×2 Dragées. Kein Rezidiv.
<i>Tertiana</i> + <i>Tropica</i> :	1 Fall: 3×2 Dragées; während Nachbehandlung Tropicarezidiv nach Tartarusinjektionen.
Summe:	25 Fälle: 1 Tropicarezidiv nach Tartarusinjektionen.

zu kombinieren, um so einen größtmöglichen Dauereffekt gleichzeitig gegen die *Tropicaringe* und *Halbmonde* zu erzielen.

So kamen wir zu der kombinierten Anwendung von *Plasmochin + kleinen Chinindosen*, zunächst zur Nachbehandlung bei den *Tropicarezidiven*, dann aber auch zur primären Behandlung von Anfang an. Wir gaben also an den Behandlungs- bzw. Nachbehandlungstagen je 0,05 bis 0,1 g Plasmochin + 0,2 bis 0,5 g Chinin hydrochlor. täglich. Der Erfolg war wesentlich besser: Bei *Tropica* um 31% weniger Rezidive als bei alleiniger Plasmochinbehandlung (mindestens 59% Rückfälle); bei *Tertiana* überhaupt kein Rezidiv festgestellt.

Zwecken vorgenommenen Tartarusinjektionen zu erneutem Fieber mit *Tropicaringen* kam. (Demonstration von Kurven und Tabellen, die eine Übersicht über unsere bisherigen Behandlungsergebnisse geben.)

Aus meinen Demonstrationen haben Sie ersehen, daß das *reine Plasmochin* alle großen Parasitenformen, also alle *Tertiana*- und *Quartana*-parasiten, ebenso wie die *Tropicagameten* bald und auch fast stets dauerhaft zum Verschwinden

¹⁾ Anmerkung bei Korrektur: Zweifellos wird sich die *relativ hohe Chininmenge* im *Plasmochin compositum* noch verringern lassen. Zur Zeit sind diesbezügliche Versuche eingeleitet.

zu bringen vermag. Die Einwirkung auf die *kleinsten* Parasitenformen, die *Tropicaringe*, ist dagegen meist nicht von Dauer, so daß mindestens $\frac{2}{3}$ dieser Fälle bei *alleiniger* Plasmochinbehandlung Wiederauftreten der Ringe zeigen und dann meist auch klinisch rezidivieren, manche sogar wiederholt. Bei Anwendung des Kombinationspräparates *Plasmochin compositum* war jedoch die Zahl der Rezidive auch bei unseren Tropicafällen bisher fast gleich Null, wobei allerdings zu beachten ist, daß viele der Fälle erst kurze Zeit in Nachbehandlung waren.

Unsere in Hamburg behandelten Malaria-kranken waren nun zu einem großen Teil *Chronisch-krank* oder *frische Rezidivfälle*, von denen die meisten schon früher einmal mit Chinin behandelt worden waren.

Deshalb mußte das Präparat vor einem endgültigen Urteil über seine Anwendbarkeit in der *Praxis* auch noch an der *Malariafront* an möglichst frischen und schweren Fällen geprüft werden. Meine diesbezüglichen Vorschläge der Erprobung in den *schlimmsten Malariagegenden* verschiedenster Erdteile wurden von den Farbenfabriken sofort angenommen. Die Versuche sind allenthalben noch im Gange. Ich selbst hatte das Glück, die Nachprüfungen in den mir aus dreijähriger Kriegstätigkeit als Armeehygieniker her bekannten Balkanländern Bulgarien, Griechenland und Jugoslawien seit Juli organisieren und zum Teil mit vornehmen zu können. Die Behandlungen werden zur Zeit noch fortgesetzt: Im Militärhospital in *Skoplje* (Üsküb) durch Herrn Dr. RADOJICIC, im Militärhospital in *Bitolj* (Monastir, ebenfalls Jugoslawien) durch die Herren Dr. DJOKIC und STAMBUK, im Infektionshospital in *Saloniki* durch Herrn Dr. POLYCHRONIADES, im Kreishospital BURGAS am Schwarzen Meer (Bulgarien) durch die Herren Dr. BANANOFF und SLIWENSKY, im Malariahospital *Jamboli* (Bulgarien) durch Herrn Dr. WASSILEFF und endlich im Hospital *Sliven* (Bulgarien) durch den alten Malariakenner Dr. MANOLOFF. Im Oktober werde ich mich über die weiteren Ergebnisse unterrichten.

Im ganzen sind bis heute in diesen 6 *Balkan-hospitälern* an 250 Fälle in Behandlung genommen. Die Anwendung geschah nach meinen Anweisungen unter genauesten Blutkontrollen. Schwierigkeiten machte es an manchen Stellen nur, die Kranken längere Zeit zur Nachbehandlung und -beobachtung im Hospital zu behalten bzw. sie zu bewegen, ins Hospital zu kommen.

Daß eine *gute Ernährung* von wesentlichem Einfluß auf den Verlauf einer medikamentösen Malariabehandlung ist, wissen wir namentlich aus Kriegs- und den russischen Hungersnotzeiten. Dasselbe konnte ich auch auf dem Balkan wieder bestätigen: Während in diesem Jahre fast allenthalben die Malaria recht milde und nicht in sehr großen Epidemien auftrat, sahen wir unter den schlecht genährten griechischen und bulgarischen Flüchtlingen heftige Epidemien und schwerste,

zum Teil komatöse Fälle mit *Tropica*-Teilungs- und sämtlichen *Tropica*-Übergangsformen im peripheren Blut. Gerade solche suchte ich aber für unsere Behandlungszwecke. Manche der *schlecht ernährten* Schwerkranken *reagierten langsamer* auf die Therapie. Deshalb gaben wir in den allerschwersten komatösen Fällen am ersten Tage auch häufig zur Unterstützung noch 0,5 bis 1,0 g Chinin intramuskulär, da wir vorläufig noch keine Injektionsmethode für Plasmochin ausgearbeitet hatten.

Im übrigen aber wurden *unsere Hamburger Erfahrungen an der Balkan-Malariafront* voll und ganz bestätigt, ebenso wie auch durch die Beobachtungen von ROEHL in Spanien und von SCHULEMANN sowie von Prof. MEMMI an 74 Fällen in *Grosseto* (Italien). Die *Erstlingsmalaria auf dem Balkan* reagierte, auch ohne daß Chininbehandlung vorausgegangen war, fast ebenso auf die Plasmochin- und Plasmochincompositum-Behandlung wie die *Rezidivmalaria*. Tertianen und Quartanen reagierten stets prompt auf die Behandlung mit *Plasmochin allein* in Dosen von 3 bis $4 \times 0,02$ g täglich und natürlich ebenso oder noch besser auf Plasmochin compositum. Bei *Malaria tropica* genügten stets 3×2 Tabletten *Plasmochin compositum*, um Parasiten und Fieber bald zum Verschwinden zu bringen. Wir sahen nach Plasmochin compositum-Behandlung, ebenso wie SCHULEMANN und MEMMI bisher *keine Tertianarezidive* und nur einen Tropicarückfall innerhalb von 6 Wochen. Dagegen beobachteten SCHULEMANN und MEMMI bei *Tropica* nach Verabreichung von 3×2 Dragées mehrere Rückfälle mit Tropicaringen bei schwerer und insbesondere chronischer autochthoner Malaria. Das kennen wir jedoch auch bei der alleinigen *Chinintherapie*. Wahrscheinlich werden sich derartige Rezidive durch *höhere Dosierung* oder kontinuierliche Behandlung mit Plasmochin compositum vermeiden lassen. — Schließlich wurden auch unsere *Halbmonderfahrungen* voll und ganz bestätigt: diese Parasiten verschwanden in 4 bis 7 Tagen unter Behandlung mit Plasmochin compositum, während sie in Parallelversuchen unter fast täglicher *Chinin*-behandlung in Dosen von 1,5 bis 2,5 g, teils intramuskulär, teils per os, meist 4 bis 8 Wochen nachweisbar blieben (Dr. POLYCHRONIADES).

In Anbetracht der vorgeschrittenen Zeit kann ich im einzelnen auf die Behandlungen auf dem Balkan nicht eingehen. Ich möchte auch die ausführliche Publikation der noch im Gange befindlichen Versuche meinen Mitarbeitern überlassen. Hier sei nur erwähnt, daß sie alle von den Resultaten überrascht und geradezu begeistert waren, ganz besonders von den einzigartigen Halbmond-Vernichtungserfolgen.

Nur noch kurz will ich andeuten, daß wir nicht nur *Kinder* im Alter von 3 bis 15 Jahren, sondern auch *Säuglinge* in Behandlung nahmen, zum Teil sogar in *ambulatorische*. Den Kindern und Säuglingen, welche die Tabletten nicht schlucken konnten, gaben wir das *Plasmochin in Suspension*

in dem Alter entsprechenden Dosen, bisher mit sehr guten Erfolgen. So verschwanden nach einer eben eingetroffenen Mitteilung von Dr. SLIWENSKY bei einem Säugling die reichlich vorhandenen Tertianaparasiten innerhalb von 48 Stunden nach Beginn der Plasmochindarreichung. In *Burgas* und *Saloniki* wurde ferner festgestellt, daß die Kinder das Plasmochin und auch das Plasmochin compositum gut vertrugen, und zwar in relativ großen Dosen. So gab Dr. POLYCHRONIADES einem 3 jähr. Kinde bis zu 0,06 g Plasmochin und einem 10 jähr. bis 0,1 g täglich, also Dosen, die wir sonst nur Erwachsenen zu verabreichen pflegen. Freilich wurden die Kinder zum Teil *cyanotisch*, ebenso wie manche Erwachsene nach fortgesetzten 0,1 g- und höheren Tagesgaben; aber es bestanden keinerlei subjektive Beschwerden, selbst nicht, wenn alsdann Dr. POLYCHRONIADES die großen Dosen noch längere Zeit weiter gab und sogar noch steigerte, bei einem Erwachsenen bis zu 0,18 g an mehreren Tagen hintereinander! Der letztere erhielt in 4 Wochen im ganzen 1,94 g in drei Perioden und während der letzten 7tägigen Behandlung Dosen von 0,12 bis 0,18 g täglich trotz bestehender Cyanose. Es traten keinerlei Intoxikationssymptome auf. Wäre die Cyanose ein schwereres Intoxikationszeichen, dann hätte bei dieser enormen Steigerung der Dosen des Medikamentes die Intoxikation bedeutend zunehmen und evtl. zu anderen Symptomen führen müssen. Ich neige daher dazu, die Cyanose auf *vasomotorische*, durch das Medikament veranlaßte *Einflüsse* zurückzuführen. Freilich ist das cyanotische Aussehen mancher Patienten vorläufig noch ein *Schönheitsfehler bei der Behandlung*. Auffallenderweise sind es nicht immer die schwächsten Patienten, die cyanotisch werden; eher neigen vielmehr neuropathische Naturen dazu.

SCHULEMANN und MEMMI konnten in Grosseto feststellen, daß die durch Plasmochin hervorgerufene Cyanose sich rasch weitgehend zurückbildet, wenn man *nachträglich Chinin* gab, oder wenn man statt mit dem einfachen Plasmochin mit Plasmochin compositum weiter behandelte, eine Beobachtung, die mit den Ergebnissen von Tierversuchen, welche der Pharmakologe Dr. EICHHOLTZ durchführte, übereinstimmte.

Daß das Plasmochin auf die roten Blutkörperchen selbst keinen schädigenden Einfluß ausübt, scheint mir außer aus den bedeutenden Steigerungen des Hämoglobingehaltes während der Behandlung und dem oft schnellen und bedeutenden Rückgang der Milzschwellungen auch noch aus der Anwendung bei Fällen von *Schwarzwasserfieber* (Malaria-Hämoglobinurie) hervorzugehen, in denen ich das reine Plasmochin, nicht Plasmochincompositum, verordnete. Es wurde von 2 *Schwarzwasserfieberkranken* in unserem Institut nach dem Anfall gut vertragen. Der eine Kranke litt außerdem noch an durch Chinin verursachten Haut- und Schleim-

hautblutungen. Während in diesem letzteren Falle die Tertianaparasiten bald unter reiner Plasmochinbehandlung verschwanden und auch bei der Nachbehandlung und später nicht wieder erschienen, verlief der Tropica-Schwarzwasserfieberfall in bezug auf die Parasitenbefunde (Ringe) wesentlich hartnäckiger. Er wurde aber schließlich auch völlig geheilt. Dieser Schwarzwasserpatient nahm im Verlauf von $4\frac{1}{2}$ Monaten im ganzen 2,915 g Plasmochin ohne jeden Schaden. — Auch in einem weiteren Fall von *Chinin-Idiosynkrasie* mit Hautblutungen konnte die Malaria durch Plasmochin geheilt werden. — Also auch bei Schwarzwasserfieber und Chininidiosynkrasie, vielleicht auch in „chininresistenten“ Fällen scheint das Plasmochin eine wertvolle Hilfe zu sein.

Zur Zeit sind bei Schwarzwasserfieber-Fällen auf dem *Balkan* und in Italien Nachprüfungen im Gange.

Schließlich habe ich natürlich auch *Prophylaxeversuche bei Erwachsenen und Kindern mit Plasmochin compositum* eingeleitet, nachdem mein Mitarbeiter Dr. FISCHER auf meine Veranlassung bereits einen interessanten Prophylaxeversuch mit reinem Plasmochin bei einer Schiffsbesatzung auf einer Westafrikareise gemacht hatte. Herr Dr. FISCHER wird demnächst selbst über das recht befriedigende Resultat dieses Versuches, bei dem das Präparat von der *arbeitenden* Schiffsbesatzung, auch den Heizern, an je 2 Wochentagen je 0,09 g täglich etwa 10 Wochen lang ausgezeichnet vertragen wurde, berichten.

Ich darf mein Schlußwort wohl kurz fassen: Nach den aus dem Hamburger Tropeninstitut, vom Balkan, aus Spanien und Italien vorliegenden Erfahrungen mit dem neuen Malariamittel Plasmochin und Plasmochin compositum unterliegt es keinem Zweifel mehr, daß wir in diesem ersten synthetisch hergestellten Malariaheilmittel eine *Entdeckung allerersten Ranges* vor uns haben, von *unabsehbarer Tragweite* für die Malarialänder der warmen Zonen. Allein die Möglichkeit, nunmehr auch die für die Weiterübertragung durch die Anophelesmücken verantwortlichen *halbmondförmigen Gameten* der schwersten tropischen Malariaformen vernichten zu können, ist von *ganz enormer Bedeutung für die Bekämpfung dieser schlimmsten Tropengeißel*. Ohne Halbmondträger ist ja eine Malariatropica-Übertragung nicht denkbar.

Die deutsche chemische Industrie, die der tropischen Welt bereits vor 6 Jahren das hervorragende Trypanosomenpräparat „Bayer 205“ (Germanin genannt) schenkte, hat in aller Stille in mühevollster zielbewußter Forscherarbeit einen neuen Sieg über einen der schlimmsten Todfeinde der menschlichen Gesundheit erkämpft.

Ich glaube, Sie alle sind mit mir einig, wenn wir die Elberfelder Farbenfabriken und ihre Wissenschaftler aus vollem dankbarem Herzen zu dieser neuen humanen wissenschaftlichen Tat beglückwünschen.

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Vierzehnter Jahrgang

10. Dezember 1926

Heft 50/51

AUS
DEN FORSCHUNGEN
UND DEN JAHRESBERICHTEN
DER
KAISER WILHELM-GESELLSCHAFT
ZUR FÖRDERUNG
DER WISSENSCHAFTEN



Inhalt:

	Seite
Über formative Reize in der Entwicklung der Amphibien. Von OTTO MANGOLD, Berlin-Dahlem	1169
Über die Isolierung des glykolytischen Fermentes aus dem Muskel und den Mechanismus der Milchsäurebildung in Lösung. Von OTTO MEYERHOF, Berlin	1175
Photochemische Versuche über Atmung. Von OTTO WARBURG, Berlin-Dahlem	1181
Untersuchungen über den Einfluß erhöhten Sauerstoffdruckes auf Mäusecarcinom in vivo. Von A. FISCHER, E. BUCH ANDERSEN und FR. DEMUTH, Berlin-Dahlem	1181
Zur Biochemie des Tabaks. Von C. NEUBERG und M. KOBEL, Berlin-Dahlem	1182
Die Organdifferenzierung der Großhirnrinde im Lichte der vergleichenden Architektonik. Von MAXIMILIAN ROSE, Berlin	1184
Über idiosomatische Variationsgruppen und ihre Bedeutung für die Klassifikation der Krankheiten. Von N. TIMOFÉEFF-RESSOVSKY und O. VOGT, Berlin	1188
Die vergleichend-architektonische und die vergleichend-reizphysiologische Felderung der Großhirnrinde unter besonderer Berücksichtigung der menschlichen. Von C. VOGT und O. VOGT, Berlin	1190
Die Schwester der Syphilis (die tropische Framboesie) und ihre Beziehungen zur Lues-Paralysefrage. Von F. JAHNEL, München	1194
Über die neuen Fällungs- und Adsorptionssätze und einige ihrer Ergebnisse. Von OTTO HAHN, Berlin-Dahlem	1196
Experimentelle Bestimmung der Reichweite homogener β -Strahlen. Von LISE MEITNER, Berlin-Dahlem	1199
Zur Existenz der weitreichenden α -Strahlen des Radium C. Von K. PHILIPP, Berlin-Dahlem	1203
Emission von Atomen aus festen Körpern bei chemischem Angriff auf ihre Oberfläche. Von ST. BOGDANDY und M. POLANYI, Berlin-Dahlem	1205
Über eine neue Art von Koagulation. Von H. FREUNDLICH und H. KROCH, Berlin-Dahlem	1206
Die quantentheoretische Dispersionsformel und ihre experimentelle Prüfung. Von R. LADENBURG, Berlin-Dahlem	1208
Kohlenverflüssigung und restlose Kohlenvergasung. Von FRANZ FISCHER, Mülheim (Ruhr)	1213
Über ein Gaspyrometer. Von HERMANN SCHMIDT, Düsseldorf	1214
Über die Röntgen-Emissionsspektren der Eisenmodifikationen. Von FRANZ WEVER, Düsseldorf	1217
Beitrag zum Härteproblem. Von G. SACHS, Berlin-Dahlem	1219
Röntgenographische Untersuchungen am Muskel. Von R. O. HERZOG und W. JANCKE, Berlin-Dahlem	1223
Über den Molekülbegriff in der Strukturchemie. Von M. BERGMANN, Dresden	1224
Wirbelschichten und ihre Bedeutung für die Strömungsvorgänge. Von A. BETZ, Göttingen	1228
Pontoporeia affinis und Pallasea quadrispinosa in den norddeutschen Seen. Von AUGUST THIENEMANN, Plön (Holstein)	1233
Bemerkungen über den Sauerstoffgehalt der Gewässer und dessen respiratorischen Wert. Von F. RUTTNER, Lunz	1237
Tätigkeitsbericht der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften (Oktober 1925—Oktober 1926)	1239
Allgemeiner Bericht	1239
Berichte aus den einzelnen Instituten	1242

Über formative Reize in der Entwicklung der Amphibien.

Von OTTO MANGOLD, Berlin-Dahlem.

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie.)

Die entwicklungsphysiologische Forschung konnte ermitteln, daß in frühen Entwicklungsstadien das spätere Schicksal mancher Keimbezirke von anderen bestimmt wird. Man wird dies kaum anders auffassen können, als daß der determinierende Keimbezirk auf den zu determinierenden einen Reiz ausübt. In der Amphibienentwicklung sind eine größere Zahl solcher Reize bekannt. So wissen wir, daß die primäre Augenblase für die Bildung der Linse und das Urdarmdach für die Bildung der Achsenorgane des Embryo von einschneidender Bedeutung ist; weiterhin, daß bestimmte, vielleicht einfache Nachbarschaftswirkungen bestehen derart, daß etwa präsumptive Bauchhaut der früheren Gastrula in den Bereich der präsumptiven Urwirbel verpflanzt zu Urwirbel wird u. a. m. Zwischen den Reizen scheint dabei ein prinzipieller Unterschied zu bestehen, insofern als der Determinator bestimmt, daß in den einen Fällen der Form und Struktur nach ihm gleiches gebildet wird, in den anderen dagegen, daß etwas von ihm ganz Verschiedenes entsteht und schließlich, daß etwas ganz Komplexes, etwa ein Achsensystem, sich entwickelt.

Über die Natur der Reize, wissen wir nichts näheres; man könnte vermuten, daß sie chemischer oder elektrischer Art sind. Versuche, dies direkt nachzuweisen, sind meines Wissens in frühen Embryonalstadien noch nie gemacht worden, dürften auch schwer auszuführen sein. Wir sind daher gezwungen, uns auf indirektem Weg Aufschluß über die Reize zu verschaffen. Eine Etappe auf diesem Weg ist dieses Frühjahr von mir zurückgelegt worden. Ein Teil der Resultate soll in den folgenden Zeilen kurz mitgeteilt werden.

Den Ausgangspunkt des Versuchs bildete die bekannte Tatsache, daß die primäre Augenblase imstande ist, Ectoderm gleichalter Stadien mancher Formen, welches normalerweise keine Linse entwickelt hätte, zur Bildung einer solchen zu veranlassen. Es sollte nun untersucht werden, wie lange, d. h. in welchen Entwicklungsstadien das linsenlose Auge in der Lage ist, die Linsenbildung zu induzieren, ob etwa die funktionstüchtige Retina noch Linsenbildung veranlassen kann. Sollte das letztere der Fall sein — was nach den Erfahrungen bei der WOLFFSchen Linsenregeneration nicht ganz unwahrscheinlich ist —, so wäre bei der bedeutenden Größe der ausgebildeten Retina eventuell die Möglichkeit gegeben, der Frage, ob der linseninduzierende Reiz ein chemischer sei, experimentell näher zu treten.

Die Entwicklung der Linse ist ein sich über

längere Zeit erstreckender Prozeß, an dem sich theoretisch verschiedene Phasen unterscheiden lassen: die Phase der Verdickung der Sinnesschicht des Ektoderms, die Phase der Abhebung dieser Verdickung und ihre Absonderung als Bläschen, und schließlich die Phase der Differenzierung der proximalen Bläschenwand zum Faserkegel bis zur fertigdifferenzierten Linse. Es ist eine Frage, ob keiner oder alle die Vorgänge, welche hierbei vor sich gehen, dem Einfluß des Augenbeckers unterliegen, oder ob nur der erste Vorgang induziert wird und in der Folge alle andern unabhängig vom Augenbecher ablaufen können. Wenn alle Vorgänge dem Reiz des Augenbeckers unterliegen, so ist von Interesse, ob es ein und derselbe Reiz ist oder eine Reihe verschiedener Reize.

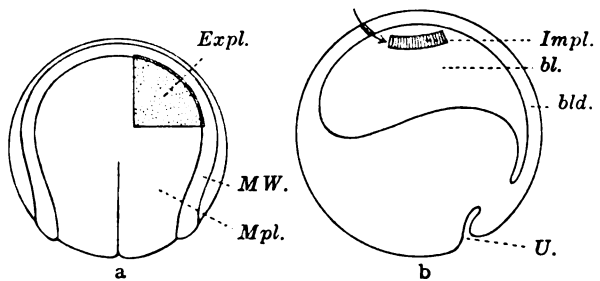


Fig. 1. Schematische Darstellung des Experimentes. 1a. Neurula, Blick auf den zukünftigen Kopf. — 1b. Medianschnitt durch eine frühe Gastrula. — *bl.* Blastocoel; *bld.* Blastoderm; *Expl.* Ex- bzw. Implantat = zukünftiges Auge; *Impl.* Implantat, welches durch einen Schnitt im Blastoderm in der Richtung des Pfeiles eingeschoben wurde; *Mpl.* Medullarplatte = späteres Gehirn und Rückenmark; *MW.* Medullarwülste; *U.* Urmund.

Bei den Versuchen muß darauf geachtet werden, daß man den Determinator auf Ektoderm wirken läßt, das den gebotenen Reiz aufnehmen kann. Es wurden daher 2 Versuchsreihen angestellt. Bei der ersten wurde der Neurula von *Rana fusca*, deren Bauchektoderm die Fähigkeit zur Linsenbildung besitzt, Augen bzw. Teile von solchen verschiedensten Alters unter das Ektoderm der Kiemenregion geschoben. Die Embryonen dieses Versuchs sind noch nicht geschnitten, die Resultate daher noch nicht bekannt. — In der 2. Versuchsreihe wurde bei *Triton taeniatus*, alpestris oder cristatus aus der Medullarplatte die Anlage des Auges herausgeschnitten und einer, ungefähr 2 Tage jüngeren, beginnenden Gastrula von *Triton taeniatus* in die Furchungshöhle gesteckt (Fig. 1). Nach früher gemachten, nunmehr

ergänzten Erfahrungen liegen solche Stücke später zwischen Ektoderm und Mesoderm meist in der Herz- und Leberregion und differenzieren sich unter Beibehaltung ihres Entwicklungsvorsprungs selbständig weiter. Die Augenblase hat dann Gelegenheit, ihre Reize auf das 2 Tage jüngere Ektoderm wirken zu lassen. Leider ist bei dieser Versuchsanordnung die Altersdifferenz nicht das einzige Hindernis, das sich einem positiven Resultat in den Weg stellt. Einmal hat man die Orientierung des Augenbeckers nicht in der Hand, da das Implantat bei der Gastrulation wahrscheinlich verschoben und verdreht wird, ja eventuell selbst noch bei den ersten Bewegungen des Embryo Verlagerungen erleiden kann; zum zweiten kann sich leicht Mesoderm zwischen das Implantat und das Ektoderm drängen und die Induktion der Linsenbildung verhindern. Die Hauptschwierigkeit liegt jedoch in der Frage nach der Aufnahmefähigkeit des Ektoderms von Triton taeniatum für den Reiz. Wir wissen wohl — und diese Kenntnis hat das Experiment veranlaßt —, daß die Potenz des präsumptiven Ektoderms der Gastrula zweifellos die Bildung einer Linse in sich schließt, fraglich erscheint jedoch, ob sie es auch noch allerorts tut, wenn der Induktionsreiz der Augenblase zu wirken beginnt. Dieser dürfte, nach dem Erscheinen der Linse in der normalen Entwicklung zu urteilen, frühestens auftreten, wenn die primäre Augenblase das Ektoderm erreicht, also ungefähr 1—2 Tage nach der Implantation. In dieser Zeit ist der Wirtskern in der Neurulation: sein Ektoderm verdichtet sich in der Richtung auf die dorsale Mediane zu, um hier die Medullarplatte zu bilden, während seine ventralen und ventrolateralen Bezirke zum flachen Epithel werden. Es ist eine Frage von allgemeinem Interesse, ob Ektoderm, das mit der Neurulation beschäftigt ist, sofort in die Linsenbildung eintreten kann oder allgemein gefaßt, ob ein Keimteil, der gerade in der Ausführung eines Entwicklungsprozesses begriffen ist, diesen abbrechen und in einen zweiten eintreten kann, der normalerweise früher oder später in der Entwicklung liegt. Wahrscheinlich ist dies nicht, vielmehr — und dies wird unten an einem anderen Resultat bewiesen — wird das Wirtsektoderm sich erst dann zur Linsenbildung anschicken, wenn über den normalen Augen des Wirtsembryo die Linsen sich entwickeln, also im Stadium des sprossenden Schwänzchens. Und hier ist es zweifelhaft, ob auch das Ektoderm des Transplantationsortes bei Triton Linse bilden kann. Demnach muß aller Voraussicht nach das Implantat ziemlich lange im Wirt leben, bis es ein reaktionsfähiges Ektoderm vorfindet, und dann ist es fraglich, ob es, da es ja älter ist, imstande sein wird, die erste Phase der Linsenbildung noch auszulösen. Dieser an und für sich schon verzwickte Gedankengang erfährt noch eine weitere Komplikation, wenn man annimmt, daß das Stadium der Aufnahmefähigkeit des Ektoderms für den Reiz nicht zusammenfällt mit dem-

jenigen der Reaktion. Dies soll hier nicht ausgeführt werden, da es bei dem unten besprochenen zweiten, etwas leichter zu analysierenden Resultat geschieht.

Nach den geltend gemachten Schwierigkeiten werden wir, wenn überhaupt, mit nur sehr wenigen sicheren positiven Resultaten rechnen können. In der folgenden Tabelle gebe ich eine Übersicht über das Experiment. Sie umfaßt auch das Material, welches für den 2. Abschnitt dieses Aufsatzes von Bedeutung ist (Kolonne 4 und 5).

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Spender; Neurula von Triton	Wirt; Gastrula von	Gesamtzahl der Versuche	Gestorben	f./z. (für Lin- senproblem zu jung)	f./z. (für Lin- senproblem brauchbar)	Linsen- induktion sicher	Linsen- induktion fraglich	Keine Linse
taen.	taen.	58	27	12	19	2	7	10
alp.	taen.	51	37	8	6	0	1	5
crist.	taen.	30	22	8	—	—	—	—
zusammen		139	86	28	25	2	8	15

Da die Linse relativ spät gebildet wird, müssen die operierten Keime weit aufgezogen werden, die Zahl der gestorbenen bzw. zu früh fixierten (man fixiert meist die kränklich aussehenden) ist daher ziemlich hoch. Für unser Linsenproblem kommen von 139 operierten Keimen nur 25 in Betracht, und von diesen hatten nur 2 eine Linse über dem Implantatauge gebildet, bei 8 ist es sehr fraglich, und bei 15 wurde keine Linse beobachtet. Verdickungen der Epidermis und Bläschenbildung in dieser sind nicht selten, doch ist die Linsennatur, da weder die Lage noch die Struktur einen Anhaltspunkt geben, nicht sicher festzustellen. Welche Gründe für das Ausbleiben geltend gemacht werden müssen, mag von Fall zu Fall verschieden sein. Wichtig ist, daß die beiden positiven Fälle eine gute Beweiskraft besitzen; sie sollen im folgenden kurz geschildert werden.

Ret. 185. Das Implantat stammte aus einer Taeniaturneurula mit schön erhobenen Medullarwülsten und wurde einer späten Taeniaturgastrula in das nur noch kleine Blastocoel geschoben, derart, daß seine Innenfläche die Innenfläche des Ektoderms berührte. Der Wirtskern wurde fixiert, nachdem er reichliches, aber noch ungeordnetes Pigment aufwies. Ventral, median hinter der Leberregion hatte er einen mäßigen Höcker, dessen kaudaler Abfall kraterförmig eingesenkt war. Der Spenderkeim war gestorben. — Der Wirtskern wurde in Querschnitten zerlegt, von denen zwei in den Fig. 2 und 3 teilweise abgebildet sind. Fig. 2 gibt uns einen Schnitt durch den normalen linken Augenbecher. Seine Retina (Ret.) und sein Tapetum (Tap.) sind deutlich different. Die Linse (L) ist als Bläschen der inneren Schicht des Ektoderms gerade abgehoben und steht vor der Abschnürung. Die Fig. 3 stellt einen Schnitt durch das Implantatauge dar, welches mit seiner Irisfläche dem Bauchektoderm breit anliegt und mit dem Tapetum dem Darm (D) zugewandt ist. Seine Re-

tina (Ret.) und sein Tapetum (Tap.) sind etwas weiter differenziert als beim Wirtsaugen. Die Sinnesschicht des Ektoderms weist eine Verdickung auf, welche in der Hauptmasse kaudal vom Auge liegt und sich auch in den Augenbecher hinein erstreckt (Verd.). Ungefähr zwei Drittel des Raumes des Augenbeckers werden jedoch ausgefüllt von einem schönen Bläschen (Bl.) mit deutlichem Lumen. Seine Lage im Lumen des Augenbeckers, sein Entwicklungsstadium, das demjenigen der Wirtslinse entspricht, seine Herkunft von der Sinnesschicht und seine Form machen es sehr wahrscheinlich, daß dieses Bläschen eine junge Linse darstellt; dagegen könnte sprechen, daß es den Becher nicht ganz ausfüllt und daß seine einschichtige Struktur nicht genau festgestellt werden kann.

Wirt sind die Wirtsaugen normal (Fig. 5), ihre Linsen haben ein dünnes Linsenepithel (L. ep.), ein nur sehr schmales Lumen und einen kugelförmigen Faserkern (F.k.), in dem die Zellkerne nahezu vollständig verschwunden sind. Das Implantatauge (Fig. 6) bildet einen wirren Knäuel von Retinamaterial, dessen Sinneszellen (S.z.) meist nach innen gerichtet sind, und ein unvollständiges, auffallenderweise stets oberflächlich liegendes Tapetum. Zwischen dem Implantatauge und der Epidermis eingeklemmt liegt eine tadellos geformte und schön differenzierte Linse (L.ind.), deren Differenzierungsstadium genau demjenigen der normalen Wirtslinsen entspricht und die auch an Größe diesen auffallend gleicht. In ihrer Nachbarschaft ist die Epidermis etwas verdickt. — Diese Linse kann nur vom Ektoderm unter dem Einfluß des Implantatauges gebildet sein, andere

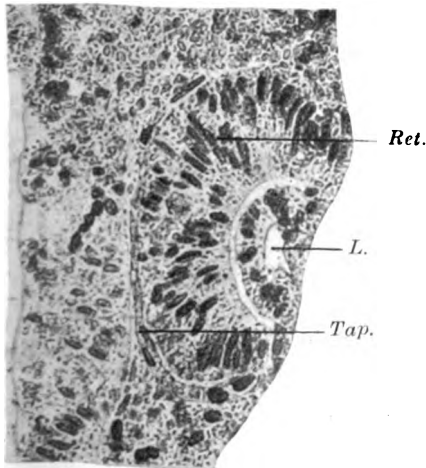


Fig. 2. Ret. 185 w. Normaler linker Augenbecher mit Retina (Ret.), Tapetum (Tap.), und Linsenbläschen (L.). 180x vergr.

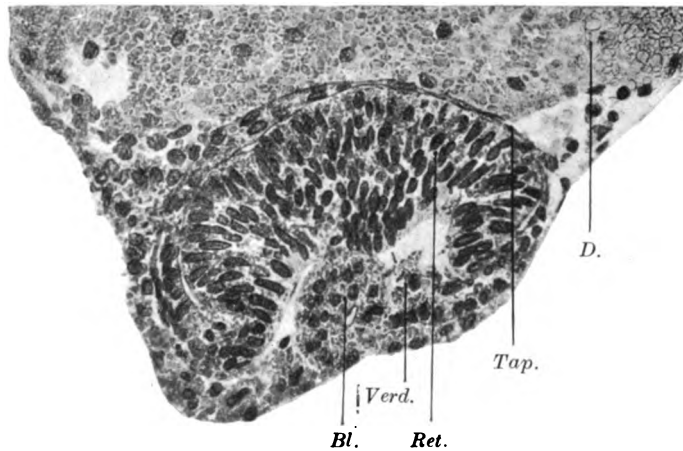


Fig. 3. Ret. 185 w. Ventral median hinter der Leber liegender Implantatauge mit Retina (Ret.), Tapetum (Tap.), einem induzierten Linsenbläschen (Bl.). D. Darm. Verd. Epidermisverdickung. 180x vergr.

Ret. 161. Der Spender bildete zur Zeit der Operation eine Neurula mit eben sich abhebenden Medullarwülsten, der Wirt eine beginnende Gastrula mit sichelförmigem Urmund. Beide Keime waren bei der Fixierung frei schwimmende Larven. Dem Spender fehlte das rechte Auge. Der Wirt hatte einen abnormen länglich-elliptischen Augenkomplex zwischen dem hinteren Rand des linken Auges, dem linken Rand des Herzens und der linken Kiemenregion, der nur teilweise mit Tapetum bekleidet ist. Links dorsal von diesem Implantatauge konnte schon im Leben eine gut ausgebildete Linse beobachtet werden. Die Einlagerung des Implantats bedingte eine starke Störung der Entwicklung der linken Kiemenregion. Ein hier weniger interessierender Gehirnteil des Implantates lag im Bereich des Schultergürtels. — Die Untersuchung der Querschnitte ergab beim Spender den vollständigen Mangel des rechten Auges; das linke ist normal und hoch differenziert (Fig. 4). Im

Entstehungsarten erscheinen nach unseren heutigen Kenntnissen ausgeschlossen. An solchen wurden in Erwägung gezogen: 1. die etwaige Mittransplantation der zum transplantierten Auge gehörigen Linsenanlage des Spenders, 2. die Regeneration nach Art der WOLFFSchen Linsenregeneration, 3. die Umbildung von Material des transplantierten Augenbeckers selbst, und 4. die Entstehung unabhängig vom Augenbecher aus den infolge der Implantation etwa verlagerten normalen präsumptiven Linsenzellen.

Wenn man die Beweiskraft der beiden Fälle addiert, so wird man zu dem Schluß kommen, daß der induzierende Reiz der Augenanlage imstande ist, die durch das Experiment gegebene Altersdifferenz zu überwinden.

Überraschenderweise hat das Experiment ein weiteres Resultat geliefert, das noch viel geeigneter ist, unsere Frage nach der Dauer morphogene-

tischer Reize zu beantworten. Das Implantat veranlaßte nämlich das übergeschichtete Ektoderm, sich zu verdicken, und ein Stück Medullarplatte zu bilden. Dieses Ergebnis erzielte mein hochverehrter Lehrer SPEMANN und ich gleichzeitig im Frühjahr 1926. Vollkommen unabhängig voneinander hatten wir zur Lösung ganz verschiedener Fragen dasselbe Experiment angestellt. Wir beabsichtigen, die ausführliche Mitteilung gemeinsam zu veröffentlichen. Meine Ergebnisse sollen hier an Hand eines typischen Falles charakterisiert und einige Ausblicke skizziert werden.

von deutlichen Wülsten (W.) begrenzt ist. 5 $\frac{1}{2}$ Tage nach der Operation war der Wirtskeim fixiert worden (Fig. 8t); er besaß ein ziemlich langes Schwänzchen (Schw.), an dem sich gerade der Flossensaum (Fls.) bildete, Augenbecher (Au.) mit Linsenverdickungen, gegliederte Kiemenwülste (Kw.) und diffuses Pigment. Links ventral in der Herz- und Leberregion war ein riesiger Höcker (H.), an dessen Basis das Implantat (Impl.) dunkel durchschimmerte. Der Spenderkeim (a) war gestorben. — Der Wirtskeim (t) wurde in Querschnitten zerlegt, von denen drei, durch den Implantathöcker verlaufende



Fig. 4.

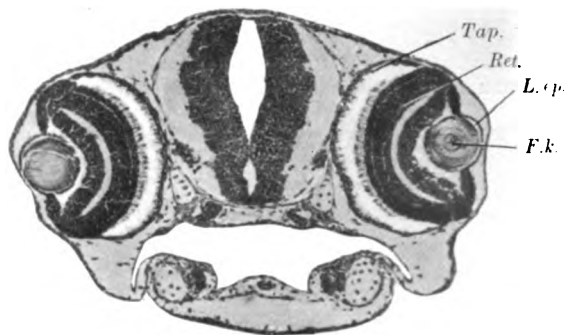


Fig. 5.



Fig. 6.

Fig. 4. Ret. 161 Sp. Querschnitt durch die Augenregion des Spenders, rechtes Auge fehlt (im Bild links). 60 $\times$ vergr.

Fig. 5. Ret. 161. W. Querschnitt durch die Region der normalen Augen des Wirtes. 60 $\times$ vergr.

Fig. 6. Ret. 161. W. Querschnitt durch die Gehörregion des Wirtes mit dem Implantatauge. 60 $\times$ vergr.

Bezeichnungen für Fig. 4–6: F. K. Faserkegel; L. ep. Linsenepithel; L. ind. induzierte Linse; Ret. Retina; Sz. Sinneszellen; Tap. Tapetum nigrum.

Ret. 203. Einem Alpestriskeim, dessen Medullarwülste gerade in Erscheinung traten, wurde ein Stück Medullarplatte, welches das präsumptive Vorderhirn und Auge darstellte, entnommen, die wenigen anhängenden Urdarmdachzellen abgekratzt und dann einer Taeniatius-Gastrula mit sichelförmigem Urmund ins Blastocoel gesteckt (Fig. 1). Ungefähr 40 Stunden später hatte der Alpestriskeim (Fig. 7a) einen gut abgesetzten Kopf, dem das rechte Auge fehlte, Kiemenwülste (Kw.), Vornierenwülste (Vw.) und eine ziemlich große Schwanzknospe (Schkn.). Der Wirtskeim (Fig. 7t) besaß stark erhobene, nahezu aneinanderliegende Medullarwülste (Mw.) und links ventral ein kleines dreieckiges Medullarfeld (M.ind.), welches am cephalen Abhang eines bedeutenden Höckers liegt und links und median

in den Fig. 9, 10 und 11 abgebildet sind. Implantat und Wirtsmaterial lassen sich leicht unterscheiden. Das Implantatmaterial (alp.) hat viel Pigment, sehr kleine, schlecht konturierte, krümelige Dotterkörner, welche sich in Pikroindigocarmin blaugrün färben und, rein quantitativ betrachtet, wesentlich weniger Dotter als Taeniatius. Dagegen besitzt das Wirtsmaterial (taen.) wenig Pigment, reichliche, schön konturierte und gelblichgrün gefärbte Dotterkörner, unter denen sich ziemlich viele sehr große befinden und welche überhaupt meist größer sind als diejenigen von Alpestris. Das Implantat bildete einen etwas gestörten Augenbecher mit deutlich differenziertem Tapetum und Retina (Fig. 11, Impl.Tap.Ret.) und einem Gehirnbälchen (Fig. 11, Impl.G.). Beide grenzen

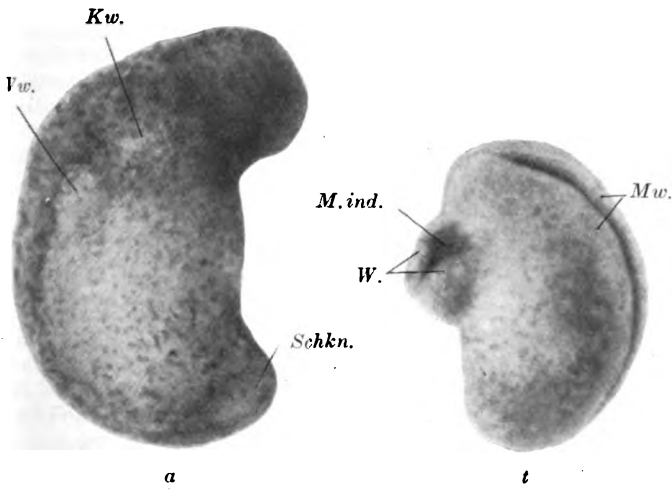


Fig. 7.

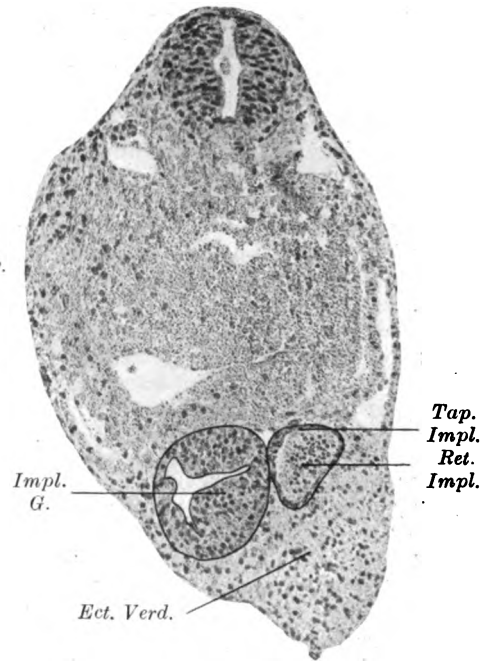


Fig. 11.

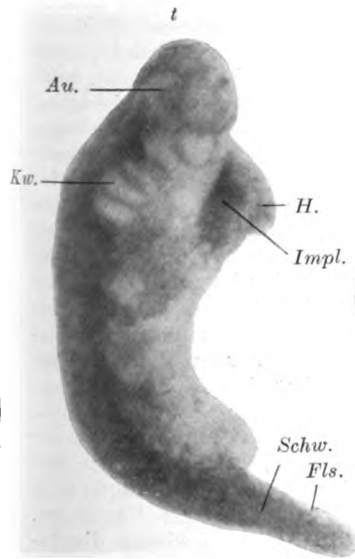


Fig. 8.

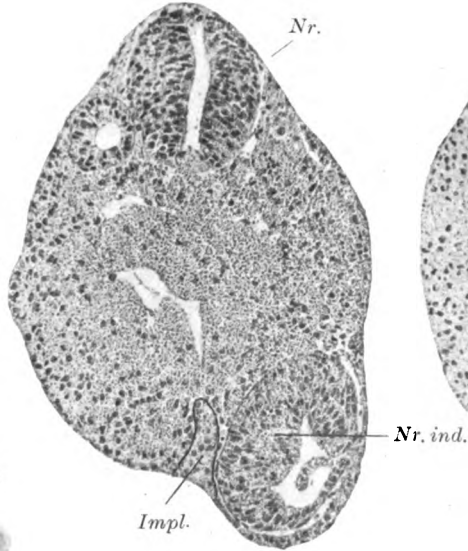


Fig. 9.

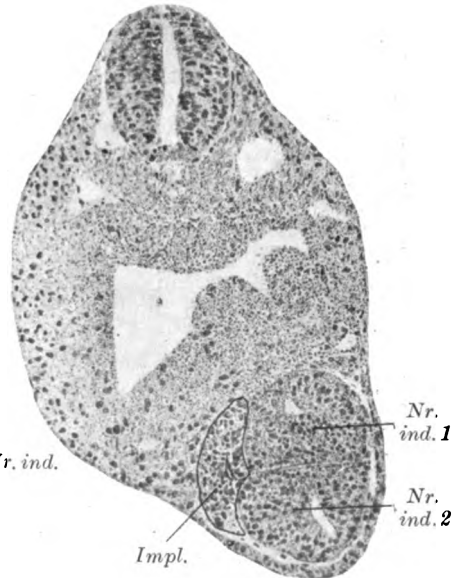


Fig. 10.

Fig. 7, 8, 9, 10, 11. Ret. 203.

Fig. 7. a Spenderkeim; t Wirtskeim, beide ca. 40 Stunden nach der Operation. 20x vergr.

Fig. 8. t Wirtskeim 5 1/2 Tage nach der Operation vor der Fixierung. 20x vergr.

Fig. 9, 10, 11. Querschnitte durch den Wirtskeim im Bereich des Implantathöckers. 77x vergr. Die Grenze des Implantates durch einen Tuschestrich verdeutlicht.

Bezeichnungen zu Fig. 7—11: Au. Auge; Ect. verd. Ektodermverdickung induziert; Fls. Flossensaum; H. Implantathöcker; Impl. Implantat; Impl. G. Gehirnbälchen des Implantates; Kw. Kiemenwulst; M. ind. Medullarplatte induziert; Mw. Medullarwulst; Nr. ind., Nr. ind. 1, Nr. ind. 2, induzierte Neuralrohrstücke; Ret. Retina; Schkn. Schwanzknospe; Schw. Schwänzchen; Tap. Tapetum nigrum; Vw. Vornierenwulst; W. induzierte Medullarwülste.

proximal an das Ento- und Mesoderm, stehen miteinander in Verbindung und sind gut abgerundet. Daneben finden sich noch wenige freie Zellen des Implantats ohne bestimmte Struktur (abgesprengte Zellen der Medullarplatte oder Zellen der Kopfganglienleiste). Auf einem schmalen Feld liegt das Implantat sogar an der Oberfläche. Ventral und cephal der Hauptmasse des Implantats liegt ein großer Komplex von Wirtsmaterial, das mit dem Ektoderm in engster Verbindung steht und als eine Verdickung desselben aufzufassen ist (Fig. 11, Ekt. Verd.). Diese Verdickung besitzt über der Hauptmasse des Implantats keine besondere Struktur; am cephalen Ende desselben sondern sich jedoch in ihr zwei aneinander liegende Bläschen aus (Fig. 10, Nr. ind. 1, Nr. ind. 2), die weiter kopfwärts in ein gemeinsames (Fig. 9, Nr. ind.) übergehen. Die Bläschen zeigen typische Medullarstruktur. Das gemeinsame vordere Bläschen besitzt einen größeren Querschnitt als das normale Neuralrohr (Fig. 9, Nr.) im Bereich der Gehörblase.

Aus diesem Experiment lassen sich drei Hauptergebnisse ableiten, die durch viele andere Fälle gestützt sind: 1. *das Implantat induziert in dem überlagernden Ektoderm trotz einer bedeutenden Altersdifferenz eine Verdickung, die sich als typisches Medullarrohr abgliedern kann.* 2. *Der Wirt bildet die induzierte Medullarplatte gleichzeitig mit seiner normalen.* 3. *Die Induktion geht von reinem Medullarplattenmaterial aus.*

Wir können vorläufig mit Sicherheit angeben, daß die von dem Implantat ausgehenden Induktionsreize imstande sind, auf ein sehr viel jüngeres Material zu wirken. Diese Tatsache ist schon recht erstaunlich, wenn man sich vor Augen hält, um welche entwicklungsphysiologischen Leistungen das Implantat dem Wirtsmaterial voraus ist. Weiterhin ist sicher, daß die Reaktion auf den Reiz erfolgt, wenn das Material des Wirts auf dem entsprechenden Stadium ist; der Zeitpunkt der Reaktion wird vom Wirt und nicht vom Implantat bestimmt. Da es sehr wahrscheinlich ist, daß das Implantat schon im Moment der Operation Induktionsreize aussendet (was in einem neuen Experiment leicht nachzuweisen sein wird), so ergibt sich, daß offenbar das Material eines Keims, gleichgültig ob es zur präsumptiven Medullarplatte gehört oder nicht, erst in dem Stadium, wo der Keim seine normale Medullarplatte bildet, die zur Bildung eines Neuralrohrs notwendigen Formbildungen ausführen kann, früher nicht. Und wenn wir diese Beobachtung mit einer anderen, die Einstülpungspotenz bei der Gastrulation betreffenden kombinieren (MANGOLD 25), so werden wir mit großer Wahrscheinlichkeit sagen können, daß auch nach dem Neurulastadium kein Medullarrohr gebildet werden kann, denn dem präsumptiven Ektoderm der beendeten Gastrula geht im Gegensatz zu solchem der Blastula, in die obere Urmundlippe verpflanzt, die Fähigkeit sich einzustülpen ab. *Demnach scheint jeder Entwicklungsorgang einem bestimmten Entwicklungsstadium*

(wohl mit einigem Spielraum) angepaßt zu sein; fraglich bleibt dabei, ob die Fähigkeit für einen Entwicklungsvorgang einfach mit einem bestimmten Alter erworben wird oder ob die notwendige Voraussetzung der vorherige vollständige Ablauf aller normalerweise vor dem Vorgang liegenden Entwicklungsprozesse ist. Experimente, die diese Frage prüfen sollen, sind im Gang.

Läßt sich der Eintritt der Reaktion auf den Reiz durch Beobachtung sicherstellen, so erheben sich Schwierigkeiten bei der Beantwortung der Frage, wann der Induktionsreiz vom Ektoderm aufgenommen worden ist, ob die Fähigkeit zur Aufnahme bei der Operation schon vorhanden ist, oder, wie diejenige zu den notwendigen Formbildungsvorgängen, erst nach Abschluß der Gastrulation erworben wird. Es ist wohl unwahrscheinlich, jedoch nicht ganz von der Hand zu weisen, daß der Reiz zur Verdickung und Medullarplattenbildung sofort nach der Implantation aufgenommen wird, die Reaktion jedoch erst im Neurulastadium erfolgt. Träfe dies zu, so könnte aus unserem Experiment nicht geschlossen werden, daß der Induktionsreiz des Implantats im Neurulastadium des Wirts noch wirksam gewesen ist. Erst die planmäßige Kombination bestimmter Entwicklungsstadien wird uns über die Dauer der Reizausübung und Reizaufnahme Aufschluß geben. — *Für heute müssen wir uns damit begnügen zu wissen, daß sowohl der vom Augenbecher ausgehende Reiz zur Linsenbildung als auch der von dem Material der vorderen Medullarplattenbezirke auf Ektoderm wirkende Reiz zur Medullarplattenbildung die Entwicklungsdifferenz Neurula — frühe Gastrula überwinden kann.*

Die Tatsache, daß reines Medullarplattenmaterial die Bildung von Medullarplatte induzieren kann, ist von besonderer Bedeutung für die Frage nach dem Ablauf der Determination der Medullarplatte unter normalen Verhältnissen. Die von SPEMANN in den Kriegsjahren am Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie gemachte grundlegende Feststellung, daß die endgültige Determination der Medullarplatte vom Urmund aus nach vorn fortschreitet, hat sich in allen späteren experimentellen Arbeiten seiner Schüler bewährt. Von SPEMANN waren für dieses Fortschreiten der Determination zwei Wege geltend gemacht worden: 1. das sich einstülpende und nach vorn schiebende Urdarmdach und 2. das Ektoderm. Die Arbeiten der letzten Jahre bewiesen die Induktionsfähigkeit des Urdarmdachs allein, während für die Induktionsfähigkeit des Ektoderms bzw. der praesumptiven Medullarplatte selbst bisher nichts spricht. Als bei dem oben geschilderten Experiment die erste Medullarplatteninduktion bemerkt worden war, wurde in allen späteren Transplantationen mit Sorgfalt festgestellt, ob bzw. wie viel Urdarmdach mit verpflanzt wurde, was sich auf die Zelle genau angeben läßt. Zudem wurde noch heteroplastisch transplantiert, um später das Implantat vom Induzierten sicher unterscheiden zu können. *Aus diesen Versuchen ergibt sich vor-*

läufig, daß die Induktion von dem vorderen Medullarplattenmaterial allein qualitativ und quantitativ ebenso erfolgt, wie wenn ein Teil bzw. das ganze Urdarmdach mit verpflanzt wird, ob dies auch für die hinteren Bezirke der Medullarplatte zutrifft, muß noch geprüft werden. Ein determiniertes Medullarplattenmaterial, das sich zum Schluß des Neuralrohrs anschickt, veranlaßt demnach jüngeres Material, Medullarplatte zu bilden. Nach diesem Nachweis scheint das Fortschreiten der Determination im Ektoderm wahrscheinlich. Doch ist zu beachten, daß die Bedingungen im Versuch und in der Normalentwicklung in mehreren Punkten verschieden sind, von denen nur einer hervorgehoben werden soll. In unserem Experiment besteht ja zwischen dem Implantat und dem Wirtsmaterial eine beträchtliche Altersdifferenz, welche von einer ausgeprägten Medullarstruktur des Implantats begleitet ist. Diese letztere ist beim normalen Ablauf der Medullarplattendetermination nicht vorhanden. Wäre die strukturelle Differenzierung eine notwendige Voraussetzung der Induktion, so wäre zu erwarten, daß während und am Ende der Gastrulation die präsumptive Medullarplatte keine bzw. nur ganz geringe Induktionskraft besitzt. In diesem Stadium ist sie ja noch nicht histologisch vom anderen Ektoderm zu unterscheiden, ja noch nicht einmal endgültig zu Medullarplatte determiniert. — Sollte aber die gleich zu erwähnende, durch die vorliegenden Experimente nahegelegte Vermutung sich bewahrheiten, daß im Taeniatusem Alpestrismaterial besser induziert als Taeniatusem- und Cristatusmaterial, so wäre die Möglichkeit gegeben, bis jetzt nicht erfaßbare Wirkungen nachzuweisen.

Beim Vergleich der Resultate der 3 Kombinationen: Taeniatusem in Taeniatusem, Alpestris in Taeniatusem und Cristatus in Taeniatusem ergibt sich nämlich die auffallende Tatsache, daß die Wirkung des Implantats bei der Transplantation Alpestris in Taeniatusem weitaus die beste ist. Es liegt nahe anzunehmen, daß die Quantität des Implantats die Quantität der Reaktion bestimmt hat,

denn es ist ziemlich sicher, daß bei der Kombination Alpestris in Taeniatusem das implantierte Stück größer war als in der Kombination Taeniatusem in Taeniatusem, da das Taeniatusem wesentlich kleiner ist als das Alpestrisem, und man bei der Entnahme des Implantats beim Ersteren unwillkürlich ein kleineres entnimmt, als beim Letzteren. Sehr zweifelhaft ist jedoch, ob auch das Cristatus-explantat kleiner als das Alpestris-explantat war, da der Cristatuskeim dem von Alpestris im allgemeinen an Größe nicht nachsteht. Vorerst muß daher eine zweite Möglichkeit ins Auge gefaßt werden, nämlich die, daß im Taeniatusem die Induktionswirkung von Alpestrismaterial größer ist als diejenige von Taeniatusem und Cristatusmaterial, vielleicht nur bezüglich der Medullarplattenbildungen. Dafür läßt sich geltend machen, daß die Formbildungsvorgänge bei der Neuralrohrbildung bei Alpestris am eindrucksvollsten und daher wohl auch am intensivsten sind. Die beiden Fragen: 1. Ist die Größe der Reaktion des Ektoderms (Verdickung und Medullarplattenbildung) abhängig von der Größe des Induktors überhaupt und 2. ist die Quantität der Wirkung gleichgroß aber verschiedenartiger Implantate in bestimmter Weise verschieden? scheinen mir bei sorgfältiger Arbeit einer Lösung zugänglich, denn die Differenzen bei den Kombinationen Taeniatusem in Taeniatusem, Alpestris in Taeniatusem und Cristatus in Taeniatusem sind bei dem vorliegenden Versuch beträchtlich genug, um quantitativ erfaßt zu werden.

Vorläufig bitte ich, die *Literatur*, deren Besprechung erst in der ausführlichen Mitteilung beabsichtigt ist, aus folgenden zusammenfassenden Arbeiten zu entnehmen:

Linsenproblem bei: PETERSEN, Berichte über Entwicklungsmechanik. I. Entwicklungsmechanik des Auges. Zeitschr. f. d. ges. Anat., Abt. 3: Ergebn. d. Anat. u. Entwicklungsgesch. **24**, 327–347 und **25**, 623–660. 1923–24.

Determination der Medullarplatte bei: MANGOLD, O., Hauptprobleme der Entwicklungsmechanik. Verhandl. d. dtsch. Zool. Ges. Juni 1925.

Über die Isolierung des glykolytischen Ferments aus dem Muskel und den Mechanismus der Milchsäurebildung in Lösung¹⁾.

VON OTTO MEYERHOF, Berlin.

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie.)

Wenn auch die Theorie der Muskelkontraktion nur durch gleichzeitige Analyse der chemischen, mechanischen und thermischen Prozesse im arbeitenden Muskel erschlossen werden kann, so wird andererseits der Mechanismus der chemischen Vorgänge für sich am besten unter einfachen Bedingungen, also in homogener Lösung, studiert.

¹⁾ Nach einem auf dem internationalen Physiologenkongreß in Stockholm (3. August 1926) gehaltenen Vortrag. Vorläufige Mitteilungen: Naturwissenschaften **14**, 196, 756. 1926; ausführliche Publikation in der Biochem. Zeitschr. 1926/1927.

In gleicher Weise datiert die exakte Erforschung des Mechanismus der alkoholischen Gärung von dem Moment, als das Gärungsferment, die Zymase, vom Leben und der Struktur der Zelle abgetrennt, in homogener Lösung zur Wirkung gebracht wurde. Die hier von BUCHNER, LEBEDEV, HARDEN und YOUNG angewandten Methoden zum Studium des enzymatischen Gärungsablaufs lassen sich in vorzüglicher Weise auch auf unser Objekt, die energieliefernden chemischen Vorgänge des Muskels, übertragen. Die unmittelbare Quelle der Kontraktionsenergie ist die anaerobe Spaltung

des Glykogens in Milchsäure. Der Verlauf dieses Spaltungsvorganges ist von mir in homogener Lösung studiert worden.

Eine teilweise Abtrennung des milchsäurebildenden Fermentkomplexes gelang schon vor Jahren EMBDEN (1) durch Herstellung eines Preßsaftes aus Säugetiermuskeln, der nach Zusatz von Hexosediphosphorsäure eine merkliche Vermehrung der spontanen Milchsäurebildung aufwies, während Glykogen und Glucose ohne Wirkung waren — diese Beobachtung bildete den Ausgangspunkt für die Annahme des Autors, daß Hexosediphosphorsäure die Vorstufe der Milchsäure im Muskel, das „Lactacidogen“, sei.

Andererseits kann die Muskulatur bei bloßer Zerstörung ihrer groben Struktur durch feines Zerschneiden auch von außen zugesetztes Glykogen, ferner Glucose, Fructose und Mannose zu Milchsäure glykolyisieren, wie vor einigen Jahren von mir (2), und nahezu gleichzeitig auch von F. LAQUER (3) gezeigt wurde.

Eine vollständige Abtrennung des glykolytischen Fermentkomplexes sowohl von der Struktur des Muskels wie von allen im Muskel enthaltenen Kohlenhydraten gelingt durch Zerquetschung der Muskulatur unter stärkster Kühlung und Extraktion mit unterkühlten wässrigen Lösungen bei etwa -1 bis -2° . Der eiskalt zentrifugierte wässrige Extrakt enthält den Fermentkomplex in hoher Konzentration ohne Beimengung von Kohlenhydrat. Seine enzymatische Wirksamkeit ist dabei bei Zusatz von Glykogen oder Stärke von der gleichen Größe wie die der zerschnittenen Muskulatur. Aus der Lösung läßt sich das Ferment durch Aceton niederschlagen und nach Waschung mit Äther als haltbares Pulver gewinnen, bei Benutzung von Kaninchenmuskulatur mit einer maximalen Ausbeute von etwa 40% der enzymatischen Wirksamkeit des Extraktes, während das Ergebnis mit Frochmuskelextrakt ungünstiger ist. Der Hauptteil der Untersuchung ist aber direkt mit der wässrigen Fermentlösung angestellt. Der Verlauf der Milchsäurebildung aus Stärke ist auf Fig. 1 abgebildet, wo ich zunächst nur auf die gestrichelte Kurve zu achten bitte. 0,5 ccm Extrakt aus 0,2 g frischer Muskulatur spalten bei 20° in 3 Stunden 2 mg Stärke oder Glykogen, oder pro Gramm Muskelgewicht und Stunde 3,3 mg. Die stündliche Milchsäurebildung ist danach hier noch um ein Drittel größer als die spontane Milchsäurebildung des Muskelbreies, die bei 20° pro Gramm und Stunde etwa 2,4 mg beträgt.

Von besonderem Interesse ist aber der Mechanismus dieses Spaltungsvorganges, auf den ein erstes Licht fällt durch das Verhalten der einzelnen Kohlenhydrate gegenüber dem auf verschiedene Art hergestellten oder vorbehandelten Extrakt. Die Kohlenhydrate bilden 4 Gruppen, je nach der Leichtigkeit, mit der sie in Milchsäure gespalten werden bzw. nach der Stabilität des Ferments in bezug auf ihre Spaltung. In die erste

rechnen diejenigen, die auf keine Weise spaltbar sind, z. B. Rohrzucker oder Galaktose; in die zweite diejenigen, die nur von gewissen Extrakten, insbesondere aus Kaninchenmuskulatur, oder nach besonderer Aktivierung der Extrakte spaltbar sind, worauf wir noch genauer eingehen werden. Hierzu gehören die drei gärfähigen Hexosen: Glucose, Fructose, Mannose. Dann folgen diejenigen, die von geeignet hergestellter Fermentlösung für einige Stunden mit nahezu konstanter Geschwindigkeit zerlegt werden: Glykogen, Stärke, deren Bestandteile Amylopectin, Amylose und die Grundkörper des Glykogens und der Stärke Trihexosan (PICTET, PRINGSHEIM) und Dihexosan [PRINGSHEIM (3)]. In die 4. Gruppe rechnen die Kohlenhydrate, die noch von Extrakt spaltbar

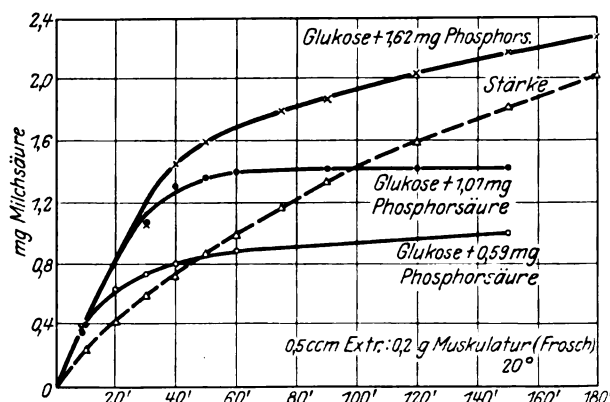


Fig. 1. Verlauf der Milchsäurebildung im Muskel-extrakt.

Milchsäurebildung durch 0,5 ccm Extrakt entsprechend 0,2 g Frochmuskeln bei 20° (p_H 7,2). Gesamtvolumen 1,05 ccm. Δ - - - Δ 0,4% Stärke. Die ausgezogenen Kurven: Glucose und wechselnde Mengen Phosphat. Zusatz von Hefeaktivator. Abszisse: Zeit in Minuten, Ordinate: Milligramm Milchsäure.

sind, der durch längeres Stehen oder durch vorübergehendes Erwärmen auf 37° (bei Frochmuskelextrakt) den Polysacchariden gegenüber wirkungslos gemacht ist. In diese Gruppe rechnet die Hexosediphosphorsäure der Gärung. Diese wird auch noch von Extrakt gespalten, der seines Koferments durch Dialyse beraubt ist. In erster Annäherung kann man daraus folgern, daß, entsprechend der Vorstellung EMBDENS, die Hexosediphosphorsäure der Gärung das letzte Zwischenprodukt des Zerfalls ist. Tatsächlich ist der Vorgang etwas komplizierter, wie schon aus dem Umstand folgt, daß, wenn die Spaltung der Hexosediphosphorsäure in der Fermentlösung zum Stillstand gekommen ist bei nur teilweisem Verbrauch des Esters, Zusatz von Stärke oder Glykogen eine neue erhebliche Milchsäurebildung entfacht.

Durch gleichzeitige Bestimmung der Milchsäurebildung und des Umsatzes des anorganischen

Phosphats ergibt sich, daß unmittelbar nach dem Zusatz des Glykogens oder der Stärke eine Veresterung einsetzt, gelegentlich schon etwas eher, als Milchsäure dabei entsteht, und daß weiterhin in langsam abnehmendem Maße die Veresterung fortschreitet (Fig. 2). Es häuft sich dabei Hexosediphosphat an. Dieses Hexosediphosphat ist nichts anderes als das Stabilisierungsprodukt eines labilen Esters, der selbst im Status nascens die Intermediärverbindung des Zerfalls ist. Da in frischem Extrakt die Veresterungsgeschwindigkeit erheblich größer als die Spaltungsgeschwindigkeit ist, kommt es zunächst zur Anhäufung der stabilen Hexosediphosphorsäure. Diese kann aber selbst, wenn auch weniger glatt und langsamer als

hol gewinnt¹⁾. In Gegenwart einer Spur dieses Aktivators setzt im Muskelextrakt bei Zugabe von Traubenzucker eine äußerst rasche Milchsäurebildung ein, und gleichzeitig wird in wenigen Minuten das ganze vorhandene anorganische Phosphat verestert. Während die Estermenge zunimmt, ist die Geschwindigkeit der Milchsäurebildung hoch und sinkt in dem Moment, wo alles anorganische Phosphat verbraucht ist, rasch auf einen konstanten niedrigen Wert. Sie sehen in den ausgezogenen Kurven von Fig. 1 den Verlauf der Milchsäurebildung in Gegenwart von Glucose mit verschiedenen Mengen Phosphat. Die Anfangsgeschwindigkeit der Glykolyse ist erheblich größer als mit Glykogen, fällt aber, je nach der vorhandenen Phosphatmenge, rasch ab. Der Moment des Abfalls fällt mit dem Totalverbrauch des Phosphats zusammen, und nunmehr bleibt, solange noch Überschuß von Zucker da ist, der Gehalt an anorganischem Phosphat nahezu 0, steigt aber langsam wieder an, wenn aller Zucker verbraucht ist, da jetzt die Spaltung der stabilen Hexosediphosphorsäure in Erscheinung tritt. Dabei bildet sich während der raschen Zerfallsperiode immer für 1 Molekül Zucker, das in Milchsäure zerfällt, gerade 1 Molekül stabile Hexosediphosphorsäure. Wir folgern daraus, daß 2 Moleküle Zucker 2 labile Ester-moleküle bilden, von denen sich eins stabilisiert, während das andere zerfällt.

Eine instructive Kurve sehen Sie auf Fig. 3. Die Milchsäurebildung in Milligramm ist nach oben aufgetragen, die Phosphatveresterung in äquivalentem Maße (d. h. in Milligramm verestertem Zucker) nach unten. In 30 Minuten ist hier alles vorhandene anorganische Phosphat verestert und gerade auch der ganze zugegebene Zucker, nämlich 2 mg, teils durch Milchsäurebildung, teils durch Veresterung verbraucht. Von diesem Moment an nimmt der Gehalt an anorganischem Phosphat wieder langsam zu, genau proportional mit der fortschreitenden Milchsäurebildung in dieser zweiten Periode. Diese geschieht also hier nur noch durch Aufspaltung des Hexosediphosphats in äquimolare Mengen Phosphat und Milchsäure. Den gleichen Versuch, umgezeichnet, sehen Sie in der ausgezogenen Kurve auf Fig. 4. Unten ist wieder der Verlauf der Phosphatveresterung, nach oben aber ist die *Geschwindigkeit* der Milchsäurebildung aufgetragen (Milligramm Milchsäure pro 15 Minuten). Die Geschwindigkeit sinkt in dem Moment, wo das anorganische Phosphat verbraucht ist. Gleichzeitig ist gestrichelt noch ein zweiter Versuch mit dem gleichen Extrakt dargestellt, der mit kleinerer Phosphatmenge ausgeführt ist. Die Geschwindigkeit, die anfangs gleich der anderen ist, sinkt hier früher, nämlich ebenfalls in dem Moment, wo das anorganische Phosphat verbraucht ist, dessen Menge nunmehr, solange ein Überschuß von Zucker vorhanden ist, wegen so-

¹⁾ Dieser Aktivator ist durch Insulin oder Hefeglucokin (Collip) nicht zu ersetzen; das Insulin ist auf den ganzen Vorgang ohne Einfluß.

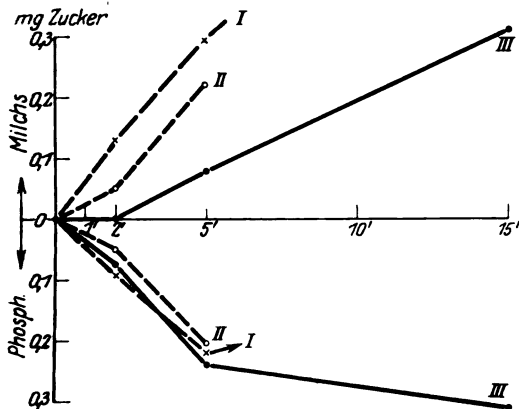


Fig. 2. Milchsäurebildung und Phosphatveresterung aus Glykogen oder Stärke in den ersten Minuten nach Zusatz des Kohlenhydrats.

Auf der Ordinate ist die Milchsäurebildung nach oben, die Phosphatveresterung in gleichem Maß nach unten eingetragen (in Milligramm umgesetzten Zuckers). Die gleich markierten, mit derselben Nummer versehenen Kurven gehören zu je einem Versuch. Je 3 ccm Extrakt.

der aktive Ester, in Phosphat und Milchsäure zerfallen. Bringt man einen Froschmuskelextrakt, der etwa 2 Stunden lang aus Stärke Milchsäure gebildet und Ester synthetisiert hat, auf 37° und hebt dadurch sein Veresterungsvermögen auf, so wird diese angehäuften stabile Hexosediphosphorsäure langsam in äquimolare Mengen Milchsäure und Phosphat aufgespalten. (Bei noch weiterer Schädigung des Enzymkomplexes wird aus dem Hexosephosphat anorganisches Phosphat ohne gleichzeitige Milchsäurebildung frei.)

Der quantitative Zusammenhang zwischen Veresterung und Milchsäurebildung wird deutlich bei der Glykolyse der drei gärfähigen Hexosen Glucose, Fructose und Mannose. Ihre Reaktionsfähigkeit ist, wie schon gesagt, an sich gering und tritt spontan nur bei speziell hergestellten ganz frischen Extrakten in Erscheinung. Ganz anders aber, wenn man zu dem Zucker-Fermentgemisch einen Aktivator hinzufügt, den man durch wiederholte Fällung von Hefeautolysat mit 50proz. Alko-

fortiger Wiederveresterung des beim Esterzerfall in Freiheit gesetzten Phosphats nahezu 0 bleibt.

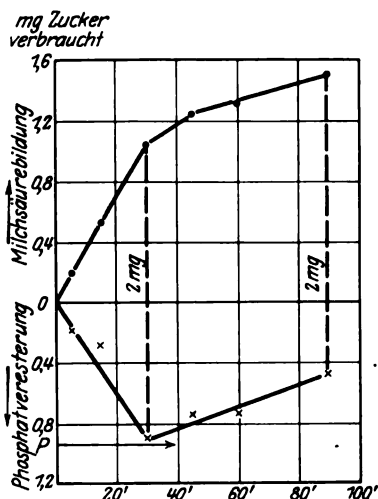


Fig. 3. Umsatz von 2 mg Glucose durch aktivierten Muskelextrakt.

Auf der Ordinate ist die Milchsäurebildung in Milligramm verbrauchten Zucker pro Kubikzentimeter nach oben, die Phosphatveresterung in gleichem Maß nach unten eingetragen. Der horizontale Pfeil bei P gibt die von vornherein vorhandene Menge anorganischen Phosphats an. Die gestrichelte Senkrechte, die den Abstand der unteren und oberen Kurve ab 30 Minuten bezeichnet, entspricht 2 mg Zucker, d. h. der zum Extrakt zugesetzten Menge.

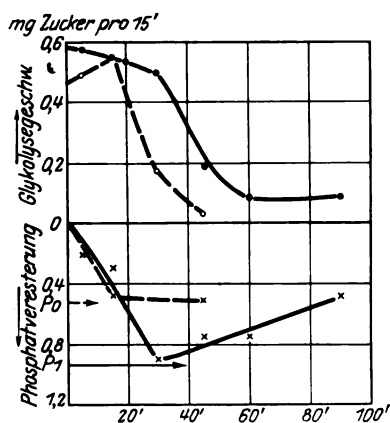


Fig. 4. Glykolysegeschwindigkeit und Phosphatveresterung.

Die ausgezogenen Kurven $\bullet-\bullet-x$ mit Phosphatzusatz (1,0 mg H_3PO_4), entsprechen Fig. 3; die gestrichelten $o---o$ $x---x$: Versuch ohne Phosphatzusatz (0,555 mg Phosphorsäure präformiert.). Auf der Ordinate ist nach oben die Geschwindigkeit der Glykolyse (Milligramm Milchsäure pro 15 Minuten) eingetragen, nach unten der Verlauf der Phosphatveresterung (in Milligramm Zucker). Die horizontalen Pfeile P_0 und P_1 bezeichnen die von vornherein vorhandene Menge Phosphat in beiden Versuchen. Volumen je 1 ccm.

Da in der raschen Zerfallsperiode pro 1 Molekül glykolyisierenden Zuckers 1 Molekül stabile Hexosediphosphorsäure entsteht, ist bei Zuckerüberschuß die Milchsäurebildung in diesem Abschnitt gerade äquivalent dem Phosphorsäuregehalt. Man kann daher, wenn die Geschwindigkeit abgesunken ist, durch neue Zugabe von Phosphat einen Wiederanstieg hervorrufen, wobei wiederum die Milchsäuremenge dieser Periode dem zugegebenen Phosphat äquivalent ist. Sie sehen das auf Fig. 5, wo die obere Kurve den Glykolyseverlauf mit Phosphat entsprechend 1,27 mg Zucker¹⁾ in 1 ccm, die untere in Gegenwart von 0,88 mg darstellt. Bei dem 3. Versuch, in dem ebenfalls zunächst 0,88 mg Zuckeräquivalent Phosphat enthalten war, ist nach 20 Minuten noch 0,45 mg zuge-

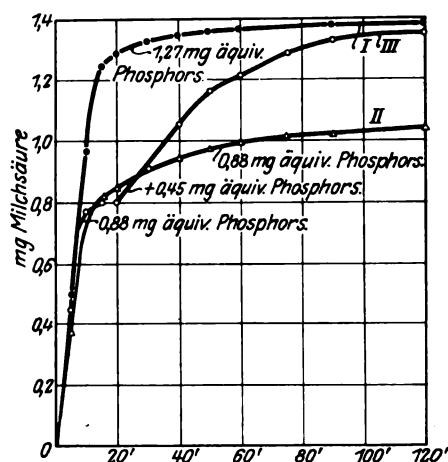


Fig. 5. Einfluß der Phosphatmenge auf die Milchsäureausbeute aus Glucose.

Kurve I: 1,27 mg Zuckeräquivalente Phosphat. (1,09 mg H_3PO_4 äquivalent 1 mg Zucker); Kurve II: 0,88 mg Zuckeräquivalente. Kurve III: Zuerst 0,88 mg, nach 20 Minuten noch 0,45 mg Zuckeräquivalente Phosphat hinzugegeben (zwischen 15 und 20 Minuten ist die Glykolyse in Versuch III nicht bestimmt). Flüssigkeitsmenge 0,85 ccm mit 0,45 Extrakt.

geben, so daß die Menge Phosphat dem der oberen Kurve ungefähr gleich wird. Nunmehr kommt es zu einem wenn auch weniger steilen Anstieg bis zur Höhe der ersten Kurve. Dabei reagiert in der raschen Zerfallsperiode Fructose stets doppelt so schnell als Glucose, wie auf Fig. 6 dargestellt ist. Die Geschwindigkeit der Milchsäurebildung ist im Fall der Fructose gut das Zehnfache der spontanen Milchsäurebildungsgeschwindigkeit in der zerschnittenen Muskulatur, auf gleiche Muskelmenge bezogen.

Suchen wir nach einer quantitativen Formulierung des geschilderten Zusammenhangs, so ist zu fragen, ob der labile Ester in Status nascens selbst eine Hexosediphosphorsäure ist oder viel-

¹⁾ 1 mg Zucker bzw. Milchsäure entspricht 1,09 mg H_3PO_4 .

leicht eine Hexosemonophosphorsäure¹⁾. Versuche aus allerjüngster Zeit legen diese letzte Möglichkeit nahe. Spaltet man nämlich nach dem Verfahren von NEUBERG (4a) aus der Hexosediphosphorsäure das an der reduzierenden C-Gruppe sitzende Phosphorsäuremolekül mittels Säurehydrolyse ab, so zeigt sich, daß die so entstandene Fructosemonophosphorsäure, obgleich chemisch stabiler, dem glykolytischen Ferment des Muskels gegenüber unbeständiger geworden ist und mit einer ähnlichen Geschwindigkeit in Milchsäure zerfällt, wie die Hexosen in der Phosphatperiode, aber schon ohne Zusatz von Hefeaktivator. Bei diesem raschen Zerfall in Milchsäure kommt es nicht, wie man denken könnte, zu gleichzeitiger Abspaltung von Phosphorsäure, sondern im Gegenteil zu einem mehr oder weniger starken Schwund von anorganischem Phosphat, häufig bis auf die

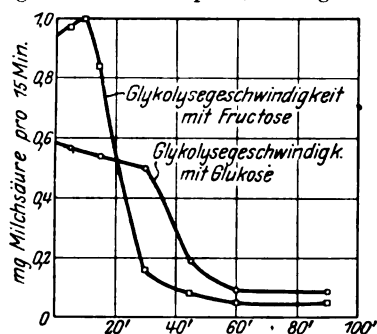


Fig. 6. Glykolysegeschwindigkeit mit Fructose und Glucose.

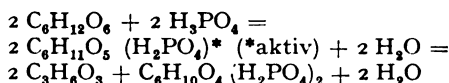
□—□: Fructose ●—●: Glucose. Ordinate: Milligramm Milchsäure pro 15 Minuten in 1 ccm Lösung mit 0,5 ccm Extrakt. Die Kurven sind mit demselben Extrakt und gleichem Phosphatgehalt gewonnen.

letzten Spuren. Ein Teil des Esters wandelt sich in Hexosediphosphorsäure um, während ein anderer Teil rasch zerfällt. Ist der ganze Ester, soweit er nicht schon zerfallen ist, in Hexosediphosphor-

¹⁾ Der folgende Absatz über die Hexosemonophosphorsäure war in dem in Stockholm gehaltenen Vortrag noch nicht enthalten. In diesem war stillschweigend angenommen, daß der Ester im Status nascens eine Hexosediphosphorsäure sei. In einer Diskussionsbemerkung teilte EMBDEN mit, daß nach neueren Befunden von ihm das aus der Muskulatur isolierte „Lactacidogen“ eine Hexosemonophosphorsäure wäre und fragte an, ob der hier nachgewiesene labile Ester nicht ebenfalls eine solche sein könnte. Dies erschien zwar nach den Ergebnissen der Zucker-, Milchsäure- und Phosphatbilanz, die den obigen Ausführungen zugrunde liegen, zunächst nicht wahrscheinlich, aber auch nicht durch sie widerlegt, da diese Bilanzen bereits einem stabilisierten Zustand entsprechen. Es wurde daher versucht, durch Studium des Verhaltens der Hexosemonophosphorsäuren die Frage zur Entscheidung zu bringen, was zu dem oben wiedergegebenen vorläufigen Resultat führte, das durch das Verhalten des Monoesters bei der alkoholischen Gärung bestätigt wurde.

säure übergegangen, so zerfällt diese nunmehr so langsam wie sonst im stabilen Zustand. Ob in der raschen Periode mehr Moleküle Hexosemonophosphorsäure in Hexosediphosphorsäure übergehen, als gleichzeitig zerfallen — und zwar auf Kosten des anorganischen Phosphats der Lösung — oder aber nur geradesoviel, indem für jedes aufgespaltene Molekül ein zweites als Acceptor der hierbei frei kommenden Phosphorsäure figuriert, hängt von vorläufig noch nicht übersehbaren Bedingungen ab. Bei geeigneter Wahl der Konzentration läßt sich der zweite Fall verwirklichen: die Menge des anorganischen Phosphats bleibt bei raschem Zerfall der Hexosemonophosphorsäure annähernd unverändert und steigt erst bei dem anschließenden allmählichen Zerfall der Hexosediphosphorsäure. Es ist verlockend, anzunehmen, daß dieser Verlauf dem Zerfall der Hexosen in aktiviertem Muskelextrakt entspricht, indem die bei der Esterspaltung freiwerdende Phosphorsäure leichter mit einem zweiten Molekül Hexosemonophosphat reagieren kann, als die schon in der Lösung vorhandene anorganische Phosphorsäure.

In vorläufig hypothetischer Weise formulieren wir daher den Vorgang der glykolytischen Spaltung des Zuckers wie folgt:

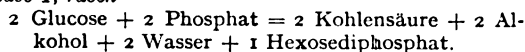


Übrigens gehört die Hexosemonophosphorsäure, abgesehen von der Raschheit ihres Zerfalls, in die dritte der eingangs genannten Kohlenhydratgruppen: der geschilderte Zerfall mit gleichzeitiger Umlagerung in die Hexosediphosphorsäure geht nicht mehr in Abwesenheit von Koferment oder in vorher auf 37° erwärmtem Extrakt. Mag man hieraus Bedenken gegen die obige Formulierung herleiten und die Annahme einer aktiven Modifikation der Hexosediphosphorsäure als Intermediärprodukt bevorzugen; unzweifelhaft reagiert der ganze zerfallende Zucker intermediär zur Bildung eines labilen Phosphorsäureesters, der sich dann zur Hälfte in Gestalt der HARDEN-YOUNGSCHE Säure stabilisiert.

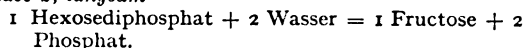
Die beiden geschilderten Phasen der Glykolyse, die rasche während der Veresterung, und die langsame während der Wiederaufspaltung des stabilen Esters, stimmen ganz genau mit den beiden Phasen der alkoholischen Gärung im Hefeextrakt überein. Diese Erkenntnis aber macht eine Neuformulierung der bekannten HARDEN-YOUNGSCHE Gärungsgleichungen notwendig (5) (s. Formelbild).

Harden-Youngsche Gärungsgleichungen.

Phase 1, rasch



Phase 2, langsam



*Modifizierte Gärungsgleichungen.**Phase 1, rasch*

- A. 2 Glucose + 2 Phosphat = 2 Hexosemonophosphat* (*aktiv) + 2 Wasser.
 B. 2 Hexosemonophosphat aktiv* + 2 Wasser = 2 Kohlensäure + 2 Alkohol + 2 Phosphat + 1 Hexosediphosphat stabil + 2 Wasser.

Phase 2, langsam, kofermentfrei.

- 1 Hexosediphosphat stabil + 2 Wasser = 2 Kohlensäure + 2 Alkohol + 2 Phosphat.

Nach diesen Autoren sollte nämlich 1 Molekül Zucker direkt in Alkohol und Kohlensäure zerfallen, während ein zweites sich mit Phosphorsäure verestert. Nach Veresterung des Phosphats sollte die Gärungsgeschwindigkeit durch die Hydrolyse der Hexosediphosphorsäure bestimmt sein, die selbst ohne Koferment geschehen kann. Der bei der Hydrolyse freiwerdende Zucker sollte dann von neuem nach der ersten Gleichung in Reaktion treten und vergären. Die Analogie zu dem Mechanismus der Glykolyse und das direkte Studium der Kinetik der alkoholischen Gärung führen zu einer Änderung der Gleichungen, wie sie unten auf der Formeltafel aufgeschrieben sind. In der ersten Phase werden beide Zuckermoleküle zu aktiven (mono) Phosphorsäureestern synthetisiert. Das eine Estermolekül zerfällt im Status nascens, während das andere sich in Hexosediphosphorsäure stabilisiert. Auch hier nehmen wir hypothetisch die intermediäre Bildung einer Hexosemonophosphorsäure an, da die NEUBERGSche Fructosemonophosphorsäure sich bei der alkoholischen Gärung im Hefeextrakt ganz gleich wie bei der Glykolyse im Muskelextrakt verhält und diese Annahme eine rationelle Deutung der HARDEN-YOUNGSchen Gärungsformeln gestattet¹⁾. In der zweiten Gärungsphase kann jetzt die stabile Hexosediphosphorsäure langsam, aber direkt vergoren werden. In der Tat kann die Vergärung der Hexosediphosphorsäure in dieser Periode, wie ich finde, auch in ganz kofermentarmer Lösung geschehen, was nach der hier vorgetragenen Theorie einleuchtet, nach der HARDEN-YOUNGSchen Auffassung aber unmöglich wäre, da das Koferment der Gärung für die Phosphorylierung des Zuckers unentbehrlich ist. (Daneben findet in ähnlicher Weise wie in den späteren Stadien der Spaltung im Muskelextrakt auch alleinige Abspaltung von Phosphat aus dem Ester, also eine Hydrolyse statt, ein Umstand, der offenbar die englischen Autoren die direkte kofermentfreie Vergärbarkeit der Hexosediphosphorsäure übersehen ließ.)

Wir sehen daher, daß der Mechanismus der Phosphatveresterung bei der alkoholischen Gärung und der Glykolyse in den zellfreien Extrakten von Hefe und Muskeln vollständig übereinstimmt und

¹⁾ Dasselbe Verhalten zeigt auch die ROBISONsche Hexosemonophosphorsäure.

das gemeinsame Koferment von Hefe und Muskulatur, das von mir früher beschrieben ist (6), an genau dem gleichen Vorgang, nämlich der Bildung und dem Umsatz des aktiven Phosphorsäureesters, beteiligt ist. Die Verwandtschaft zwischen der anaeroben Spaltung des Zuckers bei der Glykolyse im Muskel und bei der alkoholischen Gärung der Hefe ist demnach noch enger als bisher vermutet wurde, und vor allem die Rolle der Hexosephosphorsäure, die bei der Gärung bisher ganz unklar war, in beiden Fällen genau die gleiche!).

Bei der Spaltung des *Glykogens* durch den Muskelextrakt ist derselbe Zusammenhang zwischen Milchsäurebildung und Esteranhäufung nur in den ersten Minuten erkennbar (Fig. 2). Im stationären Zustand entsteht hier wegen des Sinkens der Veresterungsgeschwindigkeit immer weniger labiler Ester, so daß die Anhäufung des Stabilisierungsproduktes zum Stillstand kommt. Die ursprüngliche Verkettung dieser Vorgänge ist aber hierbei zweifellos dieselbe wie bei der Spaltung der Hexosen durch aktivierten Muskelextrakt.

Weniger sicher läßt sich sagen, wie die Vorgänge in der lebenden Zelle, Muskel und Hefe, sich abspielen, da durch das Eingreifen der Struktur der Reaktionsverlauf geändert werden kann. Vielleicht zerfällt hier stets der *ganze* jeweils gebildete Ester in Status nascens. Auch die Frage, ob die geschilderten Phasen des Zuckerzerfalls in bestimmter Beziehung zur Muskelkontraktion stehen, muß weiteren Untersuchungen vorbehalten werden.

Literatur.

1. EMBDEN, G., F. KALBERLAH und H. ENGEL, Biochem Zeitschr. **45**, 45. 1912.
2. O. MEYERHOF, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. **188**, 114. 1921.
3. F. LAQUER, Zeitschr. f. physiol. Chem. **122**, 26. 1922.
4. H. PRINGSHEIM, Ber. d. dtsh. chem. Ges. **57**, 1581. 1924; Naturwissenschaften **13**, 1084. 1925.
- 4a. C. NEUBERG, Biochem. Zeitschr. **88**, 432. 1918.
5. A. HARDEN und W. J. YOUNG, Proc. of the roy. soc. of London, Ser. B. **82**, 321. 1910; A. HARDEN, Alcoholic Fermentation. Monographs of Biochemistry. London 1914. 2. Aufl. 1914.
6. O. MEYERHOF, Zeitschr. f. physiol. Chem. **101**, 165. 1918; **102**, 1. 1918.
7. A. J. KLUYVER und A. P. STRUYK, Proc. of the roy. acad. Amsterdam **29**, Nr. 3. 1926; vgl. auch Naturwissenschaften **14**, 882. 1926.

¹⁾ Andere Vorschläge auf Grund von rein theoretischen Überlegungen, die HARDEN-YOUNGSchen Gleichungen so umzuformen, daß ein Phosphorsäureester zum *Intermediärprodukt* der alkoholischen Zuckerspaltung wird, rühren von EULER, Chemie der Enzyme I, 3. Aufl., S. 336. 1925; von RAYMOND, Proc. of the nat. acad. of sciences (U. S. A.) **11**, 622. 1925, sowie von KLUYVER und STRUYK (7) her. Alle genannten nehmen eine Triosemonophosphorsäure dafür an. Doch stützt sich besonders die Theorie der letztgenannten holländischen Autoren auf keinerlei Versuche.

Photochemische Versuche über Atmung.

OTTO WARBURG, Berlin-Dahlem.

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie.)

Wie vor kurzem in dieser Wochenschrift mitgeteilt, wird die Atmung der Hefe durch Kohlenoxyd reversibel gehemmt. Die Atmungs-Hemmung geht zurück, wenn man belichtet. So kann man durch Belichten und Verdunkeln Atmung entstehen lassen und zum Verschwinden bringen.

Da Schwermetallverbindungen mit Kohlenoxyd bei niedriger Temperatur reagieren, so ist die Kohlenoxydwirkung auf Grund der Schwermetalltheorie der Atmung verständlich. Da ferner Eisen-Kohlenoxydverbindungen bei Belichtung dissoziieren, so erklärt die Schwermetalltheorie auch die Wirkung des Lichts: das Kohlenoxyd wird von dem Eisen des Atmungsferments im Dunkeln gebunden, im Hellen wieder abgespalten.

Ich habe mich mit der Frage beschäftigt, welche Wellenlängen hier wirksam sind. Dünne Hefe-Suspensionen (die nur sehr wenig Licht absorbieren) wurden in blaues, gelbes, grünes und rotes Licht gebracht, dessen Intensität bolometrisch gemessen und etwa gleich 7×10^{-5} cal/qcm

Sek war. Blau, grün und gelb wurden aus der Strahlung einer Quecksilberdampfampe, rot aus der Strahlung einer Metallfadenlampe isoliert. Die photochemischen Wirkungen wurden in Perioden von 5 Minuten manometrisch gemessen und waren:

Wellenlängen in μ	Photochemische Wirkungen (in willkürlichen Einheiten)
436	3
546	1
578	1
700—750	0

Blau, grün und gelb waren also wirksam, rot zwischen 700 und 750 μ war unwirksam. Es folgt daraus, daß das Atmungsferment, in seiner Verbindung mit Kohlenoxyd, im sichtbaren Gebiet absorbiert. Nehmen wir ferner an, daß die spezifischen photochemischen Wirkungen gemäß dem EINSTEINSchen Gesetz sich wie die Wellenlängen verhalten, so folgt weiterhin, daß das Atmungsferment, in seiner Verbindung mit Kohlenoxyd, Blau stärker absorbiert als Grün und Gelb.

Untersuchungen über den Einfluß erhöhten Sauerstoffdruckes auf Mäusecarcinom in vivo.

VON A. FISCHER, E. BUCH ANDERSEN und FR. DEMUTH, Berlin-Dahlem.

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie, Gastabteilung Dr. A. FISCHER, Kopenhagen.)

Einige von uns haben gezeigt¹⁾, daß sich normale und bösartige Zellen in vitro gegenüber Sauerstoffüberdruck verschieden verhalten: Bösartige Zellen gehen bei einem niedrigeren Druck, resp. bei gleichbleibendem Druck in kürzerer Zeit zugrunde als normale. Wir haben versucht, diese Experimente auf den lebenden Organismus zu übertragen, und zunächst den Einfluß von Sauerstoffüberdruck auf Mäusecarcinome studiert.

Da die aus den Kulturversuchen sich als notwendig erweisenden Drucksteigerungen oder Zeiten vom Tier schlecht vertragen werden, gingen wir von vornherein darauf aus, die Sauerstoffwirkung durch Stoffe zu unterstützen, die als Katalysatoren in Frage kommen könnten oder den Tumor sonst angreifen und wahrscheinlich eine besondere Affinität zum Tumorgewebe besitzen (zunächst Kupfer- und Selenverbindungen).

Aus unseren Versuchen, die sich erst über $4\frac{1}{2}$ Monate erstrecken und an rund 500 Mäusen vorgenommen wurden, läßt sich bisher folgendes sagen. Es gelingt bei einer Reihe von Tieren, die mit Kupfer- oder Selenpräparaten vorbehandelt

sind und in praktisch reinem Sauerstoff 18 bis 24 Stunden unter einem Druck von 1,6—2,0 Atmosphären gehalten worden sind, die Carcinome zum vollständigen Verschwinden zu bringen. Bei einigen Tieren erweichen und vereitern die Tumoren, und zwar so stürmisch, daß Eiter nicht selten schon während der etwa 20-stündigen Behandlung oder noch am folgenden Tage durch die intakte Haut weit entfernt von der Impfstelle durchbricht. Dieses Phänomen wurde niemals bei Mäusen beobachtet, die mit Sauerstoff *allein* oder Medikamenten *allein* behandelt waren; demgegenüber haben wir noch nie einen der überimpften Tumoren spontan zurückgehen sehen. Bei einigen Tieren ist mit dem Eiterdurchbruch eine restlose Heilung erreicht.

Bei anderen Tieren, bei denen eben nicht sämtliche Zellen getötet sind, entwickeln sich neue Tumoren. Wieder bei anderen Tieren gehen die Tumoren einige Tage nach der Behandlung zurück und verschwinden vollkommen, ohne daß es zu einem Durchbruch kommt. Die Bedingungen einer sicheren Heilung sind bisher noch nicht gefunden. Alle mit Sauerstoff und Medikamenten behandelten Tumoren, die nicht nekrotisieren, bleiben wenigstens gegenüber Kontrollen im Wachstum deutlich zurück.

¹⁾ A. FISCHER und E. BUCH ANDERSEN, Über das Wachstum von normalen und bösartigen Gewebezellen unter erhöhtem Sauerstoffdruck. Zeitschr. f. Krebsforsch. 23, H. 1, S. 12. 1926.

Zur Biochemie des Tabaks.

Von C. NEUBERG und M. KOBEL, Berlin-Dahlem.

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Biochemie.)

Über die Vorgänge, die sich am Tabakblatt abspielen, wenn es nach der Erntung in den gebrauchstüchtigen Zustand übergeht, herrschen zahlreiche Unklarheiten. Sie beruhen zum Teil auf einem unvollkommenen Einblick in die Zusammensetzung des Tabaks, besonders hinsichtlich seiner organischen Bestandteile, zum Teil darauf, daß die stattfindenden Umwandlungsprozesse kompliziert und in ihrem Mechanismus bislang ungenügend erforscht sind. Zwei grundsätzlich verschiedene Anschauungen stehen einander gegenüber. Nach der einen sind es vornehmlich rein chemische Veränderungen, die das frische Tabakblatt genüßfähig machen, nach der anderen handelt es sich hauptsächlich um Wirkungen von Mikroorganismen. Es ist keine Einigkeit darüber vorhanden, was bei den wie auch immer gearteten Umformungen des frischen Tabakblattes durch die technischen Maßnahmen geändert wird, und welche Faktoren in erster Linie die Überführung des zersetzlichen grünen Blattes in das verwendungsbereite Enderzeugnis bedingen. Man gewinnt den Eindruck, daß die bekannten Lehrbücher der Tabakkunde (v. BABO-HOFFMANN, KISSLING, WITTE) größeren Wert auf Umwandlung von präformierten Eiweißkörpern legen.

Es schien uns nun nach den vorhandenen, allerdings recht widerspruchsvollen Angaben über die Vorgänge bei der sog. Tabakfermentation, als ob bisher das Schicksal der Zuckerarten im Tabakblatt zu wenig Beachtung gefunden habe. Wohl ist durch die Pionierarbeiten von J. BEHRENS die enzymatische Spaltung eines Glucosids festgestellt, wohl ist das Vorkommen von Hefe unter der Mikroorganismenflora angegeben, die auf dem Tabakblatt gedeiht, wohl ist für die Tabakpflanze das Vorhandensein von saccharifizierenden Fermenten beschrieben. Aber noch heute ist nicht sicher entschieden, ob diese Faktoren eigentlich von Belang sind, und ob gegebenenfalls die dem Tabakblatt immanenten Enzyme oder die angesiedelten Kleinlebewesen den größeren Anteil an den eintretenden Veränderungen haben.

Die Analyse des Tabakblattes lehrt nun, daß die Kohlenhydrate im Vergleich mit dem Proteingehalt einen erheblichen Teil der Trockensubstanz frischer Tabakblätter ausmachen. Gemäß den Erfahrungen, daß bei vielen Gärungsprozessen die ubiquitären zuckerzerlegenden Pilze und Bakterien eine bedeutsame Rolle spielen, haben wir uns zunächst der Frage zugewendet, ob eine der am frischen Blatt einsetzenden Veränderungen überhaupt mit den Vorgängen jener Zuckerspaltungen in eine Beziehung gebracht werden darf.

Die erste Phase der Tabakzubereitung besteht darin, daß die Blätter einer langsamen Trocknung bei Zimmertemperatur unterworfen werden. Hierbei verdunstet allmählich die Hauptmenge des

Wassers; aber es ist klar, daß Bakterien und Pilze Zeit genug haben, vorhandene oder durch Blattenzyme freigelegte Kohlenhydrate anzugreifen. Mit Hilfe des *Abfangverfahrens* haben wir nachgewiesen, daß schon innerhalb 24 Stunden ein Prozeß beginnt, der den alkoholischen Gärungen und manchen anderen Zuckerspaltungen insofern nahesteht, als es zu einer wesentlichen Anhäufung von *Acetaldehyd* kommt. (Übrigens beobachteten wir, daß Spuren dieser Substanz im gerade gepflückten Tabakblatt vorgebildet sein können.)

Die Quellen des vergärenden Zuckers sind nicht allein im frischen Material vorhandene einfache Kohlenhydrate; das hauptsächliche Substrat bilden Polysaccharide. Wir konnten feststellen, daß in zerkleinerten Tabakblättern so reichliche Mengen von *Saccharase* und *Amylase* enthalten sind, daß 100 g eigens zugefügten Rohrzuckers bzw. 20 g hinzugegebener Stärke innerhalb 3 Tagen von 200 g Blätterbrei, die 34 g Trockensubstanz entsprechen, quantitativ hydrolysiert wurden. Auch Agenzien, denen man für den Abbau der Monosaccharide eine wesentliche Aufgabe zuschreibt, wie *Hexose-di-phosphatase* und *Keton-aldehydmutase*, haben wir angetroffen. Im frischen Tabakblatt ist das zymophosphatspaltende Ferment in erheblicher Menge oder kräftiger Form zugegen: 200 g desselben Blätterbreis zerlegen 5 g Substrat in 0,5proz. Lösung binnen 2 Tagen praktisch vollständig. (Nebenbei sei bemerkt, daß Spuren organischer Phosphorsäure-Verbindungen, die enzymatisch hydrolysierbar sind, im Tabakblatt des öfteren präformiert vorkommen.) Die auf den Abbauwegen des Zuckers tätige Keton-aldehydmutase sahen wir wirksam sowohl gegenüber dem Methylglyoxal als dem Phenylglyoxal; aus letzterem ging *linksdrehende Mandelsäure von nahezu vollständiger optischer Reinheit* hervor.

Es bleibt natürlich bei allen diesen Vorgängen am Tabakblatt zunächst dahingestellt, inwieweit es sich um eine kombinierte Wirkung von Blattfermenten und Enzymen der Kleinlebewesen handelt. Immerhin wollen wir hervorheben, daß wir auch schon im *Tabaksamen*, also bei geringfügigem Mikroorganismengehalt, die für den Zuckerabbau in Betracht gezogenen Enzyme Hexose-di-phosphatase und Keton-aldehydmutase nachzuweisen vermochten.

Einen weiteren Befund, den wir erhoben haben, müssen wir auf Spaltungsvorgänge zurückführen, die während der eigentlichen Tabakfermentation durch Kleinlebewesen eingeleitet werden. Nach vollendeter Trocknung, nach Erlangung der sog. Dachreife, bei der die Blätter nur noch durchschnittlich 12—15% Wasser enthalten, werden dieselben bei dem in Deutschland und auch in anderen Ländern geübten Verfahren zu großen Haufen geschichtet. In diesen tritt Selbsterwär-

mung ein, die sich bis auf 50° steigert und reguliert werden muß; dabei erfolgen dann in bezug auf Farbe, Aroma und Konsistenz Veränderungen, die das unfermentierte Blatt vom gebrauchsfertigen unterscheidenden — Daten der Literatur soll regelmäßig hierbei der Gehalt an Nicotin nicht, der Gehalt an säureamidartig gebundenem Stickstoff (Protein → Aminosäurederivaten) wenig verändert werden. Am Ende der Trocknung ist die Hauptmenge der Stärke — sie kann nach MÜLLER-THURGAU bis 43% von der Trockensubstanz des vollreifen Blatts ausmachen — nach vorausgegangener Einwirkung sei es der Blattfermente oder Bakterienenzyme verschwunden, und übriggeblieben sind im wesentlichen die schwer angreifbaren hochmolekularen Kohlenhydrate. Zu diesen gehören außer der Cellulose die kaum beachteten Pektinstoffe. Nach allgemeinen chemischen Erfahrungen müssen die letzteren labiler sein, und es schien uns deshalb eine notwendige Aufgabe, zu untersuchen, ob *Veränderungen am Pektin* stattfinden. Bereits im Jahre 1868 haben TH. SCHLOESING und L. GRANDEAU Analysen veröffentlicht, aus denen ein Auftreten von Pektinsäuren (acide pectique) im Tabak hervorgehen würde. Der Durchschnittswert für den Gehalt verschiedener Tabaksorten an Pektin, an dessen Anwesenheit allerdings J. KÖNIG zweifelt, ist nach den Zahlen der Literatur auf rund 10% zu veranschlagen; das käme der Hälfte der vorhandenen Holzsubstanz, also einem wesentlichen Teile des harten Gerüstmaterials im Tabakblatt gleich. Nach den Entdeckungen TH. v. FELLEBERGS sowie F. EHRLICHs, die an Pektin anderer Herkunft gemacht sind, ist als ein Pektinbaustein der Methylalkohol zu betrachten, der in esterartiger Form vorhanden ist. Daß tatsächlich die aus sehr früher Zeit stammenden Analysen betreffs eines Pektinvorkommens im Tabak das Richtige getroffen haben, geht nun daraus hervor, daß wir durch kurzdauernde Hydrolyse mit Natronlauge eine Verseifung des Pektinesters haben erzielen und dadurch den *Methylalkohol* haben in Freiheit setzen können. *Diese Menge Methylalkohol beträgt in frischen Blättern 0,7—0,9%, berechnet auf Trockensubstanz.*

Da Methylalkohol bisher nicht als Bestandteil der Tabakblätter isoliert war und sein Vorkommen hier als wichtig erscheint, so haben wir uns in umfangreichen Untersuchungen an 25 Sorten von ganz verschiedener Provenienz nicht nur von seinem regelmäßigen Vorhandensein durch Reaktionen und durch quantitative Analysen nach verschiedenen Methoden überzeugt, sondern auch die Darstellung des Holzgeistes in Substanz ausgeführt.

Auf Grund dieser Ermittlungen legten wir uns dann die Frage vor: bleibt der esterförmig gebundene Methylalkohol bei den Umsetzungen erhalten, die bei der Trocknung sowie späterhin bei der Fermentation ablaufen? Findet er sich also auch noch im vollen Umfange im rauchfähigen Produkt vor? Es ergab sich zunächst durch Unter-

suchungen in Deutschland geernteter stärkehaltiger Blätter, daß mit der Dachreife kein Schwund der so leicht und ergiebig Methylalkohol liefernden Substanz verknüpft war; vielmehr stieg, bei der Trocknung der prozentuale Methoxylgehalt der Trockensubstanz um rund 30% an, weil diese infolge des Verlustes von Stärke und Zucker reicher an Pektin geworden war. *Nach der Fermentation war der Methylalkoholgehalt durchschnittlich auf 0,1%, also auf etwa den 7.—9. Teil des ursprünglichen Wertes frischer Blätter gesunken. Bezieht man diese Zahlen auf die wasserfreie Substanz unserer dachreifen Blätter, so beträgt der Methylalkoholgehalt nach der Vergärung nur noch 1/9 bis 1/12 des Anfangswertes.*

Solche Feststellungen haben wir getroffen für folgende Sorten: Hockenheimer Tabak (deutsches Erzeugnis) sowie für die von Übersee stammenden nachstehenden Marken: Sumatra I, II, Java I, II, Java-Kuba, Domingo I, II, Maryland, Kentucki, Brasil, Trapezunt, St. Felix.

Selbstverständlich haben wir nicht fertige Zigarren oder geschnittene Rauchtabake verwendet, sondern zur Schaffung durchsichtiger Verhältnisse die unverarbeiteten Blätter, wie sie in gebündeltem und gebrauchsfertigem Zustande importiert werden. Mit völliger Regelmäßigkeit trat dieses überraschende Resultat bei allen von uns geprüften 13 dunkelfarbigem Zigarren- und Pfeifentabaken zutage. Zwar hat es uns bislang an der Möglichkeit gefehlt, die exotischen Sorten in frischem Zustande auf ihren Ertrag an gebundenem Methylalkohol zu untersuchen. Aber die Arten, die in Deutschland angebaut und von uns herangezogen sind, stammen von Gewächsen ab, die in den zuvor gekennzeichneten fremden Ländern heimisch sind; es ist zunächst unwahrscheinlich, daß sich in der Zusammensetzung des frischen Tabakblatts ganz prinzipielle Unterschiede in bezug auf den Pektingehalt geltend machen. Bekräftigt wird unser Ergebnis durch den Umstand, daß in Deutschland kultivierter und in Deutschland vergorener Tabak in frischem Zustande den Reichtum an gebundenem Holzgeist und nach der Fermentation einen geringen Methylalkoholgehalt aufwies, ganz in der Größenordnung der fremden Produkte.

Noch nicht zahlreich genug sind unsere Versuche über das entsprechende Verhalten der gelben, zur Herstellung von Zigaretten und Pfeifengut dienenden, meist kleinblättrigen Tabaksorten. Das abweichende Aussehen dieser Materialien deutet vielleicht darauf hin, daß, sofern nicht von vornherein Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung dieser Sorten bestehen, die Vorbehandlung und Fermentation der Blätter anders erfolgt ist als die der dunklen Zigarrentabake. Ob etwa der Fermentationsprozeß kürzere Dauer besitzt oder bei niederen Temperaturen abläuft, steht noch nicht fest. In den bisher von uns geprüften 3 Sorten von gebrauchsfertigem Zigarettenrohtabak (Cavalla, Smyrna und Tachowa) sowie 3 Sorten hellen Pfeifentabaks (Argos, China und Virginia) haben

wir, ganz verschieden von den Zigarrentabaken, einen hohen Gehalt an gebundenem Methylalkohol konstatiert, nämlich 0,5—0,8% der Trockensubstanz.

Es muß weiteren Untersuchungen, über die wir ausführliches an anderer Stelle veröffentlichen werden, auch die Entscheidung der Frage überlassen bleiben, ob in hygienisch-pharmakologischer Hinsicht die Verminderung des Gehalts an Holzgeist, die im Verlaufe der Tabakzubereitung eintritt, eine Rolle spielt. Die Tatsache an sich

scheint uns immerhin beachtlich. Beim Glimmprozeß dürfte nämlich aus so leicht spaltbaren Methylalkoholestern der Holzgeist entweder unverändert hervorgehoben oder zu Formaldehyd oder Kohlenoxyd werden; es könnten also Substanzen entstehen, deren Einatmung beim Rauchen sicherlich unerwünscht ist. Vielleicht hat auch an den Sehstörungen, die neuerdings bei Verbrauch selbsterzeugten, nicht ordentlich vergorenen Tabaks beobachtet sind, der Methylalkohol eine Mitschuld.

Die Organdifferenzierung der Großhirnrinde im Lichte der vergleichenden Architektonik.

Von MAXIMILIAN ROSE, Berlin.

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Hirnforschung.)

Eine bei gewissen Lebewesen vorhandene primitive Allgemeinfunktion kann sich infolge Anpassung an neue Existenzbedingungen in Teilfunktionen gliedern. Auf diese Weise kommt es physiologisch zu einer Arbeitsteilung.

Der Gliederung der Teilfunktionen entspricht morphologisch das Prinzip der Differenzierung, welches auf einer Entstehung ungleicher Teile aus gleichartiger Grundlage beruht. Die Differenzie-

Rindenfeldern wesentlich differieren. Bei niederen Tieren gibt es wenige „Primitivorgane“ (GEGENBAUR) darstellende Rindenfelder. Durch weitere Differenzierung zerfallen dieselben in zunehmend mehr Einzelareale.

In der Fig. 1, welche vom Frontalpol des Alligators stammt, sehen wir an der lateralen Oberfläche des Streifenhügels (St) die primitivste Rinde, die wir überhaupt kennen (51). Sie besteht nur aus einer Zonalschicht (I) und einer Zellschicht (a) und entstammt derselben Mutterschicht wie der Streifenhügel. Wir haben es hier mit der sog. Riechstation II. Ordnung zu tun, in welcher die erste Verarbeitung der durch den Riechkolben (Riechstation I. Ordnung) perzipierten Riecheindrücke erfolgt. Diese Rinde ist in ihrer ganzen Ausdehnung gleichartig gebaut und stellt zweifellos ein Primitivorgan dar.

Bei den Säugetieren kam es infolge Anpassung an andere Lebensbedingungen zu einer weitgehenden Differenzierung dieses Rindengebietes. So unterscheiden wir in ihm bei dem Schnabeltier (*Ornithorhynchus*) 6 different gebaute und scharf sich gegeneinander absetzende architektonische Felder, bei der Fledermaus 7, beim Igel 9, beim Hunde sogar 11. In Fig. 2 finden wir drei dieser Rindenfelder des Igels. Wir sehen hier die großen Verschiedenheiten im Bau dieser Einzelfelder. In Pam 1 stehen die Elemente der Zellschicht sehr dicht nebeneinander und färben sich intensiv. In Pam 2 ist die Zellschicht bedeutend lockerer und setzt sich aus etwas kleineren und weniger tingierbaren Zellen zusammen. Die Zellschicht von Pam 3 ist wesentlich anders gebaut. Sie ist bedeutend breiter als in Pam 1 und Pam 2 und setzt sich ausnahmslos aus sehr kleinen körnerähnlichen Elementen zusammen. Die Grenzen zwischen den beschriebenen Typen sind mit Pfeilen (†) angegeben. Sie sind haarscharf. Beim Menschen finden wir fast die gleiche Anzahl architektonischer Zentren in diesem Rindengebiet; sie sind jedoch teilweise sehr rückgebildet.

Im Bereiche des primitiven Einheitsorgans der Vögel und Reptilien kam es demnach bei den



Fig. 1. Frontalschnitt durch das Vorderhirn des Alligators. St = Streifenhügel; 51 = primitive olfaktorische Rinde (striatale Rinde); I = Zonalschicht; a = Zellschicht der primitiven striatalen Rinde (51).

rung sowohl der Lebewesen als auch ihrer einzelnen Organe betrachten wir somit als den Ausdruck der Vervollkommnung.

Auch innerhalb der Hirnrinde bilden sich auf Grund örtlich ungleichartiger Differenzierungsvorgänge zahlreiche und tiefgreifende Strukturverschiedenheiten. Es kommt auf diese Weise zur Entwicklung von Rindenfeldern, welche in sich einheitlich gebaut sind und von den angrenzenden

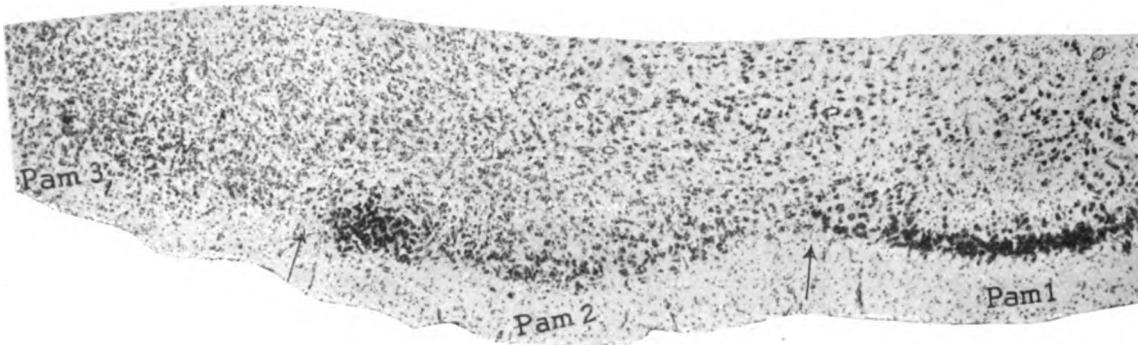


Fig. 2. Frontalschnitt durch das hintere olfaktorische Rindengebiet des Igels. Pam 1, Pam 2 und Pam 3 = architektonische Felder dieses Gebietes.

Säugetern zu weitgehenden Veränderungen. Diese Veränderungen sind quantitativer und qualitativer Art. Sie beziehen sich sowohl auf die bedeutende Vergrößerung dieses Rindengebietes bei den Säugetieren als auch auf eine Teilung in viele, scharf sich gegeneinander absetzende Partialorgane: *Areae architectonicae*. Es handelt sich hier somit um den morphologischen Ausdruck der Arbeitsteilung, welche durch die Bildung von Partialorganen zum Vorschein tritt. Es ist auch daraus der Schluß zu ziehen, daß es bei den Säugetern zur Vervollkommenheit der Riechfunktion gekommen ist.

Ein anderes Gebiet, welches in dieser Richtung besonders instruktiv ist, ist die Rinde des *Gyrus hippocampi* [entorhinale Rinde (e)]. Bei den Reptilien finden wir sie nur bei großen Eidechsen. Fig. 3 zeigt sie uns bei der Taube. Es ist eine



Fig. 3. Frontalschnitt durch den hinteren Pol des Taubengehirns. e = entorhinale Rinde; I = Zonalschicht; a, b, c = Zellschichten; AF = Ammonsformation.

vierschichtige Rinde, welche außer aus der zelllosen äußeren Schicht (I), aus zellreichen (a und c) und einer zellarmen Lage (b) besteht.

Wenn wir nun zu den Säugetieren übergehen, so beobachten wir bei den einzelnen Ordnungen die weitgehendsten Unterschiede in der Differenzierung dieses Rindengebietes. In Fig. 4 haben wir einen Frontalschnitt durch diese Gegend von

der Maus vor uns. Wir unterscheiden hier 2 Unterfelder. In dem mit e_2 bezeichneten Unterfelde ist die äußere Zellschicht Pre sehr breit und aus mittelgroßen Pyramidenzellen zusammengesetzt. Sehr breit und dicht gefügt ist auch die innere Zellschicht Pri. Beide sind durch eine zellarme Zwischenschicht (Ds) getrennt. Im Unterfelde e_3 ist gegenüber e_2 die Zonalschicht (I) breiter, die äußere Zellschicht Pre schmaler und aus kleineren Elementen zusammengesetzt, die Zwischenschicht (Ds) ebenfalls schmaler und zellärmer. Die Grenze zwischen e_2 und e_3 ist scharf ($\downarrow$).

Beim Hunde unterscheiden wir in der entorhinalen Rinde 8 Unterfelder, bei den Halbaffen 11, bei den Affen (Mantelpavian) 14 und beim Menschen 23 Einzelareae.

Die entorhinale Region, welche bei den großen Eidechsen und bei sämtlichen Vögeln noch ein ein-

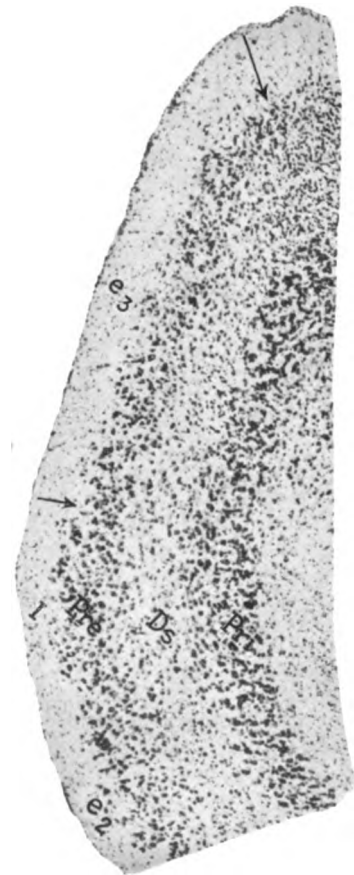


Fig. 4. Frontalschnitt durch die entorhinale Rinde der Maus. e_2 und e_3 = architektonische Unterfelder der entorhinalen Rinde; Pre = äußere Zellschicht; Pri = innere Zellschicht; Ds = Zwischenschicht; I = Zonalschicht.

heitlich gebautes Primitivorgan darstellt, gliedert sich bei den niederen Säugetieren in 2–3 Einzelareae (Partialorgane) und erreicht beim Menschen eine Teilung in 23 subordinierte architektonische Zentren, welche sich scharf voneinander abgrenzen.

Diese die *Regio entorhinalis* betreffenden morphologischen Tatsachen besitzen auch von einem anderen Standpunkte aus eine Bedeutung. Bekanntlich wird die entorhinale Region vielfach als übergeordnetes Riechzentrum betrachtet. Nun finden wir diese Region in größter absoluter und relativer Ausdehnung und in weitestgehendster Differenzierung beim Menschen. Bei so vorzüglichen Riechern wie den Insektenfressern und den Carnivoren (Hund) finden wir eine absolut und relativ viel kleinere und bedeutend weniger differenzierte entorhinale Region. Wir glauben, nicht zu weit zu gehen, wenn wir daraus den Schluß ziehen, daß die *entorhinale Region* wenigstens in

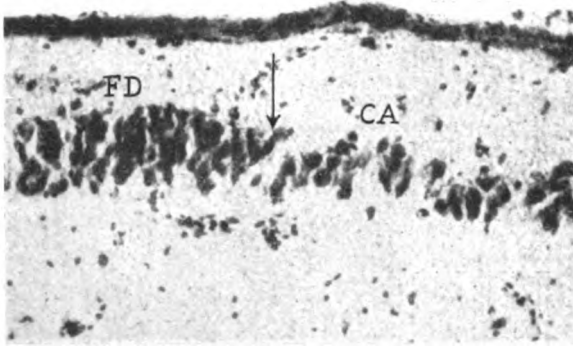


Fig. 5. Frontalschnitt durch die Ammonsformation des Wüstenvaran. FD = Fascia dentata; CA = Ammonshorn.

ihren spezifisch menschlichen Teilen entweder ganz anderen Funktionen oder zu mindestens anderen Partialfunktionen des Riechens dient als es bei den niederen Säugern vorkommt.

Die Ausbildung von Partialorganen im Bereiche eines Primitivorgans tritt uns vielleicht am deutlichsten in der sog. Ammonsformation, welche ebenfalls zur Riechfunktion in Beziehung gebracht wird, entgegen.

Die Ammonsformation zeichnet sich durch einen zweischichtigen Bau aus. Sie besteht aus einer Zonal- und einer Zellschicht. Diese Rinde befindet sich jedoch nicht an der Oberfläche des Streifenhügels, so wie die Riechrinde II. Ordnung; denn sie entwickelte sich aus der ganzen Dicke der Wand des sekundären Hirnbläschens.

In Fig. 3 sehen wir die Ammonsformation (AF) bei der Taube. Sie ist sowohl bei diesem Vogel wie auch bei den Hühnern, Schwimm- und Watvögeln, wo sie am besten ausgeprägt ist, in ihrer ganzen Ausdehnung vollständig gleichartig gebaut und stellt somit hier ein Primitivorgan im Sinne GEBENBAURS dar. Die dichtgefügte Zell-

schicht setzt sich aus mittelgroßen Pyramidenzellen zusammen.

Bei den Reptilien, besonders bei den Schlangen und Eidechsen, kommt es zur ersten Bildung von Partialorganen im Bereiche der Ammonsformation. In der Fig. 5 besteht die Ammonsformation aus 2 Unterfeldern, welche sich haarscharf gegeneinander absetzen und in der erwähnten Figur durch einen Pfeil (↓) abgegrenzt sind. Links vom Pfeile ist die Zellschicht breit, dicht gefügt und setzt sich aus sehr kleinen Elementen zusammen. Rechts davon finden wir in der schmalen lockeren Zellschicht große pyramidenförmige Elemente. Wir stellen demnach fest, daß die bei den Vögeln einheitlich gebaute und aus Pyramidenzellen bestehende Ammonsformation sich in zwei scharf gegeneinander absetzende Partialorgane gegliedert hat. Der aus kleinen Elementen bestehende Abschnitt entspricht der *Fascia dentata* (FD), welche durch Verkörnelerung der Pyramidenzellen entstand, der große Pyramidenzellen aufweisende Teil stellt das Ammonshorn (CA) sensu strictiori dar.

Wir sehen an diesem Beispiele ebenso wie an dem vorigen, wie durch örtliche Differenzierungsvorgänge sich ein Primitivorgan in Partialorgane gliedert. Wir sehen auch, daß die Grenzen der Partialorgane oder der *Areae architectonicae* von Anfang an haarscharf sind.

Bei den niederen Säugetieren gliedert sich die Ammonsformation in 3–4, beim Hund in 7 Einzelareae. Ebenso beim Menschen. In Fig. 6 sehen wir die Ammonsformation vom Hunde. Die körnerhaltige, von den Reptilien her bekannte *Fascia dentata* FD liegt, ebenso wie bei allen Säugetieren, eingerollt. Die einzelnen Unterfelder des eigentlichen Ammonshornes sind mit h_1 – h_5 bezeichnet. Die Zellschicht von h_1 ist sehr breit und besteht ausnahmslos aus mittelgroßen Pyramidenzellen diese Pyramidenzellen liegen an der Grenze der Zonalschicht dichter und weisen eine schlanke Gestalt auf. In den tieferen Schichten sind sie kürzer und breiter. h_2 zeichnet sich durch große, stark tingierbare Pyramidenzellen aus, welche dicht nebeneinander liegen. Die Zellschicht von h_3 ist breiter und lockerer gefügt als die von h_2 . Noch lockerer ist die Zellschicht von h_4 , deren Elemente ziemlich regellos liegen. h_5 setzt sich aus ganz regellos liegenden Zellen im Hilus der *Fascia dentata* zusammen. Zu der Ammonsformation zählen wir bei den Säugetieren auch das sog. *Subiculum* (Sub), dessen Zellschicht sich in 5 Unterschichten gliedert. Die Grenzen zwischen den einzelnen Abschnitten der Ammonsformation sind scharf.

Aus obigen Beispielen ist zweierlei zu erschen: Einerseits, daß die Großhirnrinde bei niederen Vertebraten eine oder mehrere Organeinheiten darstellt, in deren Bereiche es bei höheren Tieren durch den Vorgang der Differenzierung zur Bildung von Partialorganen (*Areae architectonicae*) kommt, andererseits, daß die Grenzen dieser Areae von

den niedersten Vertebraten bis zum Menschen scharf sind. Die Schärfe der Grenzen der architektonischen Areae wurde in den ersten Anfängen der architektonischen Forschung verkannt. C. und O. Vogt postulierten dieselbe auf Grund ihrer physiologischen Untersuchungen, da der Reizerfolg immer an scharf umschriebenen Grenzen ein- und aussetzte. Die anatomischen Unter-

gern, daß die Partialorgane verschiedenen Teilfunktionen dienen. Diese Teilfunktionen sind demnach an circumscribed sich haarscharf voneinander abgrenzende, eine einheitliche architektonische Struktur aufweisende Bezirke oder Areae architectonicae gebunden. Die vergleichende Architektonik und die Ontogenie zeigen uns den Werdegang jedes architektonischen Zentrums, den



Fig. 6. Frontalschnitt durch die Ammonsformation des Hundes. h_1 — h_5 = architektonische Unterfelder des Ammonshornes; Sub = Subiculum des Ammonshornes; FD = Fascia dentata.

suchungen bei Affen und Menschen stellten dann für die scharf umgrenzten reizphysiologischen Territorien ebenso scharf umgrenzte architektonische Äquivalente fest. Die embryologischen und vergleichend-anatomischen Untersuchungen bilden eine weitere Stütze für diese Auffassung.

Das Entstehen von Partialorganen, welches auf der Umbildung einer gleichartigen Grundlage zu ungleichen Teilen beruht, ist, wie eingangs erwähnt, aus dem physiologischen Prinzip der Arbeitsteilung abzuleiten. Daraus ist der Schluß zu fol-

Grad seiner inneren Differenzierung, seine absolute und relative Ausdehnung und seine Gliederung in Einzelareae bei den verschiedenen Tierordnungen und Tierarten. Die so durchgeführten Vergleichen bei Tier und Mensch geben uns auch, wie wir das vorne bei der entorhinalen Region ausgeführt haben, gewisse allgemeine Winke bezüglich der Funktion der einzelnen Rindengebiete, wenn auch nach wie vor daran festzuhalten ist, daß die endgültige Bestimmung der Funktion der Physiologie vorbehalten bleiben muß.

Über idiosomatische Variationsgruppen und ihre Bedeutung für die Klassifikation der Krankheiten.

Von N. TIMOFÉEFF-RESSOVSKY und O. VOGT, Berlin.

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Hirnforschung.)

Die folgenden Ausführungen gehen von der Grundidee aus, daß die Krankheiten nur eine besondere Form von Variationen sind, daß deshalb allgemeinere, an Variationen der Tiere oder Pflanzen gemachte Feststellungen auch für die Krankheiten gelten und daß andererseits speziell bei Krankheiten erhobene Feststellungen auch für andere Formen von Variationen Bedeutung haben.

Prüfen wir nun die heutigen sog. „Krankheitseinheiten“, namentlich auf Gebieten, wo ihre Umgrenzung auf besondere Schwierigkeiten stößt, z. B. bei den Erkrankungen des Nervensystems, so zeigt sich folgendes. Unter den heutigen „Krankheitseinheiten“ begegnen wir solchen, welche sich zwar phänotypisch sehr ähneln, bei welchen aber eine genaue *ätiologische* Forschung uns ihre genetisch verschiedene Verursachung aufdeckt. Das gilt auch für kleine Gruppen von großer pathologisch-anatomischer und klinischer Einheitlich-

lich verursacht zu sein braucht. Wir sind dementsprechend nicht a priori berechtigt, den auf erblicher Basis bei den Erwachsenen in Verbindung mit Abnahme der Geisteskräfte auftretenden Veitsanz, die sog. HUNTINGTONSche Krankheit, als eine Krankheitseinheit aufzufassen. Und wir müssen die pathologische Anatomie für inkompetent erklären, zu entscheiden, ob zwei phänotypisch gewisse Übergänge zueinander zeigende Krankheiten, die progressive Linsenkerndegeneration und die Pseudosklerose, eine wirkliche, d. h. durch eine identische Ätiologie bedingte Krankheitseinheit darstellen.

In allen diesen Fällen kann nur eine *ätiologische* Forschung die erforderliche Klärung bringen. Man kann sich indessen fragen, ob eine eingehende Analyse des Phänotypus doch schon zuvor für jede besondere oder zunächst wenigstens für manche Ätiologie ganz bestimmte charakteristische Merkmale aufdecken kann, so daß man bei einer genügenden Vertiefung der phänotypischen Analyse die Umgrenzung ätiologisch einheitlicher Krankheiten resp. Variationssippen zum mindesten mehr als bisher vorbereiten kann. Wir wollen diese Frage zunächst an einer genetisch gut untersuchten, als *plexus* bezeichneten idiosomatischen Variationsgruppe der *Drosophila funebris* untersuchen.

Fig. 1 lehrt die normale Aderung des linken Flügels einer *Drosophila funebris*.

Fig. 2 zeigt die als *plexus* benannte anormale Gestaltung der zweiten (unteren) Querrader. Die drei abgebildeten Flügel bilden nicht erbliche, also auf exogene Faktoren zurückzuführende Modifikationen.

Fig. 3 bringt eine ganze Reihe verschiedener *plexus*-Formen. Sie sind der Ausdruck einer ganz bestimmten Veränderung eines einzigen Erbfaktors (der Genenvariation *alae plexus*).

Fig. 4 macht uns nun mit ganz ähnlichen Flügelabweichungen bekannt. Auch sie sind erblich bedingt. Es hat aber die weitere genetische Analyse hierhergehöriger Fliegen gezeigt, daß es sich um eine Abänderung eines anderen Gens handelt.

Für unsere heutigen Betrachtungen ist nun wichtig, daß sich diese Genenvariation gleichzeitig phänotypisch in einem anderen Merkmal äußert, nämlich in einer gespreizten Haltung der Flügel. Ergänzend sei noch betont, daß die in Fig. 3 wiedergegebene Genenvariation rezessiv, die in der Fig. 4 wiedergegebene dagegen dominant und daß ferner die Penetranz (Durchschlagskraft) der letzteren wesentlich stärker ist.

Ähnliches zeigt nach den Feststellungen der MORGANSchen Schule die Gruppe der erblichen

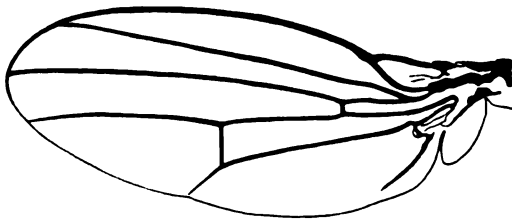


Fig. 1.

keit, z. B. die zu C. VOGTS Status marmoratus führende Erkrankung eines bestimmten Hirnabschnitts, des Striatum. Bald war dieser Krankheitsprozeß erblich begründet; bald lag nur eine besondere erbliche Prädisposition vor, auf eine beliebige Schädigung des Nervensystems mit dieser Veränderung zu reagieren; bald rief eine äußere Schädigung diesen Krankheitsprozeß hervor, ohne daß eine solche Prädisposition nachweisbar war. Eine solche vermeintliche „Krankheitseinheit“ haben C. und O. VOGT als eine *idiosomatische Krankheitsgruppe* bezeichnet. H. und N. TIMOFÉEFF-RESSOVSKY haben dann auf die weite Verbreitung entsprechender idiosomatischer Variationsgruppen bei der Fliege *Drosophila funebris* hingewiesen. Alle vier Autoren sind dabei der Ansicht, daß die bisherige Sippenzusammenfassung innerhalb der Tier- und Pflanzenspezies ebenso wie die heutige Krankheitseinteilung sehr viele derartige idiosomatische Gruppen enthält. Unter den Erkrankungen des Nervensystems dürfte vor allem die fast alle Verrücktheiten umfassende „Krankheitseinheit“ *Schizophrenie* eine solche idiosomatische Krankheitsgruppe darstellen. Dabei werden wir weiter unten sehen, daß die erblich bedingte Untergruppe auch nicht einheit-

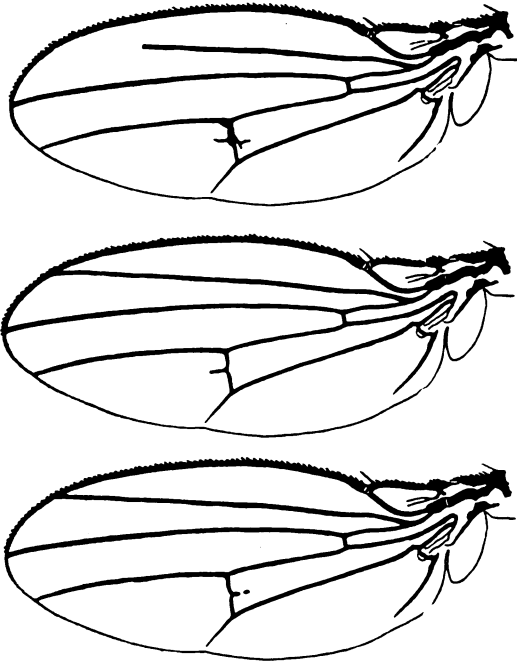


Fig. 2.

und nichterblichen Flügel-
ausschnitte bei *Drosophila*
melanogaster.

Fig. 5 bringt einen Flügel
mit Ausschnitten, welche
durch das dominante Gen
Beaded hervorgerufen wer-
den. Ähnliche Ausschnitte
werden aber auch durch an-
dere Gene bedingt. Das re-
cessive Gen *cut*, welches sich
in den Flügeln ebenso wie
Beaded manifestiert, ruft
außerdem noch Abweichun-
gen in den Augen und An-
tennen der Fliegen hervor.
Die Flügelausschnitte des
dominanten Gens *Notch* sind
im Gegensatz zu *Beaded* und
cut hauptsächlich an der
Flügelspitze lokalisiert.

Wie dann endlich Fig. 6
zeigt, kann man sich schon
heute ganz gut eine Vor-
stellung davon machen, wie
einerseits verschiedene Erb-
faktoren und somatische
Einflüsse dasselbe Merkmal
hervorrufen, wie andererseits
aber ungleiche Ätiologien
nicht nur ein verschiedenes
Verhalten der Nachkommen
bedingen, sondern zu einer
für die einzelne Ätiologie

charakteristischen Kombination dieses Merkmals
mit anderen führen und auf diese Weise schon
eine phänotypische Zergliederung der idiosoma-
tischen Gruppe anbahnen können. Das Merk-
mal *A* kommt dadurch zustande, daß seine
unmittelbare Verursachung *a* von dem exogenen
Reiz *s* oder *t* sowie von den erblich bedingten
Reizen *m* oder *n* zur Reaktion *A* veranlaßt wird,
während der exogene Reiz *r* und der erblich be-
dingte Reiz *l* wenigstens zur Reaktion *A* einen
gewissen Anstoß geben. Während der exogene
Reiz *t* und das Gen *m* unter den drei Merkmalen
ausschließlich das Merkmal *A* hervorrufen, ver-
ursachen der exogene Reiz *s* und das Gen *n* zu-
gleich *C* durch gleichzeitige Reizung von *c*. Der
exogene Reiz *r* und das Gen *l* bedingen sogar
durch hauptsächliche Einwirkung auf *b* vor-
nehmlich das Merkmal *B* und nur in zweiter Linie
das Merkmal *A*. Auf diese Weise entstehen die
verschiedenen Kombinationen von Merkmalen
sowie ihre differente Penetranz und Expressivität
in den Phänotypen einer idiosomatischen Varia-
tionsgruppe. Das für alle genetisch verschiedenen
Glieder dieser Gruppe identische Hauptmerkmal *A*
erscheint als Folge der beschränkten Reaktions-
fähigkeit seiner Verursachung *a*: *a* reagiert auf
verschiedene Reize in der gleichen Weise (generelle

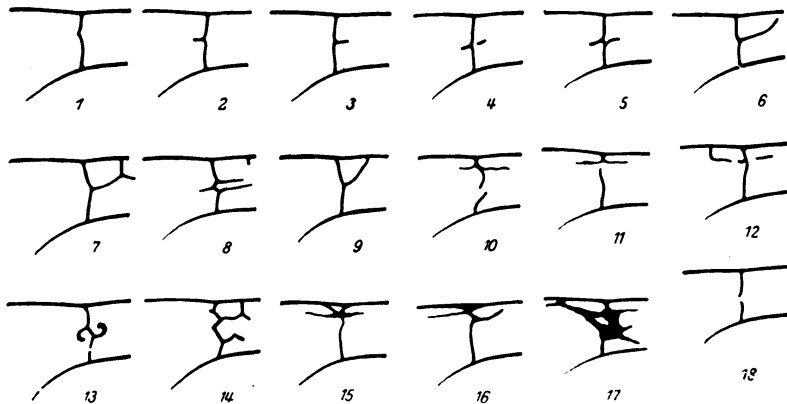


Fig. 3.

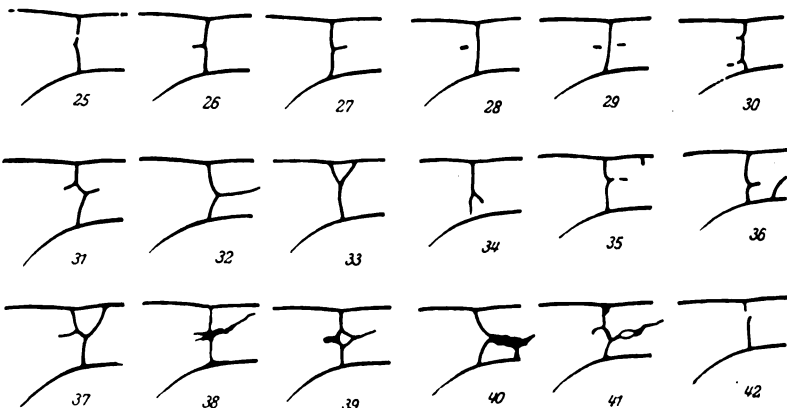


Fig. 4.

Physioklise). Dadurch entsteht die äußerliche Einheitlichkeit einer solchen heterogenen Gruppe.

Wir kommen zum Schluß. Die Medizin erstrebt im Interesse der Stellung einer Prognose und des Voraussehens der Wirkung therapeutischer und prophylaktischer Eingriffe identisch verursachte Krankheitseinheiten. Letztlich können

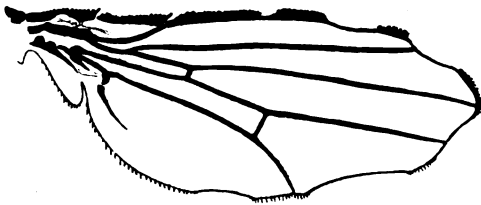


Fig. 5.

diese nur durch das Studium der Ätiologie abgegrenzt werden. Bei erbbiologischen Untersuchungen muß das Streben aufgegeben werden, für große Krankheitsgruppen einen identischen Erbgang aufdecken zu wollen. Man muß vielmehr auf die von den einzelnen Familien gezeigten Besonderheiten achten und durch Zusammenfassung derjenigen Familien, welche die gleichen

Besonderheiten zeigen, die Aussonderung einer erblich gleich bedingten Krankheitseinheit anstreben. In analoger Weise hat Klinik und pathologische Anatomie in erster Linie nicht die Auf-

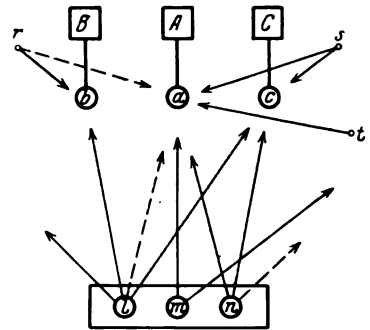


Fig. 6.

deckung des für eine Gruppe von Krankheiten Spezifischen anzustreben, sondern möglichst alle klinischen und pathologisch-anatomischen Merkmale des Einzelfalls aufzudecken und durch Zusammenstellung gleicher Kombinationen die ätiologische Klassifikation anzubahnen.

Die vergleichend-architektonische und die vergleichend-reizphysiologische Felderung der Großhirnrinde unter besonderer Berücksichtigung der menschlichen.

Von C. VOGT und O. VOGT, Berlin.

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Hirnforschung.)

Die *anatomischen* Studien des Neuro-Biologischen Instituts der Berliner Universität und des später ihm angegliederten Kaiser Wilhelm-Instituts für Hirnforschung sollten von Anfang an Vorarbeiten für eine *Physiologie* des Gehirns darstellen. Sie gingen dabei von der heuristischen Idee aus, daß sich funktionelle Verschiedenheiten in Strukturunterschieden äußern und daß unter den physiologischen wichtigen Strukturunterschieden gerade jene eine besondere Rolle spielen, welche O. VOGT als *architektonische* bezeichnet hat, d. h. die örtlichen Differenzen in der Anordnung, der Zahl und der groben Morphologie der Nervenzellen und der markumhüllten Leitungsfasern.

Das Studium der Architektonik hat im Laufe der Zeit zur Zerlegung der Großhirnrinde in unerwartet viele, haarscharf gegeneinander abgegrenzte, jedesmal die ganze Rindendicke umfassende *Felder* geführt. Wir unterscheiden heute bei dem Menschen mehr als 200. Die vergleichende Forschung zeigt ferner einen sehr gleichen Bau zwischen gewissen Feldern der Großhirnrinde des Menschen und der Affen und daneben Rindengebiete des Menschen, welche in ihrer Gesamtheit dem Bau *einzelner* Rindenfelder der Affen ähneln, aber durch Weiterdifferenzierung in *mehrere*, durch Strukturbesonderheiten verschiedene Felder zerfallen.

Von Anfang an haben wir uns nicht auf die heuristische Annahme einer funktionellen Spezifi-

zität der architektonischen Rindenfelder beschränkt, sondern wir haben die letztere mit physiologischen Methoden und speziell mit der elektrischen Reizmethode geprüft. Im Jahre 1918 konnten wir so auf Grund von Rindenreizungen an über 150 zur Gruppe der Meerkatzen gehörenden Affen eine physiologische Rindenfelderung veröffentlichen. Wir haben sie 1924 in Verbindung mit BARANY noch durch einige Einzelheiten ergänzt. Fig. 1 bringt unsere Rindenfelderung der konvexen Seite des Großhirns mit diesen Ergänzungen.

Im Jahre 1905 hat BRODMANN aus unserem Institut als erster eine architektonische Rindenfelderung des Meerkatzengehirns veröffentlicht. Die von ihm unterschiedenen Rindenfelder gehen annähernd aus der Fig. 2 hervor, sobald man die mit der gleichen arabischen Ziffer bezeichneten Gebiete jedesmal zu einem Felde vereinigt. Bei seiner Felderung lehrte BRODMANN damals ferner noch nicht das *allgemeine* Vorkommen haarscharfer Grenzen zwischen den einzelnen Feldern. Unsere physiologische Rindenkarte aus dem Jahre 1918 (Fig. 1) deckte nun nicht nur eine wesentlich größere Zahl von Rindenfeldern, sondern auch eine haarscharfe Begrenzung der einzelnen auf. Eigene, nach der Veröffentlichung BRODMANNs unternommene Versuche einer architektonischen Felderung des Affengehirns an Schnittserien und eine Ergänzung dieser Felderung durch das spezielle Studium von Rindenstellen, in welchen wir bei

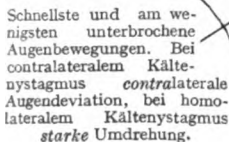


Fig. 2. Die architektonische Rindenfelderung der Convexität der Großhirnhemisphäre der Meerkatze.
1919 von C. und O. VOGT entworfen.

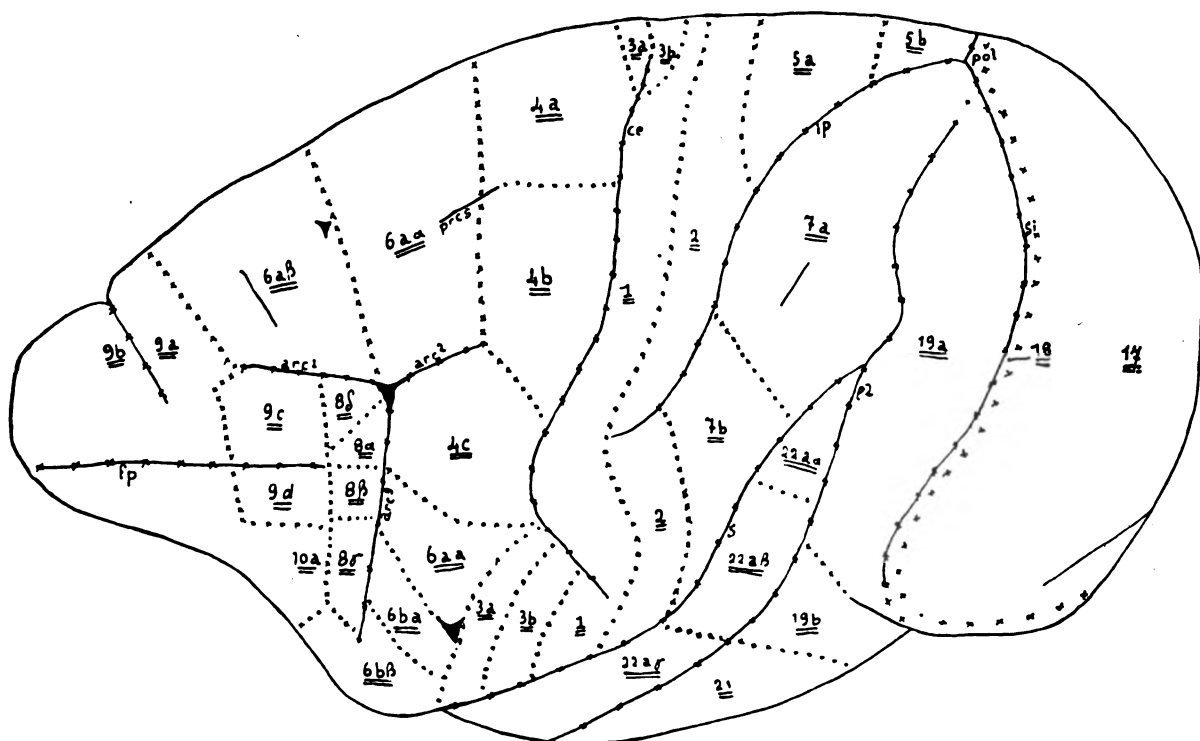


Fig. 2. Die architektonische Rindenfelderung der Convexität der Großhirnhemisphäre der Meerkatze.
1919 von C. und O. Vogt entworfen.

unseren Experimenten die aufgefundenen physiologischen Grenzen durch Einschnitte in das lebende Gehirn markierten, lehrten uns die in der Fig. 2 von uns unterschiedenen Rindenfelder von einander zu trennen und überzeugten uns gleichzeitig von der haarscharfen Begrenzung aller unserer Felder. Ein Vergleich der Figg. 1 und 2 zeigt dann weiter, daß die Grenzen jedes der physiologisch unterscheidbaren Felder mit solchen architektonischer Felder zusammenfallen.

Unmittelbar nach vorn vom Sulcus centralis (ce in Fig. 2) haben wir (durch Druckschrift markiert) das leicht erregbare und die Erregung unmittelbar in die Peripherie leitende *Primärfeld* für *tonische Spezialbewegungen*. Es deckt sich mit dem architektonischen Felde 4. Die Hauptsegmente dieses Primärfeldes fallen dann noch speziell mit architektonischen Unterfeldern von 4 zusammen. Im dorsalen Unterabschnitt 4a liegen von oben nach unten die Gebiete der Zehen bis zu denen des Oberschenkels und der Wirbelsäule. Im folgenden Unterfeld 4b beginnen die Segmente des Oberarms mit dem Schulterblatt und endigen mit dem Daumen. Im ventralen Abschnitt 4c fangen die Spezialbewegungen des Kopfes mit dem Nacken an und hören mit dem Kiefer auf. Oral von 4 begegnen wir dem *Sekundärfeld* für *tonische Spezialbewegungen*. Seine Untergebiete sind in Fig. 1 durch Rundschrift markiert. Von ihm erzielen wir erst bei stärkeren Reizen Bewegungen, welche den von 4 auslösbaren gleichen, aber zu schnellerer Irradiierung tendieren. Durch entsprechende operative Isolierungen vor den Reizungen konnten wir ferner feststellen, daß die nervöse Erregung nicht direkt in die Peripherie abfließt, sondern durch die äußersten Schichten der Hirnrinde auf das Primärfeld einwirkt. Dieses Sekundärfeld ist mit dem architektonischen Felde 6aα identisch. Oral von seinem dorsalen Teile haben wir das mit dem architektonischen Felde 6aβ zusammenfallende *Tertiärfeld*. Dieses ergibt bei schwachen Reizen ausschließlich Bewegungen der Augen, des Kopfes und des Rumpfes nach der entgegengesetzten Seite und solche des entgegengesetzten Ohres. Alle diese Bewegungen ähneln den die willkürliche Einstellung der Aufmerksamkeit begleitenden. Wir haben sie deshalb als *Adversionsbewegungen* bezeichnet. Bei stärkeren Reizen schließen sich dann Gesamtbewegungen der beiden Extremitäten an. Oroventral von dem ventralen Abschnitt von 6aα liegt das anders gebaute Feld 6bα. Von ihm werden *rhythmische* Bewegungen der Zunge, des Mundes, des Schlundes und des Kehlkopfes ausgelöst. Ein sich ventro-oral daran anschließendes, wieder anders gebautes Feld 6bβ reagiert auf Reizungen mit Änderung der Atmung. Oral von dem absteigenden Schenkel des Sulcus arcuatus (arc³ in Fig. 2) ergeben die Unterfelder 8δ, 8α und 8β bereits bei schwachen Reizen schnellste und am wenigsten unterbrochene Augenbewegungen. Nimmt man die Reizungen nicht bei Ruhstellung der Augen vor, sondern bei einem durch Ausspülen des Ohres mit kaltem Wasser hervorgerufenen Augenzittern (sog. Kältenystagmus), so gehen die Augen, wenn die rasche Komponente dieses Augenzitterns kontralateral gerichtet ist, auch nach dieser Seite, während ein homolateral gerichteter Kältenystagmus eine starke Umdrehung erfährt. Eine Reizung des Feldes 8γ bringt eine spontane oder durch Reizung des Feldes 6bα mit einer zweiten Elektrode hervorgerufene rhythmische Bewegung der Mundmuskulatur zum Stillstand. Oral von 6aβ und 8δ

+ 8α + 8β erhalten wir Adversionsbewegungen, aber erst bei wesentlich stärkeren Reizen: und zwar von dem oral von 8δ + 8α + 8β gelegenen Gebiete primär vornehmlich Augenbewegungen. Die Felder 3a, 3b, 1 und 2 ergeben noch nicht nach diesen Einzelfeldern differenzierbare Bewegungen, welche den von 4 ausgelöst durchaus gleichen. Man erhält auch annähernd in der gleichen Höhe dieses Gebietes Bewegungen des gleichen Segmentes, wie aus der mit Schriftbuchstaben in Fig. 1 durchgeführten Gliederung dieses Gebietes hervorgeht. Man bedarf aber wesentlich stärkerer Ströme. Die Wirkung erfolgt nur durch Einwirkung auf 4 und zwar auf dem Wege der subcorticalen Assoziationsfasern. Reizung von 5a ergibt eine gleichzeitige Bewegung der unteren und oberen Extremität, des Feldes 5b eine Bewegung der Augen nach unten mit sekundärer Bewegung beider Extremitäten. Von dem Felde 7b erhält man komplexe Bewegungen der Hand mit sekundären Adversionsbewegungen, vom Felde 7a Augenbewegungen, die schwerer erregbar sind als vom Felde 19a und die vom Kältenystagmus kaum beeinflußt werden. Das Feld 19a ergibt leicht erregbare Augenbewegungen. Sie verlaufen aber langsamer und unter mehr Unterbrechungen als bei Reizungen der Felder 8δ + 8α + 8β. Sie werden bei kontralateralem Kältenystagmus in eine homolaterale Augendeviation umgewandelt. Reizung der Felder 18 und 17 führt zu noch wesentlich langsameren und mehr unterbrochenen Augenbewegungen. Dagegen ist die Beeinflussung des Kältenystagmus eine größere. Das Feld 22 ergibt Ohr- und Augenbewegungen. Es erfordert etwas stärkere Ströme als 19a.

Nachdem wir uns so in weitgehendstem Maße bei einer Tiergruppe von der Tatsache überzeugt hatten, daß eine architektonische Besonderheit der Ausdruck einer funktionellen ist, sind wir zur Beantwortung der Frage übergegangen, ob nun bei verschiedenen Tieren gleichartig gebaute Rindengebiete die gleiche Reizreaktion zeigten resp. ob die gleichen Reizreaktionen der Indicator für einen gleichen Rindenbau wären. Wir haben bei unseren Versuchen eine durchaus positive Antwort erhalten.

Nach diesen Feststellungen war es für uns sicher, daß auch ähnliche Verhältnisse für den Menschen vorliegen müßten. Wir haben dementsprechend zunächst die menschlichen Homologa der auf der Convexität des Affengehirns (Fig. 2) unterschiedenen Rindenfelder festgestellt. In die so entstandene Hirnkarte haben wir dann die zu erwartenden Folgen von Rindenreizungen eingetragen (Fig. 3).

Ganz unabhängig von uns hat nun in der Zwischenzeit der hervorragende Breslauer Neurologe O. FOERSTER die *menschliche* Großhirnrinde einer bewunderungswürdig eingehenden reizphysiologischen Untersuchung unterzogen. Fig. 4 bringt FOERSTERS Reizergebnisse. Sie sind in ein mit der Fig. 3 identisches Schema eingetragen.

In bezug auf die Feldergruppen 3a + 3b + 1 + 2, sowie das Primärfeld 4, das Sekundärfeld 6aα, das Tertiärfeld 6aβ und das Augenfeld 8α + 8β + 8δ stimmt unsere Voraussage mit den FOERSTERSchen Feststellungen vollständig überein. Betreffs des Feldes 9β hat FOERSTER neben rhythmischen Mundbewegungen auch Veränderungen der Atmung beobachtet. Er

hat bisher nur nicht diese beiden Gruppen von Bewegungen topisch voneinander differenziert. Innerhalb unseres Gebietes **5a + 5b** hat FOERSTER ebenfalls 2 Unterfelder mit den von uns vorausgesagten physiologischen Differenzen unterschieden. Er hat aber die beiden Felder räumlich noch nicht gegeneinander scharf abgegrenzt. Vom Felde **7** gibt FOERSTER an, daß er vom vordersten Teil ähnliche Bewegungen wie von den Feldern **3a + 3b + 1 + 2** erhält. FOERSTER hat also hier ähnliche Bewegungen wie wir beobachtet. Er hat bisher nur noch nicht den komplexeren Charakter derselben festgestellt. Vom hinteren Teil dieses Feldes erhält er Augenbewegungen wie vom Felde **19**. Also auch hier stimmen unsere Resultate miteinander überein. Vom Felde **22** hat FOERSTER ebenfalls Adversionsbewegungen erzielt. Was endlich die Felder **19, 18** und **17** anbelangt, so erhielt FOERSTER nur vom Felde **19** Augenbewegungen, während wir bei der Meerkatze

weniger ausgesprochene Augenbewegungen auch noch von **18** und **17** erhielten. Dabei haben wir aber auch noch eine qualitative Differenz zwischen den von **19** einerseits und **18 + 17** andererseits erzielten Augenbewegungen festgestellt: die Beeinflussung des Kaltenystagmus steht in umgekehrt proportionalem Verhältnis zur Langsamkeit der Augenbewegungen.

So sehen wir eine — man kann wohl sagen — geradezu verblüffende Übereinstimmung zwischen den Feststellungen FOERSTERS und unseren Voraussetzungen. Dieselbe beweist die große Bedeutung der mit physiologischen Experimenten einhergehenden vergleichend-architektonischen Rindenfelderung für die Vertiefung der menschlichen Lokalisationslehre und läßt so für die Zukunft noch weitere Einblicke erhoffen.

Die Schwester der Syphilis (die tropische Framboesie) und ihre Beziehungen zur Lues-Paralysefrage.

Von F. JAHNEL, München.

(Aus der deutschen Forschungsanstalt für Psychiatrie, Kaiser Wilhelm-Institut.)

Der Kampf, welcher gegen die Syphilis seit einigen Jahrhunderten mit Pfeilen aus dem Köcher der Chemie geführt wird, hat in jüngster Zeit durch eine eigenartige, dem Wirken der Natur abgesehene Waffengattung bereichert, eine weitere günstige Wendung genommen. Die Achse der neuen Behandlungsweisen bildet die vor allem der unermüdbaren Arbeit WAGNER-JAUREGGS zu dankende Erkenntnis, daß mit höherem Fieber oder langwierigen Eiterungen einhergehende Infektionskrankheiten den Krankheitsverlauf der progressiven Paralyse zuweilen in überraschender Weise aufzuhalten vermögen. Den ursprünglich in Gestalt von mannigfachen leblosen pyrogenetischen Mitteln (abgetötete Bakterienkulturen in verschiedener Zubereitung, Tuberkulin, Milcheinspritzungen usw.) versuchten Imitationen dieses, als natürliches Ereignis nur selten und zufällig eintretenden Eingriffs in den Paralyseverlauf waren jedoch nicht die gleichen Erfolge beschieden, wie dem durch lebende Erreger ausgelösten Infektionsvorgange, dessen Reproduktion durch methodische Einimpfung relativ harmloser übertragbarer Fieberkrankheiten in unser Belieben gestellt, bald alle anderen sog. unspezifischen Behandlungsverfahren verdrängt hat. Besonders einflußreich auf die Paralyse haben sich zwei Krankheiten erwiesen — auch bei der Tabes und anderen Formen der Syphilis einschließlich ihrer Frühperiode hat man durch sie recht beachtliche Erfolge erzielt — die von WAGNER-JAUREGG eingeführte Malariabehandlung und die Recurrensthérapie von PLAUT und STEINER. Eine zwar auch in cyklischen Fieberanfällen sich austobende Krankheit bildet die Grundlage der letzten Methode, deren Begründer von der Idee geleitet worden waren, durch eine der syphilitischen verwandte Spirochäteninfektion auch auf die erstere übergreifende Abwehrmaßnahmen im erkrankten Organismus auf den Plan zu rufen.

Von anderen Infektionen, welche zu dem besagten Zwecke in Frage kommen, erschienen uns Versuche mit einer Krankheit besonders verlockend, welche sich des nächsten Verwandtschaftsgrades mit der Syphilis rühmen darf, der tropischen Framboesie. Diese nur in der äquatorialen Zone der Erde (auf Ceylon, Sumatra, Java, manchen Inseln des stillen Ozeans, dem mittelamerikanischen Festlande und Inselreiche sowie in Zentralafrika) heimische Krankheit kommt nur bei unter primitiven Daseinsbedingungen lebenden Eingeborenen vor — Europäer werden nur ganz ausnahmsweise von ihr erfaßt — weil sie im Gegensatz zur Syphilis nicht vorzugsweise durch Kontakt von Schleimhäuten, sondern „extragenital“ durch Berührung von erkrankten Hautpartien übertragen wird. Bei einer künstlichen Überimpfung auf Menschen zum Zwecke der Heilbeeinflussung anderer Leiden wäre daher in hygienischer Umgebung eine unbeabsichtigte Weiterverbreitung der Krankheit völlig ausgeschlossen; zudem ist sie leicht heilbar — durch alle in der Syphilisbehandlung erprobten Heilmittel, welche sogar in geringeren Dosen bei ihr eine mächtige Wirkung entfalten, und ist vielerorts infolge zielbewußter Behandlung sämtlicher erkrankten Individuen bereits ausgestorben. Der Primäraffekt der Framboesie, ein mit Borken bedecktes Geschwür, sitzt mit Vorliebe an unbedeckten Körperstellen (den Beinen u. a.). Die Krankheit pflegt auch nicht wie die Syphilis auf das Kind im Mutterleibe übertragen zu werden, im Gegenteil kommt eine Ansteckung der Mutter durch das Kind (beim Stillen oder Tragen) recht häufig vor. Das einige Wochen später folgende sekundäre Stadium — die zeitlichen Abstände der 3 Stadien sind die gleichen wie bei der Syphilis — ist durch das Auftreten von mehr oder weniger zahlreichen himbeerartigen Geschwülstchen auf der Körperoberfläche gekennzeichnet (daher die Bezeichnung Framboesie,

framboise frz. = Himbeere). In manchen Fällen kommt es nach Vernachlässigung der Behandlung in der Spätperiode zu geschwürigen Zerfallsprozessen der Haut und des Knochensystems. Der Erreger der Krankheit, eine von CASTELLANI im Jahre 1905 entdeckte Spirochäte ist in ihrem Aussehen vom Syphiliserreger nicht zu unterscheiden. Auch hinsichtlich der Wassermannschen Reaktion besteht Übereinstimmung zwischen beiden Krankheiten, deren Ähnlichkeiten so groß sind, daß manche Autoren in ihnen nicht zwei verschiedene Leiden, sondern in der Framboesie eine tropische, durch den Einfluß von Klima und Rasse modifizierte Syphilisform erblicken wollten. Die Mehrzahl der kompetenten Tropenärzte vertritt jedoch heute den dualistischen, der Framboesie nosologische Selbstständigkeit zuerkennenden Standpunkt.

Die Frage, ob im Gefolge der Framboesie den syphilitischen (Paralyse und Tabes) entsprechende zentralnervöse Erkrankungen vorkommen können, wird von den meisten Autoren verneint. Einzelte entgegengesetzt lautende Mitteilungen (z. B. von HARPER) werden auf Verwechslungen mit Syphilis zurückgeführt.

Kehren wir nun zum Ausgangspunkte unserer Betrachtung, der von uns beabsichtigten therapeutischen Verwendung der Framboesie — die hier mitgeteilten Untersuchungen wurden von mir gemeinsam mit LANGE durchgeführt — zurück, so wurden unsere Erwartungen in dieser Richtung leider enttäuscht. Es gelang uns nicht, die Framboesie, welche uns in Form von mit dieser Krankheit infizierter Kaninchen von Herrn Major DR. H. J. NICHOLS in Washington und von Fräulein DR. LUISE PEARCE vom Rockefellerinstitut in New York in dankenswerter Weise überlassen worden war, auf Paralytiker zu übertragen. Diese erwiesen sich nämlich gegen die Einimpfung von Framboesie ebenso immun, wie gegen eine erneute Ansteckung mit Syphilis. Bei der nahen, zwischen Framboesie und Syphilis bestehenden biologischen Verwandtschaft erscheint dieses Ergebnis keineswegs befremdend und eröffnet interessante Perspektiven für das Verständnis gewisser bereits wiederholt behaupteter Beziehungen zwischen Framboesie und Syphilis. In der geographischen Verbreitung der beiden Krankheiten besteht ein eigenartiger Gegensatz; schon öfters hat man die Erscheinung, daß die Syphilis in einer mit Framboesie durchseuchten Bevölkerung nur schwer Fuß zu fassen vermag, auf eine von der Framboesie gegen die syphilitische Ansteckung ausgeübte Schutzwirkung zu erklären versucht, analog der jetzt allgemein in den Dienst zur Blatternverhütung gestellten Kuhpockenerkrankung. Eine weitere Stütze erfährt diese Annahme durch die Experimente, welche der bekannte Framboesieforscher H. J. NICHOLS mitgeteilt hat. Framboesieinfizierte Kaninchen pflegen nach längerem, wenigstens 3 Monate betragenden Intervall auf eine syphilitische Ansteckung nicht mit Ausbildung eines Primäraffektes zu reagieren, während bei kürzeren

Zwischenräumen eine folgende Luesinfektion häufiger zu haften vermag. PLAUT und ich konnten in groß angelegten Versuchsreihen an fünf verschiedenen Syphilis- und zwei Framboesiestämmen bestätigen, daß beim Kaninchen Framboesie und Syphilis unter den erwähnten zeitlichen Bedingungen gegeneinander zu schützen vermögen. Ohne die schwierige Frage der wohl auch auf mehrere Ursachen zurückzuführenden Seltenheit der Paralyse und Tabes unter unkultivierten Verhältnissen und in heißen Ländern näher eingehen zu wollen¹⁾, sei mit aller Reserve die Vermutung ausgesprochen, daß bei manchen Völkern die endemische Framboesie in der hier erörterten die Syphilisansteckung verhütenden Rolle zur Erklärung dieser Erscheinung herangezogen werden könnte. Vielleicht läßt sich die Zunahme der Paralyse auf Java mit einer durch die Framboesiebekämpfung ermöglichten stärkeren Syphilisexpansion in Zusammenhang bringen.

In anderen paralysearmen, jedoch framboesiefreien Ländern (z. B. Kleinasien) herrscht vielfach eine von der unsrigen abweichende sogenannte endemische Syphilis, welche in vieler Beziehung das biologische Zwischenglied der Syphilis und Framboesie zu repräsentieren scheint. Auch bei der Lues unkultivierter Völker ist die Fähigkeit zur Paralyseerzeugung offenbar kaum entwickelt, aber auch diese Syphilisform vermag vor neurotropen Syphilisstämmen zu schützen.

Herr Geheimrat KRAEPELIN brachte unseren Untersuchungen sehr großes Interesse entgegen und hielt die Klärung der hier erörterten Fragestellungen für so wichtig, daß er selbst, gemeinsam mit Herrn Prof. Joh. LANGE, eine Forschungsreise nach Indien und Ceylon beabsichtigt und bereits Vorbereitungen dazu getroffen hatte. Ein tragisches Geschick raffte ihn jedoch vier Wochen vor dem geplanten Reiseantritt hinweg.

Zum Schlusse sei noch ein interessanter Exkurs in die geographisch-historische Pathologie angefügt. Die von 2 menschlichen Krankheitsfällen auf Kaninchen übertragenen Erregerstämme, denen gegenüber wir die Framboesieimmunität der Paralytiker festgestellt haben — sind mittelamerikanischen Ursprungs. Beim Studium der Geschichte der Framboesie stießen wir auf die Behauptung, daß diese Krankheit dort schon lange herrsche und daß die frühesten sie betreffenden Nachrichten aus der Epoche der Entdeckungsfahrten herrühren. Bekanntlich ist, wenigstens von einem Teil der Medizinhistoriker, auch die Heimat der Syphilis in dieselben Länder verlegt und ihre Einschleppung nach Europa in die gleiche Zeit datiert worden. Es wirkt allerdings befremdlich, daß die nämlichen Dokumente von dem einen Lager für den amerikanischen Ursprung der Syphilis, von dem anderen für das präkolumbische Vorkommen der Framboesie in Westindien ins Treffen geführt werden,

¹⁾ KRAEPELIN hat diese Frage im „Rätsel der Paralyse“ (Naturwissenschaften 1924, S. 1121) eingehend erörtert.

und zwar ohne die in der Existenz der Schwesterkrankheit gegebene Alternative entsprechend zu würdigen. So wird OVIEDO Y VALDEZ (1478—1557), der ein umfangreiches Werk über Westindien geschrieben hat, als Kronzeuge von beiden Parteien anrufen. Steigt man aber zu dieser Quelle hinab, so kann es nicht zweifelhaft sein, daß die in Betracht kommenden Stellen des OVIEDOSchen Werkes nur auf die Syphilis gemünzt sein können. So berichtet OVIEDO in witziger Doppelzüngigkeit, daß die Einschleppung der Syphilis nach Europa auf „las Indias“ zurückzuführen sei (was in spanischer Urschrift sowohl Indien als auch die Indianerinnen bedeutet) und fügt hinzu, daß die Begleiter des Columbus diese von den eingeborenen Weibern erworbene Krankheit nach Europa importiert hätten. Indes ist die Glaubwürdigkeit des OVIEDO Y VALDEZ, der bei der Entdeckung der neuen Welt nicht zugegen war, aus verschiedenen, hier nicht zu erörternden Gründen angezweifelt und sein Bericht auf die gleiche Stufe gestellt worden, wie der Kohl seines Zeitgenossen und Landsmannes DIAZ DE ISLA, welcher mit der da-

maligen Syphilisepidemie in Europa eine Krankheit des Kohles und anderer Pflanzen (auf diese angeblich durch das Aufhängen der Wäsche von Syphilitikern übertragen), in Zusammenhang gebracht hat. Auch heute glimmt der um die columbische Herkunft der Syphilis entbrannte Streit weiter, wenngleich jetzt die den amerikanischen Syphilisursprung bezeugenden Dokumente etwas niedriger im Kurs stehen. Vielleicht kann diese Frage nie entschieden werden, weil die uns überlieferten Urkunden wohl subjektive Auslegungen, aber keine Aussage von ungeteilter Zustimmung erzwingender Gewißheit erlauben, es sei denn, daß neue Funde gemacht werden, welche eine Klarstellung dieser Angelegenheit gestatten. Aus dem gleichen Grunde und in Ermangelung von in diesem Sinne verwertbaren biologischen Indizien wird auch die ansprechende Vermutung, die Framboesie sei die phylogenetisch ältere Krankheit, aus der die Syphilis hervorgegangen sei — übrigens hat auch die entgegengesetzte Meinung vereinzelte Vertreter — wohl unbeantwortet bleiben müssen.

Über die neuen Fällungs- und Adsorptionssätze und einige ihrer Ergebnisse.

VON OTTO HAHN, Berlin-Dahlem.

Experimentelles Material in Gemeinschaft mit OTTO ERBACHER und NORA FEICHTINGER.

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Chemie.)

In einer vor kurzem erschienenen Mitteilung¹⁾ über: „Gesetzmäßigkeiten bei der Fällung und Adsorption kleiner Substanzmengen und ihre Beziehung zur radioaktiven Fällungsregel“ wurden zwei Sätze aufgestellt, von denen sich der eine auf die Fällung, der andere auf die Adsorption kleiner Substanzmengen mit Niederschlägen anderer chemischer Zusammensetzung bezieht. Der Fällungssatz wurde folgendermaßen formuliert: *Ein Element wird aus beliebig großer Verdünnung mit einem kristallisierenden Niederschlag dann ausgefällt, wenn es in das Kristallgitter des Niederschlags eingebaut wird, also Mischkristalle mit den Ionen des kristallisierenden Niederschlags bildet. Tut es dies nicht, dann bleibt es im Filtrat, auch wenn seine Verbindung mit dem entgegengesetzt geladenen Bestandteil des Gitters in dem betreffenden Lösungsmittel beliebig schwer löslich ist.*

Der Adsorptionssatz lautet: *Ein Element wird aus beliebig großer Verdünnung an einem Niederschlag (Adsorbens) dann adsorbiert, wenn dem Niederschlag eine der Ladung des zu adsorbierenden Elementes entgegengesetzte Oberflächenladung erteilt worden und die adsorbierte Verbindung in dem vorliegenden Lösungsmittel schwer löslich ist.*

Wir sind der Meinung, daß diese beiden Sätze an die Stelle der bisher als gültig angenommenen Fällungs- und Adsorptionsregeln von FAJANS und PANETH²⁾ treten sollen, weil die letzteren, trotz ihrer zur Zeit ihrer Aufstellung zweifellosen Frucht-

barkeit, sich durch neuere Untersuchungen in mancherlei Punkten als nicht zutreffend erwiesen haben. Nach der FAJANSschen Fällungsregel fällt ein Element aus einer äußerst verdünnten Lösung mit dem Niederschlag eines anderen Elementes dann aus, wenn dieses unter Bedingungen gefällt wird, unter denen jenes ausfallen würde, wenn es in wägbaren Quantitäten zugegen wäre. Ganz analog werden nach der PANETHschen Adsorptionsregel von einem Ionen-gitter diejenigen Ionen relativ gut adsorbiert, deren Verbindung mit dem entgegengesetzt geladenen Bestandteil des Gitters in dem betreffenden Lösungsmittel schwer löslich ist. Nach diesen Regeln spielt die Schwerlöslichkeit der niederzuschlagenden Verbindung die Hauptrolle; die Fällung resp. Adsorption ist um so vollständiger, je weniger löslich die Verbindung des zu fällenden Elements mit dem entgegengesetzt geladenen Bestandteil des Niederschlags ist. Die weiter unten angeführten Beispiele von Fällungs- und Adsorptionsversuchen stehen fast alle mit diesen Regeln im Widerspruch.

Sowohl die früheren Versuche von FAJANS und PANETH als die neueren des Verfassers wurden mit radioaktiven Atomarten angestellt, weil hier der Nachweis und die quantitative Bestimmung kleinster Substanzmengen nach radiochemischen Methoden leicht durchführbar ist.

I. Der Fällungssatz.

Nach der bisherigen Fällungsregel sollten die Lösungen der radioaktiven Isotopen des Bleies

¹⁾ O. HAHN, Ber. d. dtsh. chem. Ges. 59, 2014, 1926.

²⁾ Literaturnachweise siehe in der unter ¹⁾ erwähnten Arbeit der Verf.

und Radiums, wenn die Regel konsequent durchgeführt wird, z. B. mit allen Sulfaten, Carbonaten und Jodiden unterhalb ihres Löslichkeitsproduktes vollständig ausgefällt werden, denn die entsprechenden Blei- und Radiumsalze sind sehr schwer lösliche Verbindungen. [Da beim Auskrystallisieren des leicht löslichen Ammoncarbonats aus seiner übersättigten Lösung bei Anwesenheit eines radioaktiven Bleiisotops (ThB) letzteres nicht mit ausfiel, beschränkte übrigens schon FAJANS die Gültigkeit der Fällungsregel auf solche Fälle, in denen auch der das Radioelement mitfällende Niederschlag schwer löslich ist.] Nach unserem oben definierten Fällungssatz sollte dagegen das Radioelement nur dann ausgefällt werden, wenn es Mischkrystalle mit den betreffenden krystallisierenden Niederschlägen bildet, also in das Gitter eingebaut wird. Da eine solche Mischkrystallbildung sicher nicht immer stattfindet, müssen sich viele Fälle finden lassen, wo das Radioelement nicht mit ausfällt. Fällt es dagegen mit einem gut krystallisierenden Niederschlage aus, dann ist, wie wir zu zeigen glauben, der Schluß auf Mischkrystallbildung zwischen dem Niederschlage und dem in unwägbare geringer Menge vorhandenen Radioelement zwingend, auch wenn von einer Isomorphie oder Mischkrystallbildung der betreffenden Salze unter den üblichen Mischungsverhältnissen bisher nichts bekannt ist.

Einige Beispiele werden dies wohl am besten klarmachen, sie sind teilweise der oben zitierten Arbeit der Verf. entnommen, z. T. rühren sie von neuen Versuchen her.

Gips.

1. Krystallisation von Gips bei Anwesenheit von ThX (Radium):

(Löslichkeit von RaSO_4 in Gramm pro 100 g H_2O = $2 \cdot 10^{-6}$)

Art der Fällung	gefällte Gipsmenge	gefällte ThX-Menge
Aus heißer übersättigter Lösung auskrystallisieren lassen.	67,5%	2,0%
Dasselbe aus kalter Lösung . .	40%	2,3%

2. Krystallisation von Gips bei Anwesenheit von ThB (Blei):

(Löslichkeit von PbSO_4 in Gramm pro 100 g H_2O = $4 \cdot 10^{-2}$)

Art der Fällung	gefällte Gipsmenge	gefällte ThB-Menge
Aus heißer übersättigter Lösung (verschiedene Volumina) . .	48%	1,2 %
Dasselbe	—	2,7 %
Dasselbe bei Anwesenheit von roproz. H_2SO_4 im Überschuß	50%	3,8%

Der Gips ist ein in Wasser ziemlich schwer löslicher Körper. Das Radiumsulfat (ThX-Sulfat) löst sich aber noch 100 000 mal schwerer. Trotzdem wird es mit dem Gips nicht mit ausgefällt: das Radiumsulfat, wie das auch sehr schwer lösliche Bleisulfat, sind nicht befähigt, mit dem Gips Mischkrystalle zu bilden, sie bleiben im Filtrat.

Kaliumsulfat, Aluminiumsulfat und Kalium-Aluminiumsulfat, (Alaun).

Sehr viel leichter löslich als der Gips ist das Kaliumsulfat. Man sollte also vermuten, daß auch beim Krystallisieren oder Ausfällen von Kaliumsulfat bei Anwesenheit von ThB (Blei) letzteres in Lösung bleibt. Dies ist aber durchaus nicht der Fall.

Kaliumsulfat wurde unter den verschiedensten Bedingungen aus übersättigter Lösung zum Krystallisieren gebracht. Durch langsame Abkühlung der gesättigten wässrigen Lösung wurden sehr schöne Krystalle erzielt, durch Krystallisation aus verdünntem Alkohol fast die Gesamtmenge zur Abscheidung gebracht; es wurde bei Überschuß von SO_4 -Ionen und bei Überschuß von K-Ionen gearbeitet: In allen Fällen kamen über 70% des Thorium B mit den Krystallen heraus; im Falle der sehr reichlichen Kaliumsulfatabscheidung aus verdünnter Alkohollösung sogar 88%.

Dies spricht überzeugend dafür, daß das rhombisch krystallisierende Bleisulfat in der geringen Konzentration, in der es als Thor-B vorliegt, mit dem ebenfalls rhombischen, aber mit Bleisulfat nicht isomorphen Kaliumsulfat Mischkrystalle bildet.

Beim Aluminiumsulfat liegen die Verhältnisse komplizierter. Um das Aluminiumsulfat aus einer heißen gesättigten Lösung zum Krystallisieren zu bringen, wurde die Lösung mit etwa dem gleichen Volum Alkohol versetzt und langsam abkühlen lassen. Man erhält das Sulfat — wahrscheinlich ein Dekahydrat — in sehr kleinen aber deutlichen Kryställchen. Diese Kryställchen enthalten den größten Teil der vorher zugesetzten Thor-B-Menge. Es sieht also so aus, als ob das Thor-B mit diesem Aluminiumsulfat Mischkrystalle bildet. Arbeitet man aber in stark salzsaurer Lösung, dann gelingt es, Krystalle von Aluminiumsulfat zu erhalten, die praktisch frei sind von ThB. Ob hier das Aluminiumsulfat in einer anderen Hydratform als oben ausgeschieden wurde, die nicht befähigt ist, mit dem Thor-B Mischkrystalle zu bilden, oder ob durch die Zurückdrängung der hydrolytischen Spaltung des Aluminiumsalzes durch die freie Säure sekundäre Störungen vermieden werden, die im ersteren Falle wirksam waren, können erst weitere Versuche entscheiden.

Ganz eindeutig sind dagegen die Ergebnisse mit dem regulär krystallisierenden Kalium-Aluminiumsulfat, dem Alaun. Das Thor-B wird beim Auskrystallisieren des Alauns in keinem Falle niedergeschlagen, es bleibt quantitativ in Lösung. Hier kann also von Mischkrystallen keine Rede sein.

Wir haben also das interessante Resultat, daß die einfachen Salze, Kaliumsulfat und Aluminiumsulfat, ersteres immer, letzteres meistens, das Thor-B zum großen Teil mit zum Ausfällen bringen, das Doppelsalz aus Kalium- und Aluminiumsulfat sich aber ganz anders verhält. Augenscheinlich ist es die verschiedene Gitterstruktur der einfachen Salze gegenüber dem

Alaun, die dieses unterschiedliche Verhalten gegenüber dem Bleisotop verursacht.

Natriumsulfat.

Da das ohne Krystallwasser krystallisierende rhombische Kaliumsulfat das Thor-B-Sulfat unter Mischkrystallbildung in sein Gitter einbaut, war es interessant, das mit 10 Mol. Wasser krystallisierende monokline Natriumsulfat ebenfalls zu untersuchen.

Die Resultate ergaben, daß das Natriumsulfat keinerlei Thor-B in sein Gitter aufnimmt; es verhält sich also hierin wie der Alaun. Die Herstellung der Präparate geschah durch Auskrystallisieren der mit Thor-B versetzten übersättigten Lösungen; 98–99% des Thor-B befanden sich im Filtrat; das Ergebnis war das gleiche, ob die Krystallisation bei einem Überschuß von SO_4 -Ionen oder Na-Ionen vor sich ging.

Diese wenigen charakteristischen Beispiele an einigen Sulfaten zeigen, daß für die Ausfällung eines Elementes unterhalb seines Löslichkeitsproduktes in der Tat nicht die Schwerlöslichkeit des Elementes der ausschlaggebende Teil ist, sondern dessen Fähigkeit, in dem Gitterverband des auskrystallisierenden Niederschlags aufgenommen zu werden. Diese Erkenntnis, in Verbindung mit den in der obenerwähnten Mitteilung des Verfassers gegebenen weiteren Beispielen, bei denen sehr schwer lösliche Niederschläge wie Quecksilberjodid, Kalomel u. a. die analogen schwer löslichen Verbindungen des Bleies (in Form von ThB) absolut nicht mit ausfällen, scheint uns die Richtigkeit des oben formulierten neuen Fällungssatzes zu beweisen. Wir verhehlen uns dabei nicht, daß der Satz in dieser einfachen Fassung wohl nur das Hauptprinzip bei derartigen Krystallisationen wiedergibt, und daß beim systematischen Studium vielleicht noch Einflüsse aufgefunden werden, die dazu führen können, den Satz in der einen oder anderen Richtung zu ergänzen. Sehr viel mehr Salze müssen daher noch untersucht und die Bedingungen der Krystallisation variiert werden, um ein größeres Versuchsmaterial zu beschaffen.

Ergeben sich dieselben Resultate wie bisher, so haben wir hier eine Methode zum Nachweis von Mischkrystallen bei extrem verschiedenen Konzentrationen der Komponenten. Denn daß es sich in den Fällen, wo das Radioelement mit einem krystallisierenden Niederschlag ausfällt, um Mischkrystalle handelt und nicht um zufällige lokale Einschlüsse, glauben wir bereits durch die bisherigen Versuche bewiesen zu haben.

II. Der Adsorptionssatz.

Der eingangs wiedergegebene im Anschluß an Versuche von LOTTERMOSER und von FAJANS und v. BECKERATH an Halogensilbersolen aufgestellte Adsorptionssatz bezieht sich auf solche Fälle, wo ein Element unterhalb seines Löslichkeitsproduktes mit einem Niederschlage „mitgerissen“ wird, auch

wenn es nicht durch eigentliche Mischkrystallbildung in den Gitterverband der ausfallenden Verbindung aufgenommen wird.

Wird dem Niederschlage eine der Ladung des zu adsorbierenden Elementes entgegengesetzte Oberflächenladung erteilt — durch Betätigung von Restvalenzen des Gitters gegenüber einem in Überschuß in der Lösung vorhandenen polaren Bestandteil des Gitters —, dann wird das Element adsorbiert und es bleibt adsorbiert, wenn die adsorbierte Verbindung in dem vorliegenden Lösungsmittel schwer löslich ist. In der Grenzfläche tritt also eine Überschreitung des Löslichkeitsproduktes ein, das in der Lösung selbst bei weitem nicht erreicht zu sein braucht. Diese Fälle von Oberflächenadsorption treten vor allem an feinverteilten Niederschlägen ein und sind auf einfache Weise von den Fällungen unter Mischkrystallbildung zu unterscheiden. Im ersten Falle wird je nach der Ladung, die dem ausfallenden Niederschlag erteilt wird, das Element adsorbiert oder bleibt in Lösung; bei den Mischkrystallen findet diese willkürliche Beeinflussbarkeit nicht statt.

Ein paar Beispiele, z. T. der früheren Arbeit entnommen, z. T. von neuen Versuchen herührend, sollen diese willkürliche Beeinflussbarkeit bei Adsorptionsreaktionen illustrieren.

Schnelle Fällung von Gips.

Der langsam auskrystallisierende Gips fällt kein Radium oder Thor-B, weil Radiumsulfat und Bleisulfat nicht in das Gitter des Gipses eingebaut werden (s. oben).

Der schnell in oberflächenreicher Form ausfallende Gips adsorbiert Radiumsulfat und Bleisulfat, wenn der Niederschlag durch überschüssige SO_4 -Ionen negativ aufgeladen wird; er adsorbiert die betreffenden Elemente nicht, wenn seine Ladung durch überschüssige Ca-Ionen positiv ist.

a) Schnelle Fällung von Gips bei Anwesenheit von ThB (Blei) durch Alkohol:

1. Überschuß von:	gefällte Gipsmenge	adsorbierte ThB-Menge
5% H_2SO_4	91,4	88,0%
10% H_2SO_4	93%	85,6%
10% H_2SO_4	95,8%	92,2%
1000% H_2SO_4	100%	98,4%
2. Überschuß von:		
10% CaCl_2	85,4%	5,2%
20% CaCl_2	98,3%	3,6%
100% CaCl_2	97,9%	2,6%
100% CaCl_2	99,7%	2,8%
700% CaCl_2	100%	1,7%

b) Schnelle Fällung von Gips bei Anwesenheit von ThX (Ra) durch Alkohol:

Die Versuche geschahen wie unter a).

Überschuß von:	gefällte Gipsmenge	adsorbierte ThX-Menge
10% H_2SO_4	70%	30,1%
260% H_2SO_4	95%	92%
10% CaCl_2	70%	5,2%

Schnelle Fällung von Natriumsulfat.

Ähnlich wie der Gips verhält sich das Natriumsulfat. Beim langsamen Krystallisieren fällt, wie wir gesehen haben, kein Thor-B (Blei) mit; wird dagegen die Ausfällung schnell bei einem Überschuß von SO_4 -Ionen vorgenommen, dann wird ein beträchtlicher Teil des positiv geladenen ThB an dem negativ geladenen Natriumsulfat adsorbiert. Die Versuche wurden so angestellt, daß die übersättigte Natriumsulfatlösung bei Anwesenheit von ThB und H_2SO_4 in ca. 50proz. Alkohol eingegossen wurden.

Bei einem Überschuß von 35% H_2SO_4 wurden 29% ThB adsorbiert; bei einem Überschuß von 65% H_2SO_4 wurden 41% ThB adsorbiert.

Daß die Adsorption nicht so vollständig ist wie bei den entsprechenden Versuchen mit Gips und Thor-B, rührt vermutlich daher, daß die Ausscheidung des Natriumsulfats nicht so schnell und damit nicht so in oberflächenreicher Form gelingt wie beim Gips. Verwendet man nämlich allzu konzentrierte Natriumsulfatlösungen oder gießt in höherprozentigem Alkohol ein, dann fällt das Sulfat leicht in öligor Form aus, das erst nach einiger Zeit krystallinisch erstarrt. Ein solcher Versuch ist dann natürlich nicht einwandfrei.

Fällung von Silberjodid.**a) bei Überschuß von Ag-Ionen.**

Überschuß von:	adsorbierte ThB-Menge
10% AgNO_3	4,5%
50% AgNO_3	3,6%
100% AgNO_3	2,0%

b) bei Überschuß von J-Ionen.

Überschuß von:	adsorbierte ThB-Menge
10% KJ	46,1%
10% KJ	50,6%
100% KJ	51,5%
700% KJ	19,6%
2400% KJ	1,1%

Bei einem Überschuß von positiven Ag-Ionen wird praktisch kein Blei adsorbiert. Bei einem Überschuß von Jodionen tritt bei mäßigem Überschuß des negativen Ions eine beträchtliche Adsorption ein, die bei steigendem Überschuß von Jodionen wieder zurückgeht. Die Ursache für dieses schon in unserer ersten Mitteilung diskutierte Verhalten ist vermutlich in einem Ladungswechsel entweder des Niederschlags oder wahrscheinlicher des Bleiions (Komplexbildung) in der Lösung zu suchen.

Fällung von Kalomel (Hg_2Cl_2).

Ganz kurz sei noch auf das Verhalten des Kalomels eingegangen. Obgleich das Kalomel ein äußerst schwer löslicher Niederschlag ist, der sich in sehr oberflächenreicher Form abscheidet, gelang es uns in keinem Fall, ThB mit dem Kalomel niederzureißen. Die Fällungen wurden aus Mercuronitrat und Salzsäure und Mercuronitrat und Natriumchlorid unter den verschiedensten Bedingungen ausgeführt. Selbst bei einem Überschuß von 50% Cl-Ionen, wo man also eine beträchtliche negative Aufladung des Niederschlags während seiner Entstehung erwarten sollte, fanden sich 99,6% des ThB in dem Filtrat. Das Kalomel scheint mit keinerlei Mittel zu einer Adsorption des Bleies zu bringen zu sein. Vielleicht hängt dies mit der Gitterstruktur des Kalomels zusammen. Es bildet nach neueren Versuchen von MARK und STEINBACH¹⁾ ein typisch homöopolares Gitter. Augenscheinlich sind hier keine Restvalenzen vorhanden, die befähigt wären, das Gitter, wie in den obengenannten Fällen, je nach den zur Verfügung stehenden überschüssigen positiven oder negativen Bestandteilen durch deren Anlagerung positiv oder negativ aufzuladen. Ob dieser Erscheinung eine allgemeinere Bedeutung, etwa zur Unterscheidung gewisser typisch homöopolarer Gitter von heteropolaren Gittern, beizumessen ist, müssen erst weitere Versuche entscheiden.

(Die große Adsorptionsfähigkeit der Kohle braucht in dieser Beziehung nicht als Grund gegen diese Auffassung angesehen zu werden. Die Adsorptionskräfte der Kohle sind nicht polarer, elektrostatischer Natur, wie ja die starke Adsorption von Gasen, selbst Edelgasen, an Kohle beweist.)

Häufiger als das *Ausbleiben* einer erwarteten Adsorption, wie bei dem Kalomel, wird das *Eintreten* einer Adsorption an sehr oberflächenreichen, fast amorphen Niederschlägen beobachtet, bei denen eine Adsorption nach unserem Adsorptionssatz eigentlich nicht erwartet werden sollte. Die Gründe hierfür wurden schon in der 1. Mitteilung²⁾ über diesen Gegenstand diskutiert. Sie sind im wesentlichen in der „quasi kolloiden“ Natur der zur Untersuchung verwandten Radioelemente begründet und sprechen nicht gegen die prinzipielle Richtigkeit des Adsorptionssatzes auch in Fällen extrem großer Oberflächen.

¹⁾ H. MARK und J. STEINBACH, Zeitschr. f. Kristallograph. 64, 178. 1926.

²⁾ O. HAHN, l. c.

Experimentelle Bestimmung der Reichweite homogener β -Strahlen.

Von LISE MEITNER, Berlin-Dahlem.

Nach gemeinsamen Versuchen mit W. SANTHOLZER.

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Chemie.)

Wenn ein schnellbewegtes elektrisch geladenes Teilchen, wie es ein α - oder ein β -Strahl darstellt, durch Materie hindurchfliegt, so übt es auf seinem Wege bekanntlich auf die von ihm getroffenen

Moleküle ionisierende Wirkungen aus, die eine Verausgabung seiner kinetischen Energie bedingen. Das Teilchen wird daher längs einer ganz bestimmten Strecke seine Energie und damit seine

Geschwindigkeit aufbrauchen, welche Strecke man als Reichweite bezeichnet. Es ist klar, daß die Reichweite von der Anfangsenergie des Teilchens und der Natur der durchlaufenen Substanz abhängen muß. Bei den α -Strahlen ist die theoretische Begründung und der experimentelle Nachweis der Existenz einer solchen Reichweite schon im Jahre 1904 von W. H. BRAGG¹⁾ gegeben worden. Er konnte zeigen, daß α -Strahlen einheitlicher Geschwindigkeit im selben Medium alle die gleiche Strecke zu durchlaufen vermögen, die z. B. für die α -Strahlen des Radiums in Luft (von normalem Druck und 15°C) 3,39 cm beträgt. Die größte gemessene Reichweite von α -Strahlen beträgt — wenn man die so genannten „weitreichenden“ α -Strahlen mit einbezieht — 11,3 cm in Luft.

Während so bei den α -Strahlen sehr früh erkannt worden war, daß mit dem Ionisierungsprozeß notwendig das Auftreten einer definierten Wirkungsstrecke — Reichweite — verknüpft sein muß, war bei den β -Strahlen der Absorptionsvorgang beim Durchdringen von Materie lange umstritten. Der Grund hierfür ist wohl darin zu suchen, daß bei den α -Strahlen die Verhältnisse besonders übersichtlich liegen. Die α -Strahlen, die von einer bestimmten radioaktiven Substanz ausgesandt werden, besitzen alle die gleiche Geschwindigkeit, also auch die gleiche Anfangsenergie. Wegen ihrer großen Masse werden sie beim Zusammentreffen mit Atomen oder Molekülen nicht aus ihrer Bahn abgelenkt, sie fliegen daher geradlinig durch die Substanzen hindurch, und ihre Reichweite ist einfach durch die geradlinige Entfernung von ihrem Ausgangspunkt bis zum Ende ihrer Wirkungsfähigkeit gegeben. Außerdem sind die Geschwindigkeiten aller bekannten α -Strahlengruppen von der gleichen Größenordnung, sie liegen alle zwischen $1,5 \cdot 10^8$ und $2,2 \cdot 10^9$ cm/sec. Ganz anders ist es bei den Elektronenstrahlen. Wir können Elektronenstrahlen nachweisen von weniger als 100 Volt Energie bis zu den schnellsten β -Strahlen mit mehr als 2 Millionen Volt Energie²⁾. Das bedeutet einen Geschwindigkeitsbereich im Verhältnis von etwa 1:100. Wegen ihrer kleinen Masse werden nun die Elektronen beim Zusammenstoß mit den Atomen und Molekülen sehr erhebliche Richtungsänderungen erfahren, sie werden im allgemeinen keineswegs geradlinig durch eine Substanz hindurchlaufen, und dieser Effekt der „Zerstreuung“ überwiegt um so mehr, je kleiner die Geschwindigkeit der Elektronen ist. Aber selbst bei Elektronenstrahlen von etwa 50 000 Volt ist die Zerstreuung durch die durchlaufene Materie noch groß, und da die Zerstreuung in Abhängigkeit von der Dicke der durchlaufenen Schicht durch ein Exponentialgesetz wiedergegeben wird, so ist vielfach noch bis

in die Gegenwart geschlossen worden, daß die Absorption der β -Strahlen entgegen dem Verhalten der α -Strahlen einem Exponentialgesetz genüge und die β -Strahlen also keine definierte Reichweite besitzen können.

Demgegenüber hat H. W. BRAGG³⁾ schon sehr früh betont, daß die Absorptionsvorgänge der α - und β -Strahlen ganz parallel verlaufen, wenn man von dem praktisch sehr seltenen Fall absieht, daß ein β -Strahl bei der Erzeugung eines Röntgenstrahls plötzlich seine ganze Energie verliert. Man hat also auch bei den β -Strahlen — neben der Streuung, die je nach der Strahlengeschwindigkeit eine vielfach gekrümmte Bahn des Teilchens bedingt⁴⁾ — den Energieverlust des β -Teilchens infolge der Ionisation längs seiner Bahn, d. h. das β -Teilchen besitzt eine definierte Reichweite; nur ist diese jetzt nicht durch den geradlinigen Abstand zwischen Ausgangspunkt des Elektrons und Ende seiner Wirkungsfähigkeit gegeben, sondern man muß die wirklich durchlaufene Bahn ausmessen, um die Reichweite zu erhalten. Ein indirektes Verfahren, die relativen Reichweiten der β -Strahlen in verschiedenen Substanzen zu bestimmen, hat BRAGG³⁾ schon im Jahre 1910 angegeben. N. BOHR⁵⁾ hat dann später die Theorie der Bremsung der (α - und) β -Strahlen beim Durchgang durch Materie entwickelt und sie an Absorptionsmessungen nach der Ionisationsmethode geprüft, wobei die von ihm berechneten relativen Reichweiten der β -Strahlen sich in befriedigender Übereinstimmung mit den Messungen erwiesen.

Die beste Stütze aber erhielt die Annahme der definierten Reichweiten bei β -Strahlen durch die von C. T. R. WILSON entwickelte Nebelmethode, die es gestattet, die Bahn eines einzigen β -Strahles nachzuweisen. Das Prinzip der Methode beruht ja bekanntlich darauf, daß, wenn man einen staubfreien Gasraum, der mit Wasserdampf gesättigt ist, plötzlich expandiert, Kondensation der Wassertropfen nur an Ionen eintritt. Läßt man also einen β -Strahl vor der Expansion eintreten, so wird Nebelbildung nur an den von dem β -Strahl gebildeten Ionen stattfinden, d. h. also längs der Bahn des β -Strahls. Man erhält auf diese Weise die wirkliche Bahn des β -Strahls und kann somit auch seine absolute Reichweite in dem betreffenden Gas bestimmen.

Wie schon eingangs gesagt, wird die Reichweite in einer und derselben Substanz (bei gleichem Druck und gleicher Temperatur) nur von der Anfangsgeschwindigkeit des β -Strahls abhängen. Da die BOHRsche Theorie, indem sie bestimmte Voraussetzungen macht über die Vorgänge beim Zusammenstoß zwischen einem schnellbewegten Elektron und einem Atom, den Zusammenhang

¹⁾ H. W. BRAGG l. c.

²⁾ H. W. BRAGG, Philosoph. mag. (6) 20, 385. 1910.

³⁾ N. BOHR, Philosoph. mag. (6) 25, 10. 1913 und 30, 581, 1915.

⁴⁾ Vgl. B. F. I. SCHONLAND, Proc. Roy. Soc. 108, 187, 1925.

¹⁾ W. H. BRAGG, Philosoph. mag. (6) 8, 719, 1904.

²⁾ Die Bezeichnung „ein Elektron besitzt 100 Volt Energie“, besagt, daß man es ein Potentialgefälle von 100 Volt durchlaufen lassen müßte, damit es die Energie erhält, die es tatsächlich hat.

zwischen Reichweite und Geschwindigkeit berechnen läßt, so kann man die Theorie durch Messung der Reichweiten, die zu einer bestimmten β -Strahlengeschwindigkeit gehören, prüfen. Messungen dieser Art sind für schnellere Elektronenstrahlen bisher nur in einer Arbeit von C. T. R. WILSON¹⁾ ausgeführt worden, wobei aber die Geschwindigkeit der untersuchten β -Strahlen nicht genau bekannt war. C. T. R. WILSON verwendete nämlich die von Röntgenstrahlen in Luft erzeugten sekundären β -Strahlen und erschloß ihre Energie aus der Energie der Röntgenstrahlen bzw. aus der durch eine Funkenstrecke bestimmten effektiven Spannung der Röntgenröhre.

Es schien daher von Interesse, Reichweitemessungen an β -Strahlen auszuführen, deren Geschwindigkeit genauer bekannt ist. Als geeignete Strahlenquelle bietet sich dafür das Bleisotop Radium D, das ein Zerfallsprodukt der Radiumreihe ist und β -Strahlen aussendet, deren Geschwindigkeiten durch magnetische Ablenkungsmessungen bestimmt worden sind. Der umfaßte Geschwindigkeitsbereich ist relativ klein, es sind im wesentlichen 2 starke β -Strahlgruppen von rund 34 und 39% Lichtgeschwindigkeit, entsprechend einer Energie von 31 200 bzw. 43 100 Volt vorhanden.

Da man von vornherein abschätzen kann, daß β -Strahlen von solcher Geschwindigkeit, in Luft von normalem Druck nur geringe Reichweiten besitzen können, wurden die Wilsonaufnahmen bei Unterdruck ausgeführt. Die Reichweite ist, wie leicht einzusehen, umgekehrt proportional dem Druck, und durch Verwendung kleiner Drucke kann man die Reichweite und damit die Genauigkeit der Ausmessung entsprechend vergrößern.

Auf die Einzelheiten der Versuchsanordnung soll hier nicht näher eingegangen werden, nur ein paar prinzipielle Punkte seien hervorgehoben. Das die β -Strahlen aussendende Radium D-Präparat mußte sich in der Nebelkammer selbst befinden und die Apparatur so angeordnet sein, daß jeder gewünschte Druck in der Nebelkammer eingestellt werden konnte. Das Radium-D-Präparat wurde durch kurze Exposition eines kleinen Platinöpfchens (etwa 1 mm im Durchmesser) in Radiumemanation gewonnen, so daß es praktisch ganz frei von seinen Zerfallsprodukten Radium E und Polonium war und nur die ihm selbst zugehörigen oben angeführten 2 β -Strahlengruppen emittierte. Die Stärke des Präparates wurde so gewählt, daß auf jeder photographischen Aufnahme nur sehr wenig β -Strahlbahnen auftraten, damit ihr Verlauf mit Sicherheit verfolgt werden konnte. Da die Bahnen der β -Strahlen, wie schon erwähnt, keineswegs geradlinig sind, wird man natürlich nur diejenigen Bahnen in ihrer richtigen Länge erhalten, die in der Nebelkammer in einer zur photographischen Platte parallelen Ebene verlaufen; alle andern Bahnen erscheinen auf der photographischen

Platte verkürzt. Es wurden daher stereoskopische Aufnahmen ausgeführt und zur Ausmessung der Reichweite nur diejenigen Bahnen herangezogen, die im Stereoskop betrachtet, einen angenähert ebenen Verlauf aufweisen. Da die Tiefenschärfe der verwendeten Objektive genau bekannt ist, so läßt sich auch mit ihrer Hilfe die durch den räumlichen Verlauf der β -Strahlen bedingte maximale Bahnverkürzung abschätzen. Durch den Ausschluß aller stärker räumlich gekrümmten Bahnen konnten, trotzdem etwa 400 Aufnahmen gemacht wurden, nur 83 Bahnen verwendet werden. Bei den meisten Messungen betrug der angewendete Enddruck 20 cm bzw. 10 cm, es wurden aber auch Aufnahmen bei dazwischen liegenden Drucken ausgeführt. Ein Beispiel einiger bei 20 cm Enddruck erhaltener β -Strahlenbahnen zeigt die Figur 1 in etwa 1,6facher Vergrößerung.

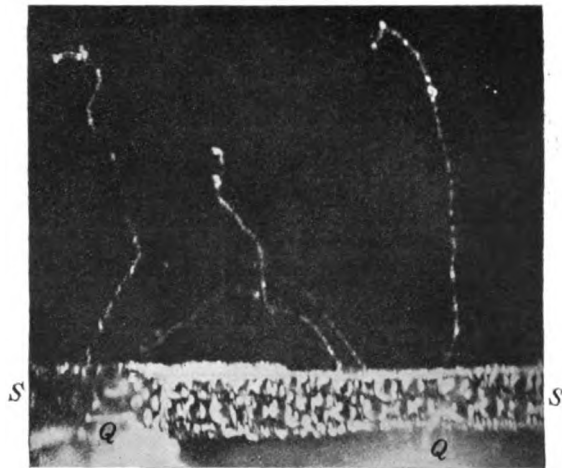


Fig. 1. Bahnen der β -Strahlen von RaD in Luft von 20 cm Druck.

Q bezeichnet die punktförmigen Strahlenquellen, SS den sich nach abwärts bewegendem Metallschirm (auf dem sich Wassertröpfchen niedergeschlagen hatten), über den hinweg die Strahlen in die Nebelkammer eintreten.

Die Ausmessung der Bahnlängen erfolgte in der Weise, daß die Aufnahmen in 4facher Vergrößerung projiziert und die Bahnen längs aller Krümmungen und unter Einschluß evtl. Abzweigungen mit einem Meßzirkel abgetastet wurden. Da ohne Spalt gearbeitet werden mußte und der Schirm die β -Strahlen im letzten Fünftel seiner Abwärtsbewegung bereits in die Kammer eintreten ließ, so schwankte der Druck, bei dem die Strahlen sich ausbilden konnten, um maximal 6%. Dies bedingt eine erhebliche Streuung und vor allem Verkürzung der mittleren Reichweite, die aber neben der räumlichen Verkürzung nicht in Betracht kommt und mit dieser zusammen korrigiert wurde.

¹⁾ C. T. R. WILSON, Proc. of the roy. soc. of London, Ser. B. 107, 1 u. 192, 1923.

Die Fig. 2 zeigt die Verteilungskurve der ausgemessenen Bahnlängen, also Reichweiten. Als Abscissen sind die Mittelwerte der Bahnlängen aufgetragen, bezogen auf 760 mm Druck und Zimmertemperatur, wobei Bahnlängen, die sich um $\frac{1}{2}$ mm oder weniger unterschieden, zur selben Gruppe zusammengefaßt wurden. Die Ordinaten geben die zugehörige Anzahl der Bahnen.

Die erhaltene Kurve zeigt, daß im wesentlichen 2 (mittlere) Reichweiten vorhanden sind, die den schon genannten 2 intensivsten Geschwindigkeitsgruppen der β -Strahlen von RaD angehören. Aus der Figur würden sich diese beiden Reichweiten zu rund 0,9 und 1,2 cm (bei normalem Druck und Zimmertemperatur) ergeben. Vorsichtsweise sei erwähnt, daß die Verteilungskurve zwar die wahrscheinlichsten 2 mittleren Reichweiten wiedergibt, aber keinerlei Schluß auf die relative Intensität der zugehörigen 2 β -Strahlgruppen zuläßt.

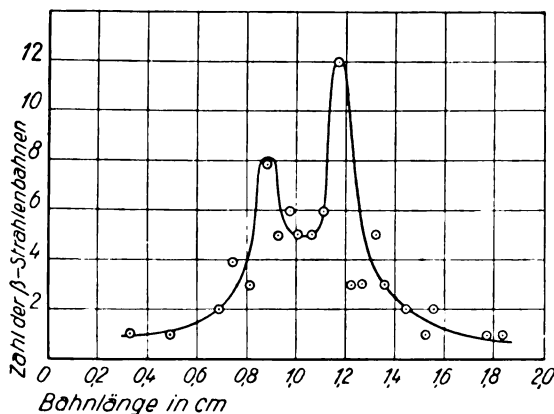


Fig. 2.

Nun kann man zeigen, daß die so gemessenen *mittleren* Reichweiten infolge des nicht ganz ebenen Verlaufs eine Verkürzung erlitten haben können, die sicher nicht 40% erreichen kann. Bringt man daher unter Mitberücksichtigung der oben erwähnten Druckschwankung eine Korrektur von 40% an, so sind die erhaltenen Werte wahrscheinlich Maximalwerte, die sich zu rund 1,2 cm bzw. 1,7 cm ergeben. Die Energien der zugehörigen β -Strahlgruppen betragen 31 200 und 43 100 Volt. Also haben hiernach β -Strahlen von 31 200 bis 43 100 Volt *mittlere* Reichweiten von 1,2 bis 1,7 cm. Bei der geringen Zahl von ausgemessenen Bahnen können diese Werte natürlich keinen Anspruch auf große Genauigkeit erheben, aber sie sind wohl genauer als die meisten bisher vorliegenden Messungen von Reichweiten an β -Strahlen in Abhängigkeit von ihrer Geschwindigkeit.

Die hier erhaltenen Reichweiten sind erheblich kleiner als man sie nach C. T. R. WILSON erwarten müßte. Nach WILSON soll ein β -Strahl von 21 000 Volt Energie eine Reichweite von 1 cm besitzen

und die Energie E (in Volt) soll mit der Reichweite R durch die Formel verknüpft sein

$$\sqrt{R} = \frac{E}{21\,000}.$$

Die beiden β -Strahlen von RaD müßten daher Reichweiten von $\left(\frac{31\,200}{21\,000}\right)^2$ cm bzw. $\left(\frac{43\,100}{21\,000}\right)^2$ cm, also 2,2 und 4,2 cm besitzen. Die hier gefundenen Werte sind mit diesen nach Wilson berechneten nicht verträglich, auch wenn man die WILSONschen Zahlen auf die *maximale* und nicht auf die *mittlere* Reichweite bezieht. Die größte beobachtete Reichweite betrug 1,83 cm, um 40% korrigiert also 2,6 cm.

Engverknüpft mit der Frage der Reichweite ist auch die Zahl der pro Wegeinheit erzeugten Ionen in Abhängigkeit von der Strahlgeschwindigkeit. Bei der Behandlung dieser Frage muß man berücksichtigen, daß man zwischen primärer und sekundärer Ionisation unterscheiden muß. Die primären Ionen stellen diejenigen ionisierten Moleküle dar, aus denen der β -Strahl beim Auftreffen ein Elektron herausgeworfen hat. Nun kann dieses Elektron selbst aber beim Ablösen so viel kinetische Energie mitbekommen (also einen sekundären β -Strahl darstellen), daß es seinerseits wieder Gasmoleküle zu ionisieren vermag, welcher Vorgang als sekundäre Ionisation bezeichnet wird. Im allgemeinen ist die Reichweite dieser sekundären β -Strahlen so klein, daß sie sich in den Nebelbahnen nur als Verdickungen der Nebeltröpfchen geltend machen, wie man sie in der Fig. 1 mehrfach beobachten kann; manchmal aber bilden sie auch deutliche Zweigbahnen. Immer aber ist bei schnellen Elektronenstrahlen der Betrag der sekundär erzeugten Ionen ein Vielfaches derjenigen Anzahl, die durch den primären Zusammenstoß entsteht. Diese letztere kann man erhalten, wenn man bei so niedrigen Drucken bzw. so starken Vergrößerungen arbeitet, daß die Nebelbahnen in ihre einzelnen Nebeltröpfchen aufgelöst werden können. Bei einigen der bei 10 cm Druck ausgeführten Aufnahmen war eine solche Bestimmung der Ionenzahl durchführbar, indem man unter einer 6- bis 8fach vergrößernden Lupe die schärfsten Bahnbereiche ausählte. Bei noch stärkerer Vergrößerung machte sich schon das Korn der photographischen Platte störend bemerkbar, so daß eine Feststellung der sekundären Nebelbahnen und etwaige Bestimmung der sekundären Ionisation nicht möglich ist. Es wurden immer 1–2 mm der Bahn ausgezählt, und zwar in verschiedenen Entfernungen vom Ende der Reichweite. Da aber nur 7 Bahnen im ganzen ausgezählt wurden, läßt sich aus den Zahlen nicht auf eine Abhängigkeit der Ionenzahl von der jeweilig an der betreffenden Bahnstelle noch vorhandenen Strahlgeschwindigkeit schließen. Alle ausgezählten Bahnen hatten (nicht korrigierte) Längen zwischen 1,07 und 1,32 cm, gehören also wahrscheinlich durchwegs den schnelleren β -Strahlen von 43 100 Volt an. Die pro Zentimeter erzeugte Ionenzahl ergibt sich im Mittel zu rund

130—140. Diese Zahl stellt die pro Wegeinheit erzeugte Anzahl von *Primärionen* dar. Berücksichtigt man, daß die Sekundärionisation etwa das 3- bis 4fache der primären ausmacht, so würde sich als Gesamtanzahl der Ionen, die von einem β -Strahl von 43 100 Volt längs seiner ganzen Reichweite in Luft erzeugt werden, der Wert 900—1000 ergeben, d. h. die pro Ion aufgewendete Energie würde etwa 45 Volt betragen, was größenordnungsmäßig mit den aus α -Strahlen- und Röntgenstrahlenmessungen erhaltenen Werten stimmt. Da die Ionisierungsspannung des Stickstoffmoleküls rund 17 Volt beträgt, so muß man hieraus schließen,

daß ein erheblicher Teil der Energie, die ein schnellbewegtes Elektron beim Zusammenstoß mit Molekülen abgibt, auf andere Arbeitsleistung als Ionisierungsarbeit z. B. auf Anregung der Moleküle und kinetische Energie der herausgeworfenen Elektronen verwendet wird, wobei aber diese kinetische Energie kleiner sein muß als die Ionisierungsspannung des durchlaufenen Gases.

Indes sind noch eingehende Versuche nötig, um wirklich quantitative Resultate zu erhalten, und solche Versuche sind — besonders auch für verschiedene Geschwindigkeitsgebiete der β -Strahlen — im Gang.

Zur Existenz der weitreichenden α -Strahlen des Radium C.

Von K. PHILIPP, Berlin-Dahlem.

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Chemie.)

Es ist bekannt, daß jede α -strahlende Substanz α -Strahlen einheitlicher Geschwindigkeit, also einheitlicher Reichweite aussendet, die charakteristisch für die betreffende Substanz ist. Bei manchen radioaktiven Elementen, vor allem bei den Wismutisotopen Radium C und Thorium C sind indes neben den normalen α -Strahlen ganz vereinzelt α -Strahlen größerer Reichweite beobachtet worden. Obwohl über den Ursprung dieser „weitreichenden“ α -Strahlen vorläufig gar nichts Bestimmtes ausgesagt werden kann, ist es natürlich von Wichtigkeit, ihre Existenz mit Sicherheit festzustellen. Beim ThC sind die Verhältnisse ziemlich geklärt, beim RaC liegen dagegen widersprechende Resultate vor.

RUTHERFORD und CHADWICK¹⁾ haben bei ihrer Nachprüfung der Ergebnisse von BATES und ROGERS²⁾ durch Szintillationsbeobachtungen beim RaC von den von BATES und ROGERS gefundenen Gruppen weitreichender α -Strahlen zwei, und zwar von 9,3 bzw. 11,2 cm Reichweite bestätigt. Sie fanden pro 10^6 α -Teilchen von 7 cm Reichweite ca. 30 Teilchen von 9,3 cm und ca. 5 Teilchen von 11,2 cm Reichweite. Sie erbrachten auch den Nachweis, daß diese beiden Gruppen von Strahlen unabhängig sind vom durchlaufenen Gas, von der Art der Herstellung der Strahlenquelle und davon, ob Folien benutzt wurden oder nicht. Für die Gruppe der 9,3-Strahlen wurde durch magnetische Ablenkungsversuche gezeigt, daß es sich tatsächlich um α -Teilchen handelte. Auf die 11,2-Teilchen konnten diese Versuche nicht ausgedehnt werden, da ihre Zahl zu gering war. RUTHERFORD und CHADWICK glauben, daß es sich bei beiden Gruppen um α -Strahlen handelt, die vielleicht auf zwei noch unbekannte Zerfallsarten zurückzuführen sind.

N. YAMADA³⁾ hat nochmals nach der Szintil-

lationsmethode die α -Strahlen des RaC untersucht. Eine große Schwierigkeit liegt darin, daß die fraglichen Strahlen an Zahl sehr gering sind, so daß die von den normalen α -Strahlen in der benutzten Apparatur erzeugten H-Strahlen außerordentlich stören können. YAMADA hat deshalb zunächst versucht, die Entstehung der H-Strahlen möglichst herabzusetzen. Er fand dann pro 10^6 normaler α -Teilchen etwa 20 Strahlen von 9,3 cm Reichweite. Über 9,3 cm hinaus traten bei ihm nur wenige schwache Szintillationen auf, die er auf H-Strahlen zurückführte. Bei dem offenbaren Widerspruch der Ergebnisse von RUTHERFORD und CHADWICK einerseits und YAMADA andererseits erscheint die weitere Prüfung dieser Frage erwünscht. Nun haben kürzlich L. MEITNER und K. FREITAG⁴⁾ bei der Untersuchung der α -Strahlen des ThC + C' mit großem Nutzen die WILSONsche Nebelmethode verwandt. So sei hier darauf hingewiesen, daß die α -Strahlen von 9,5 cm Reichweite beim ThC, die bei den früheren Untersuchungen nach der Szintillationsmethode den Beobachtern stets entgangen waren, erst bei der photographischen Aufnahme der α -Strahlenbahnen gefunden worden sind. Die Wilsonmethode hat den Vorzug, daß sie erstens die Richtung der Strahlen erkennen läßt und zweitens eine deutliche Unterscheidung zwischen H- und α -Strahlen ermöglicht⁵⁾. Auf Veranlassung von Fräulein Professor L. MEITNER wurden daher auch die α -Strahlen des RaC nach dieser Methode unter Benutzung der von MEITNER und FREITAG verwandten Apparatur untersucht. Zur Erhöhung der Ausbeute wurde der das α -Strahlenbündel begrenzende Spalt von 1 mm auf 2 mm verbreitert. Als Strahlenquelle diente ein mit RaB + C aktivierter Platinpilz (rund 1 mm Durchmesser), dessen γ -Aktivität etwa 1 mg Radiumelement entsprach. Es wurden 400 Aufnahmen gemacht⁶⁾.

¹⁾ RUTHERFORD und CHADWICK, *Philosoph. mag.* 48, 509. 1924.

²⁾ BATES und ROGERS, *Proc. of the roy. soc. of London, Ser. A.* 105, 97. 1924.

³⁾ N. YAMADA, *Journ. de physique et le radium* 6, 380. 1925.

⁴⁾ L. MEITNER und K. FREITAG, *Zeitschr. f. Phys.* 37, 481. 1926.

⁵⁾ L. MEITNER und K. FREITAG, l. c.

⁶⁾ Bei der raschen Verarbeitung der großen Zahl von Platten (Agfa-Röntgen) hat sich der Agfa-Röntgen-Rapidentwickler sehr bewährt.

Die dabei in der Kammer zur Wirksamkeit kommende Anzahl von α -Strahlen betrug $1,86 \cdot 10^6$. Die stereoskopischen Aufnahmen zeigten einwandfrei das Vorhandensein einer Gruppe von α -Strahlen mit etwa 9,3 cm Reichweite. Außerdem wurden 4 α -Strahlen größerer Reichweite, jedoch nicht über 12 cm, beobachtet. Die Fig. 1 zeigt einen 9,3-Strahl, Fig. 2 einen der Strahlen noch größerer Reichweite (bis zur Glaswand 10,2 cm). Pro 10^6 normaler α -Teilchen wurden 12 α -Teilchen mit 9,3 cm und 2 α -Teilchen größerer Reichweite und außerdem 6 H-Strahlen gefunden. Das Verhältnis der weitreichenden Teilchen zu den Strahlen normaler Reichweite wurde ebenso wie bei MEITNER

erklärt aber doch nicht die vorhandene Differenz. Vielleicht ist der Unterschied auf die verschiedene Art der Bestimmung des Verhältnisses zurückzuführen. Der von YAMADA gefundene Wert für die Zahl der 9,3-Strahlen stimmt besser mit dem hier nach der Wilsonmethode erhaltenen überein. Wegen des raschen Abfalls des $RaB + C$ mußten die Aufnahmen sehr schnell hintereinander gemacht werden. Dies hatte zur Folge, daß die von MEITNER und FREITAG beobachtete Wirkung einer auf das Präparat sich mit der Zeit niederschlagenden Wasserhaut weitgehend vermieden wurde. Dazu kommt, daß das Präparat vor dem Einsetzen in die Wilsonkammer zur Vertrei-

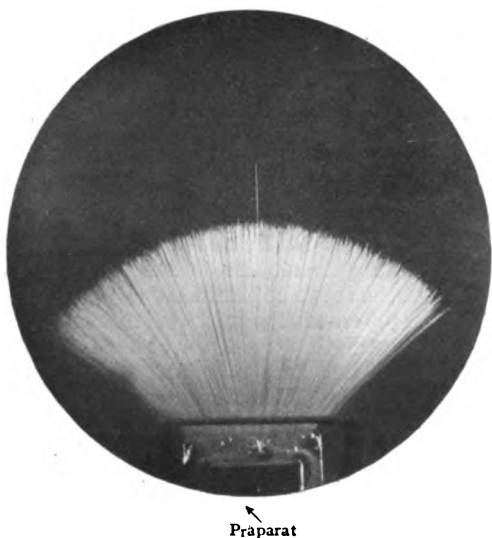


Fig. 1. Weitreichender α -Strahl des RaC.



Fig. 2. α -Strahl extrem hoher Reichweite vom RaC.

und FREITAG aus Eichaufnahmen berechnet, die angefertigt wurden, nachdem die Aktivität des Präparates so weit abgefallen war, daß die Zahl der Bahnen der α -Strahlen von 7 cm Reichweite sicher ausgezählt werden konnten. Die geringe Zahl der photographierten α -Teilchen extremer Reichweite gestattet selbstverständlich noch nicht die Aufnahme einer Reichweitekurve. Zu diesem Zweck sollen die Versuche noch fortgesetzt werden. Die bisherigen Versuche entsprechen durchaus den Befunden von RUTHERFORD und CHADWICK. Das von ihnen angegebene Verhältnis der 9,3-Teilchen zu den 11,2-Teilchen stimmt gut mit dem hier gefundenen Resultat überein. Die auf die Anzahl der normalen α -Teilchen bezogenen Zahlen der Teilchen extremer Reichweiten sind dagegen ziemlich verschieden. Bei der geringen Zahl der photographierten weitreichenden Teilchen spielt zwar die radioaktive Schwankung noch eine große Rolle,

bung der Radiumemanation stets in Alkohol gewaschen und ziemlich stark erhitzt wurde, wobei gleichzeitig eine auf dem Platinpilz bereits vorhandene Wasserhaut entfernt wurde. So erklärt sich die geringe Zahl der gefundenen H-Teilchen.

Die Wilsonmethode bietet den großen Vorteil, daß sie die weitreichenden α -Strahlen objektiv sichtbar macht und so einen wirklichen, einwandfreien Existenznachweis ermöglicht. Diesen Existenznachweis zu erbringen, war der Zweck der vorliegenden Untersuchung. Zur genaueren Bestimmung der Zahl der weitreichenden Teilchen sollen wie beim Thorium¹⁾ die Wilsonaufnahmen durch Szintillationsbeobachtungen ergänzt werden, da die Szintillationsmethode die Beobachtung einer größeren Zahl weitreichender Teilchen gestattet.

¹⁾ K. PHILIPP, Zeitschr. f. Phys. 37, 518. 1926.

Emission von Atomen aus festen Körpern bei chemischem Angriff auf ihre Oberfläche.

Von ST. V. BOGDANDY und M. POLANYI, Berlin-Dahlem.

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie.)

Die Untersuchung des Mechanismus chemischer Reaktionen an der Oberfläche fester Körper scheitert meist daran, daß der entstehende Stoff eine Schutzschicht bildet und jede weitere Reaktion verhindert, bevor noch eine meßbare Umsetzung vor sich gegangen ist. Eine Abhilfe bietet hiergegen die folgende Anordnung, mit Hilfe deren die dem chemischen Angriff ausgesetzte Oberfläche alle $\frac{1}{100}$ Sek. erneuert wird:

Der feste Körper wird hier aus der Dampfphase, also durch Destillation, auf die Oberfläche einer schnell rotierenden Trommel niedergeschlagen und seine Oberfläche durch Fortsetzung der Destillation auch während der Reaktion fortwährend erneuert. Schematisch sieht man das in der Fig. 1,



in der Pfeil A den Dampfstrahl darstellt, der sich als feste Schicht auf die Trommel niederschlägt. Pfeil B deutet an, daß in das Gehäuse, in dem die Trommel läuft, auch noch jener zweite Stoff dauernd eingelassen wird, dessen Angriff auf die feste Schicht untersucht werden soll.

Bei den Versuchen, über die wir hier berichten, wurde das Stoffpaar $\text{Na} + \text{H}_2\text{SO}_4$ verwendet.

Zur Erläuterung unserer Beobachtungen müssen wir unsere Anordnung etwas näher beschreiben. Die Trommel von 10 cm Durchmesser und 10 cm Länge läuft mit 8000 Touren pro Minute in einem evakuierten Gehäuse. Die Öffnungen, aus denen das Na und die H_2SO_4 in das Gehäuse hindampfen, liegen einander gegenüber, so wie die Pfeile der Figur. Sie haben etwa 1 cm Durchmesser und befinden sich in 0,6 cm Entfernung von der Trommeloberfläche. Die Trommel ist innen hohl und wird durch ihre durchbohrte Achse mit flüssiger Luft auf der Temperatur von -180°C . gehalten.

Da das Gehäuse im ganzen aus Metall gebaut ist, sind in dessen Wände Fenster eingelassen, damit man die Vorgänge im Innern verfolgen kann. Insbesondere besteht jene Seitenwand, durch die der Natriumdampf durchtritt, rund um die Eintrittsöffnung aus Quarzglas. Auch der Ansatz, aus dem das Natrium hineindestilliert wird, ist durchsichtig.

Setzt man die Destillation eines Stoffes (sei es des Na oder der H_2SO_4) in Gang, so schlägt er sich auf die rotierende Trommelfläche in einem Streifen nieder, der etwa so breit ist wie die Eintrittsöffnung.

Werden nun Na und H_2SO_4 -Dampf gleichzeitig eindestilliert, so spielt sich folgendes ab: Indem

die rotierende Trommelfläche vor der Eintrittsöffnung des Natriumdampfes wegläuft, beschlägt sie sich mit einer Natriumschicht, die nach einer halben Umdrehung vor die Eintrittsöffnung des H_2SO_4 -Dampfes gelangt und dort von H_2SO_4 -Molekülen getroffen wird. Diese können beim Auftreffen abreagieren, oder sich kondensieren. (Wenn man H_2SO_4 in Überschuß zugibt, erfolgt jedenfalls auch Kondensation.) Nun läuft die Trommel mit einer festen H_2SO_4 -Schicht beladen weiter vor die Na-Öffnung, wo sie von Na-Atomen getroffen wird, die nun ihrerseits wieder abreagieren oder an der Trommel haften bleiben.

Zunächst sieht man, daß hier eine Reaktion, die nur die (jeweils) obersten Molekülschichten angreift, schon einen sehr merklichen Umsatz ergibt. Bei jeder Umdrehung wird ca. 30 qcm frische Oberfläche geschaffen, was in der Stunde $3 \cdot 10^7$ qcm bedeutet, entsprechend etwa 1 ccm Substanz in festem oder flüssigem Zustande oder einem Normalliter einatomigen bzw. einem halben Liter zweiatomigen Gases.

Nun haben wir die Destillation so geleitet, daß sich bei jeder Umdrehung mehrere (2 bis 5) Molekülschichten Natrium und etwa ebensoviel Molekülschichten H_2SO_4 niederschlagen. Die Gasentwicklung betrug dabei ca. 0,1 ccm in der Sekunde, entsprechend 360 ccm in der Stunde.

Das bedeutet, daß nur die oberste Molekülschicht abreagiert.

Die Reaktion dürfte daher auf der Na-Seite so vor sich gehen, daß für jedes Natriumatom, das auf die Oberfläche des festen H_2SO_4 auftrifft, ein halbes H_2 -Molekül entsteht, aber nur so lange, bis eine monomolekulare Schutzschicht von NaHSO_4 entstanden ist.

Die Erscheinung, die dabei auftritt und uns zu der Annahme geführt hat, daß dieses halbe Wassermolekül als freies H-Atom von der Oberfläche abgeschleudert wird, ist ein Leuchten, das an der Stelle auftritt, wo das Natrium in das Gehäuse strömt, und das spektroskopisch sich als reines D-Linienlicht erweist. Das Leuchten ist in der Eintrittsöffnung am stärksten, kann aber auch noch in einem Umkreise von etwa 2 cm um die Öffnung herum, sowie über einige Zentimeter in dem Rohr, aus dem der Natriumdampf kommt, beobachtet werden.

Dieses Leuchten kann (wenn wir den physikalisch nicht annehmbaren Fall der Emission genügend schneller Reaktionselektronen beiseite lassen) auf zwei Ursachen beruhen:

1. Es können durch die Reaktionswärme H_2SO_4 -Moleküle verdampfen und zu einer Chemilumineszenz führen, von der Art, wie sie beim

Zusammenbringen von Na und HCl beobachtet worden ist¹⁾.

2. Es können H-Atome von der H_2SO_4 -Oberfläche bei ihrer Umsetzung mit Na-Atomen in den Gasraum abgespalten werden und dort das Natrium durch ihre Vereinigung zu H_2 zur Lichtaussendung anregen²⁾.

Zur Prüfung der ersten Annahme haben wir zunächst versucht, ob H_2SO_4 -Dampf mit Na-Dampf ein Leuchten gibt. Das Ergebnis war negativ, und zwar wohl deshalb, weil H_2SO_4 -Dampf bei der im Versuche notwendigen Überhitzung in SO_3 und H_2O zerfällt, von denen keines mit Na-Dampf luminesziert. Dies macht die erste Erklärungsmöglichkeit unwahrscheinlich, schließt sie aber nicht aus, weil von der Trommel etwa abgehende H_2SO_4 -Moleküle ohne Überhitzung auf den Na-Dampf treffen würden.

Zu einer Widerlegung der Hypothese verdampfender Schwefelsäuremoleküle führte jedoch die chemische Untersuchung des Rohres, aus dem der Na-Dampf strömt, sowie der angrenzenden Teile der Gehäusewandung. Die Abspülung dieser Flächen mit Wasser und Versetzung des Spülwassers mit BaCl_2 wies nach, das sich während eines 10 Minuten langen Leuchtens keine merkliche SO_4 -Menge, also weniger als 0,02 mg (= 0,2 Mikromol) H_2SO_4 niedergeschlagen hatte. Andererseits konnten wir feststellen, daß das Licht etwa 0,005 HK. Lichtstärke hatte und aus anderen Versuchen, die wir mit Herrn Dipl.-Ing. B. JOSEPHY gemacht hatten, die Angaben heranziehen, daß eine solche Leuchtkraft, wenn sie mit der analogen Reaktion $\text{Na} + \text{HCl}$ erzeugt wird in 10 Minuten einen Umsatz von 200 Mikromol verursacht. Mehr als die Hälfte dieser 200 Mikromole hätten sich an die Gehäusewandung niederschlagen müssen. Statt dessen fand sich dort auch nicht 0,2 Mikromol vor.

Eine Bestätigung fand dieses Argument durch Versuche, bei denen an Stelle der Schwefelsäure Jod genommen wurde. Auch hier leuchtete der Natriumdampf, und zwar viel schwächer als in den H_2SO_4 -Versuchen. Bei diesem Leuchten, das die bekannte Chemilumineszenz von Natrium und Jod³⁾ sein mußte, ließ sich an der Wandung die dem Lichte entsprechende Menge von ca. 10 Mikromol NaJ in mehreren Versuchen stets nachweisen.

In Analogie zu den H_2SO_4 -Versuchen ist wohl

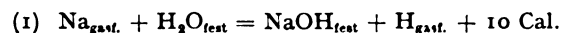
¹⁾ H. BEUTLER und M. POLANYI, Naturwissenschaften 13, 711. 1925.

²⁾ Vgl. K. BONHOEFFER, Zeitschr. f. physikal. Chem. 161, 394. 1925 sowie BEUTLER und POLANYI, l. c.

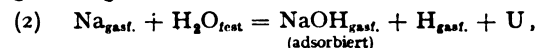
³⁾ H. BEUTLER und M. POLANYI, l. c.

auch hier eine Atomemission anzunehmen, in dem Sinne, daß die auf die feste Jodfläche auftreffenden Na-Atome bei Bildung eines NaJ-Moleküls J-Atome freischleudern.

Auf die energetischen Bedingungen der Atomemission wurden wir durch die Untersuchung des Stoffpaares $\text{Na} + \text{H}_2\text{O}$ hingewiesen. Die Wasserstoffentwicklung trat hier in gleichem Umfange auf wie bei $\text{Na} + \text{H}_2\text{SO}_4$, jedoch *fehlte das Leuchten*, also die Emission von Wasserstoffatomen. Die Reaktions- und Energiegleichung:

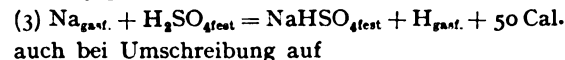


bietet hier zunächst keine Erklärung, weil sie eine positive Wärmetönung aufweist. Aber wenn man beachtet, daß die aus dem chemischen Elementarprozeß hervorgehenden NaOH-Moleküle zunächst isoliert entstehen und daß allenfalls die Energie, die bei Vereinigung der NaOH-Moleküle zum festen Aggregat frei wird, für den primären chemischen Elementarprozeß als treibende Kraft nicht in Frage kommt, so wird die Reaktionsgleichung zu

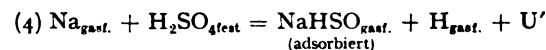


wobei U sicherlich stark negativ ist¹⁾.

Dagegen wird in der Gleichung



auch bei Umschreibung auf



die Wärmetönung U' einen positiven Wert behalten.

So versteht man, daß der Elementarprozeß (4) freiwillig vor sich geht, der Elementarprozeß (2) dagegen unterbleibt, so daß die Reaktion von Na mit H_2O (wahrscheinlich „trimolekular“ laufend) direkt zum molekularen H_2 führt.

Durch das hier verwendete Wort „Atomemission“ sollte zum Ausdruck kommen, daß nicht lediglich ein Losbinden der Atome anzunehmen ist, sondern auch, daß die Atome mit erheblichem Energieüberschuß frei werden, der es verhindert, daß sie an der gekühlten Trommel haften bleiben.

Zum Schlusse sei unsrem technischen Assistenten, Herrn K. HAUSSCHILD, sowie dem Leiter unserer Werkstätte, Herrn E. IHME, auch an dieser Stelle herzlichst gedankt für ihre wertvolle Unterstützung bei Ausführung dieser Arbeit.

¹⁾ Die Verdampfungswärme von NaOH dürfte nach Analogie anderer Ionengitter 50 Cal. (das von dieser abziehende) Adsorptionspotential etwa 10 Cal. betragen.

Über eine neue Art von Koagulation.

Von H. FREUNDLICH und H. KROCH, Berlin-Dahlem.

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie.)

Unter Koagulation versteht man bekanntlich die Erscheinung, daß die Teilchen einer kolloiden Lösung zu größeren Flocken zusammentreten und

sich absetzen. Es ist bisher vor allem die Koagulation der sog. hydrophoben Sole — es sind dies namentlich die kolloiden Lösungen der Metalle,

Oxyde und Sulfide — durch Elektrolyte näher untersucht worden, dann die gegenseitige Koagulation von kolloiden Lösungen, die Koagulation durch Licht u. a. m. Hierbei hatte sich bereits herausgestellt, daß die Elektrolytkoagulation durch Rühren stark beeinflusst werden kann, meist in dem Sinne, daß das Rühren die Koagulation beschleunigt. Gelegentlich einer Untersuchung des Röhreinflusses bei der Koagulation elektrolythaltiger wäßriger Kupferoxydsol beobachtete man, daß anscheinend das Rühren allein schon die Teilchen der Sole zu flocken vermochte¹⁾. Nun war bei diesen Versuchen noch nicht ausgeschlossen, daß Fremdelektrolyte, die aus dem Glase stammten, an der Koagulation mit beteiligt seien. Das Untersuchungsverfahren wurde deshalb dahin abgeändert, daß die koagulierende Lösung mit keinem anderen festen Stoff in Berührung kam als dem, aus dem die Teilchen bestanden: Sie befand sich in einem kupfernen, innen mit einer Kupferoxydschicht bedeckten Gefäß und wurde mit einem kupfernen, gleichfalls mit Kupferoxyd bedeckten Flügelrührer gerührt. Aber auch unter diesen Bedingungen trat die Koagulation durch Rühren ein. Man muß danach annehmen, daß das Rühren an sich eine Koagulation hervorzurufen vermag. Es ist zu bemerken, daß das Kupferoxydsol auffallend arm an Elektrolyten ist. Man stellte es nach dem Verfahren von BREDIG her, bei dem man einen Lichtbogen zwischen zwei dicken Kupferdrähten in Leitfähigkeitswasser übergehen läßt und sie so zerstäubt²⁾. Die spezifische Leitfähigkeit eines solchen Sols betrug in einem Fall z. B. nur $2,2 \cdot 10^{-6}$, während die des benutzten Leitfähigkeitswassers $3,1 \cdot 10^{-6}$ betragen hatte. Die Kolloidteilchen hatten also noch Ionen aus der Lösung durch Adsorption entfernt.

Die eingehende Untersuchung der Koagulation durch Rühren zeigte, daß man diese mechanische Koagulation des Kupferoxydsols von der durch Elektrolyte hervorgerufenen eindeutig unterscheiden kann. Dies ist schon qualitativ möglich. Bei der mechanischen Koagulation ändert das Sol seine optischen Eigenschaften in merklich anderer Weise als bei der Koagulation durch Elektrolyte. Das ursprünglich klare, schön rötlich braune Sol wird beim Rühren stark schlierend und ausgesprochen strömungsanisotrop, d. h. es wird beim Fließen doppelbrechend und dichroitisch. Das ursprüngliche Sol gibt keine Schlieren und läßt weder Strömungsdichroismus noch -doppelbrechung erkennen. Dies heißt nicht, daß die im ursprünglichen Sol vorhandenen Teilchen isotrop sind. Sie sind es nicht, denn sie funkeln deutlich unter dem Ultramikroskop. Aber diese Anisotropie genügt noch nicht, um Schlierenbildung und Strömungsanisotropie hervorzurufen. Koaguliert man dagegen das Sol mit einem Elektrolyten, so beobachtet man keine Schlieren. Es treten vielmehr schwammige Flocken auf. Man kann wohl eine schwache Strömungsanisotropie erzeugen, wenn man sehr langsam und vorsichtig mit kleinen

Elektrolytmengen koaguliert, aber sie ist mit der starken, bei der mechanischen Koagulation hervorgerufenen Strömungsanisotropie gar nicht zu vergleichen. Die mechanische Koagulation hat also den Charakter einer sog. *geordneten* Koagulation, bei der von vornherein anisotrope Teilchen zu regelmäßigen, stark anisotropen Flocken angehäuft werden, während die Elektrolytkoagulation wesentlich *ungeordnet* ist³⁾.

Von den quantitativen Unterschieden zwischen der mechanischen Koagulation und der Elektrolytkoagulation seien nur zwei hervorgehoben. Der eine betrifft den zeitlichen Verlauf der Koagulation. Die mechanische Koagulation verläuft mit konstanter Geschwindigkeit. Sie läßt sich also durch eine Gleichung

$$k = \frac{n_0 - n}{t}$$

wiedergeben. Hier ist n_0 der ursprüngliche Gehalt des Sols an Kupferoxyd, n der zur Zeit t vorhandene, k ist die Geschwindigkeitskonstante. Die Elektrolytkoagulation des Kupferoxydsols läßt sich dagegen weitgehend durch eine von SMOLUCHOWSKI⁴⁾ abgeleitete Formel darstellen:

$$k = \frac{1}{t} \sqrt{\frac{n_0}{n} - 1}.$$

In einem Koordinatensystem mit dem Gehalt n als Ordinate und der Zeit t als Abszisse ist demnach die Geschwindigkeitskurve der mechanischen Koagulation eine abfallende Gerade, die der Elektrolytkoagulation eine zur t -Achse stark konvexe Kurve. Der zweite Unterschied betrifft die Temperaturabhängigkeit. Die mechanische Koagulation war in dem bisher untersuchten Temperaturbereich zwischen 0 und 20° temperaturunabhängig, vorausgesetzt, daß man mit der gleichen Rührgeschwindigkeit arbeitete. Die Elektrolytkoagulation dagegen gehorchte wieder der von SMOLUCHOWSKI entwickelten Theorie. Sie ist demgemäß stark abhängig von der Zähigkeit η des Sols und läßt sich durch eine Gleichung

$$k = A \frac{T}{\eta}$$

wiedergeben; in dieser ist k die Geschwindigkeitskonstante der Koagulation, T die absolute Temperatur und A eine Konstante.

Es ist zur Zeit nicht leicht, die Eigentümlichkeiten der mechanischen Koagulation einwandfrei zu erklären. Nur zwei Punkte seien kurz berührt. Die Schwierigkeit der Erklärung hängt anscheinend wiederum mit der in der Kolloidchemie recht allgemein auftretenden Frage⁵⁾ zusammen: Wie kommt es, daß die Kolloidteilchen in ziemlich merklichen Entfernungen (solchen bis zu einigen μ) anziehende Wirkungen aufeinander ausüben? Hiermit ist vielleicht verknüpft, daß eine Beziehung zu bestehen scheint zwischen dem natürlichen Elektrolytgehalt eines Sols und dem Grad seines hydrophoben Charakters einerseits und der Möglichkeit, daß es mechanisch koaguliert wird, andererseits, in

dem Sinne, daß nur ein sehr elektrolytarmes, ausgesprochen hydrophobes Sol durch Rühren koaguliert werden kann. Dies tritt deutlich bei zwei Arten eines Eisenoxysols hervor. Man kann ein solches Sol herstellen, indem man Eisenkarbonyl, $\text{Fe}(\text{CO})_5$, mit Wasserstoffperoxyd oxydiert⁶⁾. Das so gewonnene Sol enthält wesentlich Teilchen von Goethit $\text{FeO}(\text{OH})$, ist sehr arm an Elektrolyten und hydrophob. Man kann es leicht mechanisch koagulieren. Es wird beim Rühren stark schlierend und strömungsanisotrop, während das ursprüngliche Sol gar nicht anisotrop ist. Unter dem Ultramikroskop bei Benutzung der Azimutblende⁷⁾ zeigen die koagulierten Flocken einen auffallenden Azimuteffekt, die Kolloidteilchen liegen also in den Flocken mit ihrer Längsachse parallel zu einander. Ein gewöhnliches Eisenoxysol dagegen, wie man es durch Hydrolyse von Eisenchlorid erhält, läßt sich unter völlig gleichen Versuchsbedingungen durch Rühren nicht verändern. Diese Sole enthalten bekanntlich neben Goethit ein basisches Eisenchlorid⁸⁾, sie sind sehr reich an Elektrolyten und viel hydrophiler als die aus Eisenkarbonyl bereiteten Sole.

Zum Schluß sei noch auf folgendes hingewiesen. Der regelmäßige Ablauf der mechanischen Koagulation beim Kupferoxysol macht es dort leicht, den sog. Schwellenwert bei der Elektrolytkoagulation festzustellen, d. h. die kleinste Konzentration an Elektrolyt, bei der gerade eine Zunahme der Koagulationsgeschwindigkeit erkennbar wird. Wie zu erwarten war, folgen die Schwellenwerte den gleichen Regelmäßigkeiten, wie die Koagulationswerte. Da das Kupferoxysol positiv ist, kommt

es wesentlich auf die Wertigkeit und Adsorbierbarkeit der Anionen an. Überraschend ist, in welcher außerordentlich kleinen Konzentrationen manche Anionen sich schon bemerkbar machen. In der nachfolgenden Tabelle finden sich einige Schwellenwerte in Mikromol (= Millionstel Mol) i. L. Man sieht, wie die Wirksamkeit des vierwertigen $\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$ -Ions schon in einer Konzentration von etwa $\frac{1}{1000}$ Mikromol, also von 10^{-9} Mol i. L. zur Geltung kommt.

Tabelle 1.

Elektrolyt	Schwellenwert (Mikromol i. L.)
KCl	250
KBr	700
KNO_3	900
$\text{K}_2\text{Fe}(\text{CN})_6$	0,004
$\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$	0,0009

Literatur:

1. FREUNDLICH und BASU, Zeitschr. f. physikal. Chem. **115**, 203. 1925.
2. PAINE, Kolloidchem. Beih. **4**, 25. 1913.
3. Über diesen Unterschied siehe FREUNDLICH, SCHUSTER und ZOCHER, Zeitschr. f. physikal. Chem. **105**, 119. 1923.
4. v. SMOLUCHOWSKI, Zeitschr. f. physikal. Chem. **92**, 129. 1917.
5. Bezüglich dieser Frage siehe z. B. ZOCHER, Zeitschr. f. anorg. u. allg. Chem. **147**, 91. 1925.
6. FREUNDLICH und WOSNESSENSKY, Kolloid-Zeitschr. **33**, 222. 1923.
7. Über die Azimutblende siehe SZEGVARI, Zeitschr. f. physikal. Chem. **112**, 277. 1924.
8. J. BOEHM, Zeitschr. f. anorg. u. allg. Chem. **149**, 203. 1925.

Die quantentheoretische Dispersionsformel und ihre experimentelle Prüfung.

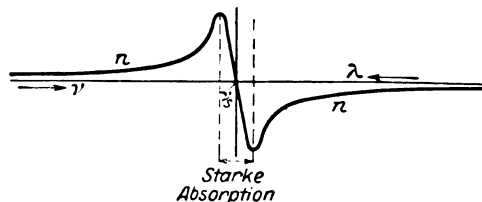
R. LADENBURG, Berlin-Dahlem.

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie.)

1. Der Gegensatz zwischen der Quantentheorie und der Undulationstheorie des Lichtes hat sich im Laufe der Jahre immer mehr verschärft. Die Beschreibung der Wechselwirkung zwischen Licht und Materie und der dabei eintretenden Änderungen ist heute ohne Quanten undenkbar; aber die Erscheinungswelt der Interferenz und Beugung ist trotz mannigfacher quantentheoretischer Ansätze die ausschließliche Domäne der Wellentheorie geblieben.

Die Vorgänge der Brechung und Dispersion liegen zwischen beiden Gebieten; sie beruhen zwar auf der Wechselwirkung des Lichtes mit der Materie, ohne daß aber diese eine wirkliche Veränderung erleidet. Die Materie wird durch das auffallende Licht lediglich zur Emission von Streulicht angeregt, das in der Fortpflanzungsrichtung des auffallenden Lichtes mit diesem interferiert und dadurch die Erscheinungen hervorruft, die man als „Dispersion“ des Lichtes bezeichnet, nämlich die Abhängigkeit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit und damit des Brechungsquo-

tienten von der Wellenlänge. Und zwar wird die Dispersion „anomal“, d. h. besonders groß, wenn die Wellenlänge des auffallenden Lichtes nahe an die „Eigenwellenlängen“ (Absorptionsstellen) der Materie heranrückt, und im Absorptionsgebiet

Fig. 1. Theoretischer Verlauf der Dispersion in der Umgebung einer Absorptionslinie ν_0 .

selbst wechselt die Dispersion ihr Vorzeichen (vgl. Fig. 1). Die Absorptionsgebiete sind sozusagen die Zentren der Dispersion, diese Gebiete „anomaler Dispersion“ bestimmen den Verlauf auch der normalen Dispersion in großem Abstand von den Eigenwellenlängen. Dadurch werden die Dis-

persionserscheinungen mit der Quantentheorie verknüpft, da Lichtabsorption sicherlich eine sprunghafte, quantenmäßige Änderung der Materie zur Folge hat.

2. Die klassische Theorie der Dispersion führt in bekannter Weise zu der für Gase außerhalb des eigentlichen Absorptionsgebietes gültigen Dispersionsformel:

$$n^2 - 1 = \frac{e^2}{\pi m} \sum_s \frac{\mathcal{N}_s}{\nu_s^2 - \nu^2}. \quad (1)$$

Hier bedeutet n den Brechungsquotienten, $\nu = \frac{c}{\lambda}$ die Schwingungszahl (Frequenz) der auffallenden Welle, c die Fortpflanzungsgeschwindigkeit, λ die Wellenlänge, ν_s die Eigenfrequenz (Absorptionsfrequenz) der als räumliche Oszillatoren aufgefaßten Elektronen, e und m die universellen Werte ihrer Ladung und Masse, und das Zeichen $\sum$ bedeutet die Summation über die Werte der verschiedenen durch den Index s gekennzeichneten Elektronenarten. $\mathcal{N}_s$ schließlich ist die Zahl dieser „Dispersionselektronen“ in der Volumeinheit, von der man aus der Elektronentheorie nur weiß, daß sie der Atomzahl N proportional ist:

$$\mathcal{N}_s = N \cdot f_s; \quad (1a)$$

der Proportionalitätsfaktor f_s dagegen bleibt unbestimmt, tatsächlich besitzt er für verschiedene Absorptionslinien ν_s sehr verschiedene Werte.

Fig. 1 stellt die Dispersion eines verdünnten Gases in der unmittelbaren Umgebung einer isolierten Absorptionslinie ν_s gemäß der Theorie dar; man sieht wie mit Annäherung an ν_s sich n plötzlich stark ändert und anomale Dispersion eintritt; — im Absorptionsgebiet selbst, für $\nu \approx \nu_s$, verliert die Formel (1) ihre Gültigkeit.

3. Die ursprüngliche Quantentheorie sagt über die Reaktion eines Atoms auf beliebige Frequenzen nichts aus, sie weiß noch nichts von Zerstreuung und Dispersion. Vielmehr kennt sie nur „vollständige Quantenübergänge“ zwischen verschiedenen stationären, quantenmäßig ausgezeichneten Atomzuständen und daher nur die Beeinflussung der Atome durch Frequenzen ν_{jk} bzw. ν_{ji} , die das Atom unter Absorption dieser Frequenz aus dem betrachteten Zustand j in einen höheren Zustand k bzw. durch „negative Absorption“ aus j in einen tieferen Zustand i überführen können (s. beistehende Skizze). Im Rahmen dieser Theorie ist deshalb eine Behandlung der Dispersionserscheinungen nur mit Hilfe zusätzlicher, der klassischen Theorie entlehnter Annahmen möglich. Die auf diese Weise abgeleitete Dispersionsformel lautet¹⁾:

$$n^2 - 1 = \frac{e^2}{\pi m} \sum_j N_j \left[\sum_k A_{kj} \frac{g_k}{g_j} \frac{\tau_{kj}}{3} \frac{1}{\nu_{kj}^2 - \nu^2} - \sum_i A_{ji} \frac{\tau_{ji}}{3} \frac{1}{\nu_{ji}^2 - \nu^2} \right]. \quad (2)$$

¹⁾ Vgl. Anm. 1) u. 2) folg. Seite.

Sie enthält, wie man sieht, die gleiche von der Erfahrung bestätigte Abhängigkeit des Brechungsquotienten von der Frequenz ν der auffallenden Welle, wie die klassische Formel (1); die Unstetigkeitsstellen liegen wieder an den beobachtbaren Absorptionsfrequenzen, die statt durch ν_s quantenmäßig durch die Sprungfrequenzen ν_{kj} und ν_{ji} bezeichnet sind. Die erste Summation erstreckt sich über die verschiedenen Quantenzustände j , in denen die Atome in verschiedener Dichte N_j vorkommen können; die zweite Summation geht über die von j aus möglichen Quantensprünge $j \rightarrow k$ und $j \rightarrow i$. In zwei wesentlichen Punkten unterscheidet sich die quantentheoretische Dispersionsformel (2) von der klassischen. *Erstens* hat der Zähler, die in der klassischen Theorie unbestimmte Zahl $\mathcal{N}$, eine bestimmte Bedeutung erhalten¹⁾; hier steht nämlich als wesentlichster Faktor neben der Atomdichte N_j der Koeffizient der Übergangswahrscheinlichkeit A_{kj} bzw. A_{ji} , d. i. die von EINSTEIN eingeführte Anzahl der spontanen Quantensprünge, die ein Atom aus einem höheren in einen tieferen Zustand pro Sekunde ausführen kann. Dieser Koeffizient A korrespondiert dem Amplitudenquadrat der dem betreffenden Quantensprung entsprechenden harmonischen Komponente der Bewegung, und man kann leicht zeigen, daß dieses Amplitudenquadrat nicht nur die Häufigkeit dieser Quantensprünge, also die Intensität der zugehörigen Spektrallinie bestimmt, sondern auch die erzwungenen Schwingungen des Atoms unter dem Einfluß fremder Wellen, also die Dispersion regelt. *Zweitens* hat man nach KRAMERS²⁾ quantentheoretisch gemäß den obengenannten zwei Arten von Absorption auch zwei verschiedene Arten von Dispersion zu unterscheiden, nämlich positive Dispersionsglieder, die der positiven Absorption beim Quantensprung $j \rightarrow k$ entsprechen, und negative Dispersionsglieder entsprechend der negativen Absorption beim Sprung $j \rightarrow i$. Die in den positiven Dispersionsgliedern noch enthaltenen Größen g_k und g_j bedeuten die statistischen Gewichte der Zustände k und j , das sind kleine ganze Zahlen, die auf Grund des ZEEMANN-Effektes für eingeordnete Serienlinien bekannt sind³⁾. Die Größe τ hat die Bedeutung der klassischen „Abklingungszeit“, in der die Energie eines Oszillators auf den

¹⁾ Vgl. R. LADENBURG, Zeitschr. f. Phys. 4, 451. 1921, woselbst der Zusammenhang zwischen Dispersion und Übergangswahrscheinlichkeit und der positive Teil der Formel (2) zum erstenmal abgeleitet wurde; s. a. R. LADENBURG und F. REICHE, Naturwissenschaften 11, 596. 1923.

²⁾ H. A. KRAMERS, Nature 113, 673; 114, 310. 1924 (Ableitung der vollständigen Dispersionsformel aus Korrespondenzbetrachtungen); s. a. H. A. KRAMERS und W. HEISENBERG, Zeitschr. f. Phys. 31, 681. 1925.

³⁾ Daß diese Quantengewichte in den negativen Gliedern nicht vorkommen, läßt sich durch einfache energetische Betrachtungen, gerade so wie der Zusammenhang zwischen Dispersion und Übergangswahrscheinlichkeit, ableiten.

e -Teil sinkt und kann aus der klassischen Formel

$$\tau_i = \frac{3}{8} \frac{m c^3}{\pi^2 e^2 \nu_i^2}$$

für jede Eigenfrequenz ν_i ohne weiteres berechnet werden.

Es verdient besondere Beachtung, daß die neue Quantenmechanik und zwar sowohl in der HEISENBERGSCHEN¹⁾, wie in der SCHROEDINGERSCHEN²⁾ Form, in konsequenter und rationaler Weise ohne besondere Annahmen wieder auf die obige Dispersionsformel (2) führt.

Die negativen Dispersionsglieder sind theoretisch von großer Bedeutung. Jedoch fallen sie naturgemäß für Atome in den Normal- oder metastabilen Zuständen fort, da aus diesen keine spontanen Übergänge in tiefere Quantenzustände stattfinden können. Zur Beurteilung des Einflusses der negativen Dispersionsglieder auf Dispersionsmessungen angeregter Gase fassen wir die Glieder mit gleichem Nenner $\nu_i^2 - \nu^2$ zusammen, da nur für kleine Abstände $\nu_i - \nu$ eine Beeinflussung des Brechungsquotienten von verdünnten Gasen nachweisbar ist; so erhalten wir, indem wir die Glieder der ersten Summe einzeln hinschreiben:

$$(n^2 - 1) \frac{\pi m}{e^2} = \sum_j \frac{A_{ji} \tau_{ji}}{3 (\nu_{ji}^2 - \nu^2)} \left[\frac{g_j}{g_i} N_i - N_j \right] + \sum_k \frac{A_{kj} \tau_{kj}}{3 (\nu_{kj}^2 - \nu^2)} \left[\frac{g_k}{g_j} N_j - N_k \right] + \dots$$

Auch bei starker Anregung ist im allgemeinen die Atomzahl der höheren Quantenzustände (j bzw. k) um mehrere Zehnerpotenzen kleiner als die der tieferen Quantenzustände (i bzw. j). Daher ist ein Einfluß der negativen Dispersionsglieder im allgemeinen nicht zu erwarten; vielleicht wird es durch besondere Anordnungen möglich sein, diesen Einfluß nachzuweisen.

4. Bei der experimentellen Prüfung der quantentheoretischen Dispersionsformel haben wir uns in erster Linie mit dem neuen Zusammenhang zwischen Dispersion und Übergangswahrscheinlichkeit befaßt. Handelt es sich um Gase oder Dämpfe im unangeregten Zustand, so kann man sich nach dem oben Gesagten in der Dispersionsformel exakt auf die positiven Glieder beschränken. Jener Zusammenhang besteht dann in der Beziehung³⁾:

$$N = f_i N_i = N_j \cdot A_{kj} \frac{g_k}{g_j} \tau_{kj}. \quad (2a)$$

Dabei ist N_j die Zahl der Normalatome im Kubikzentimeter.

Für die D -Linien des Na-Dampfes im nicht-leuchtenden Zustand hat R. MINKOWSKI⁴⁾ in seiner

Dissertation durch Messungen der Dispersion bzw. der ihr äquivalenten anomalen magnetischen Drehung der Polarisationssebene in einem großen Dampfdruckintervall die charakteristische Konstante $\mathfrak{M}$, bestimmt; durch Vergleich mit direkten Messungen des Na-Dampfdruckes, d. h. von N , erhält man so den Faktor f_i und findet⁵⁾ für die beiden D -Linien den gleichen Wert für die Übergangswahrscheinlichkeit:

$$A = \frac{1}{\tau} = 0,64 \cdot 10^8.$$

Die D -Linien entsprechen dem Quantensprung aus dem angeregten p_1 - bzw. p_2 -Zustand in den Normalzustand s . Da aus den p -Zuständen nur der eine Übergang nach s möglich ist, ist die Wahrscheinlichkeit dieses Überganges gleich dem reziproken Wert der Verweilzeit (Lebensdauer) T des Atoms im p -Zustand, und das Ergebnis bedeutet, daß diese für beide Zustände gleich und gleich der Abklingungszeit eines klassischen Oszillators gleicher Frequenz ist. Andererseits kann man die Größe T unmittelbar aus der magnetischen Drehung der Polarisationssebene der Resonanzstrahlung bestimmen und findet²⁾ $\frac{1}{T} = 0,74 \cdot 10^8$, also nahe den obigen Wert A , ferner aus der „natürlichen“ Breite der D -Linien und erhält³⁾ $\frac{1}{T} = 0,62 \cdot 10^8$, also genau den obigen Wert. Diese Übereinstimmung bildet daher eine exakte quantitative Bestätigung der Formel (2a). Ähnlich ergibt sich für die Hg-Linie 2537 aus Dispersions-⁴⁾ bzw. Absorptionsmessungen⁵⁾

$$A_{2537} = 1,1 \text{ bzw. } 0,8 \times 10^7,$$

während die unmittelbaren Messungen⁶⁾

$$A = \frac{1}{T} \approx 1 \cdot 10^7$$

bzw. nach W. WIEN aus dem Abklingen der Kanalstrahlen⁷⁾

$$\frac{1}{T} = 1,0 \times 10^7$$

liefern, also ebenfalls in guter Übereinstimmung mit der aus Formel (2a) gezogenen Folgerung. Ferner ist es schon lange bekannt, nach der klassischen Dispersionstheorie aber unverständlich, daß die anomale Dispersion an höheren Gliedern der Absorptionsserie der Alkalidämpfe mit der Gliednummer rasch abnimmt; nach unserer quantentheoretischen Auffassung läßt sich diese Erscheinung durch die gleichzeitige Abnahme der Übergangswahrscheinlichkeit der Quantensprünge

¹⁾ Vgl. R. LADENBURG und R. MINKOWSKI, a. a. O.

²⁾ A. ELLETT, Journ. Opt. Soc. Amer. 10, 427. 1925.

³⁾ R. MINKOWSKI, Zeitschr. f. Phys. 36, 839. 1920.

⁴⁾ R. W. WOOD, Phil. Mag. 25, 433. 1913; vgl. Beibl. 38, 240. 1914.

⁵⁾ CHR. FÜRCHTBAUER und G. JOOS, Phys. Zeitschr. 21, 635. 1920.

⁶⁾ W. HANLE, Zeitschr. f. Phys. 30, 93. 1924.

⁷⁾ Ann. d. Phys. 73, 503. 1924.

¹⁾ M. BORN, W. HEISENBERG; und P. JORDAN, Zeitschr. f. Phys. 35, 505 ff. 1925.

²⁾ E. SCHROEDINGER, Ann. d. Phys. 81, 109 spez. S. 119 ff. 1926

³⁾ Siehe R. LADENBURG, a. a. O.

⁴⁾ Dissert. Breslau 1921; Ann. d. Phys. 66, 206. 1921; s. a. R. LADENBURG u. R. MINKOWSKI, Zeitschr. f. Phys. 6, 152. 1921.

aus höheren Zuständen in den Grundzustand vorläufig wenigstens qualitativ deuten¹⁾.

5. In anderer Weise läßt sich die quantentheoretische Dispersionsformel durch Dispersionsmessungen an elektrisch erregten, leuchtenden Gasen prüfen. Die Theorie verlangt, daß in der Umgebung jeder Eigenfrequenz $\nu_i \equiv \nu_{kj}$, d. h. jeder Spektrallinie anomale Dispersion stattfindet. Sie ist aber im allgemeinen bei den meist benutzten relativ kleinen Stromdichten wegen ihres geringen Betrages nicht beobachtbar. Bei starker Anregung durch Kondensatorentladungen wurde aber schon vor längerer Zeit vom Verf. (z. T. gemeinsam mit LORIA) an der roten und der grünen Wasserstofflinie der Balmerreihe anomale Dispersion nachgewiesen und einigermaßen quantitativ gemessen²⁾. Neuerdings hat Verf. gemeinsam mit H. KOPFERMANN und AGATHE CARST mittels JAMINSchem Interferentialrefraktor und großem Plangitter Dispersionsmessungen an verschiedenen leuchtenden Gasen (He, Ne, Hg, H) ausgeführt³⁾, die ähnlich wie bei den Absorptionsversuchen von F. PASCHEN⁴⁾ und von K. W. MEISSNER⁵⁾ an He und Ne mit Gleichstrom erregt wurden. Gemäß der theoretischen Erwartung tritt in der Tat bei geeigneten Versuchsbedingungen in der unmittelbaren Umgebung vieler Spektrallinien der leuchtenden Gase anomale Dispersion (a. D.) in mehr oder weniger ausgeprägter Weise auf, und es ist möglich, die Größe dieser a. D. unter genau reproduzierbaren Bedingungen quantitativ zu untersuchen. Fig. 2a zeigt den Effekt an drei dicht beieinanderliegenden roten Linien des Ne bei horizontalen Interferenzstreifen, die in der unmittelbaren Umgebung der Linien (im Bereich von etwa 1 Å-Einheit) den theoretisch geforderten Verlauf der a. D. unmittelbar anzeigen (vgl. a. Fig. 1). Quantitative Messungen ermöglicht die „Hakenmethode“, bei der durch Einschalten einer Kompensatorplatte stark geneigte Interferenzstreifen entstehen⁶⁾; aus dem Wellenlängenabstand der dadurch gebildeten scharfen Haken zu beiden Seiten der Spektrallinien (vgl. Fig. 2b u. 2c) kann man unmittelbar die Größe $\mathfrak{A}$ bestimmen und somit nach der quantentheoretischen auf die positiven Dispersionsglieder beschränkten Dispersionsformel zunächst wenig-

stens das Produkt $N_j \times A_{kj}$ [Gleichung (2a)], da die Quantengewichte g_k und g_j sowie r_{kj} bekannt sind. Die Zahl N_j bedeutet dabei die auch bei bekanntem Gasdruck zunächst unbekannte Zahl der angeregten Atome im Zustande j . Relative Messungen an verschiedenen vom gleichen tieferen Energieniveau j ausgehenden Linien unter genau gleichen äußeren Bedingungen (Druck, Temperatur, elektrische Erregung) liefern daher Relativwerte der verschiedenen Übergangswahrscheinlichkeiten, relative Messungen an derselben Linie unter verschiedenen äußeren Bedingungen andererseits geben Aufschluß über die entsprechenden Änderungen der Atomzahlen N_j im zugehörigen unteren Niveau j , soweit sich nicht gleichzeitig die Übergangswahrscheinlichkeiten ändern. Vergleicht man ferner das Verhältnis der a. D. an zwei Linien, die zum gleichen oberen Niveau k , aber zu verschiedenen unteren Niveaus j_1 und j_2 gehören und kennt zugleich das Intensitätsverhältnis dieser Linien¹⁾, so kann man das Verhältnis ihrer A -Werte eliminieren und erhält das Verhältnis der zu den unteren Niveaus gehörigen Atomzahlen $N_{j_1} : N_{j_2}$.

Unsere vorliegenden Messungen ergeben an vielen dem ersten Quantensprung einer Serie entsprechenden Linien des He, Ne und Hg gut meßbare Effekte, z. T. schon bei einer Stromdichte von ein oder wenigen Milliampere (mA), falls die Gase genügend rein sind. Der Vergleich der untersuchten Linien mit dem bekannten Serienschema zeigt, daß die relativ großen Effekte ihre Ursache darin haben, daß die zu den betreffenden Linien gehörigen unteren Niveaus j metastabil sind²⁾, d. h. keine spontanen Übergänge nach tieferen Niveaus ausführen und daher nicht von selber wieder zerfallen können. Infolgedessen reichern sie sich nach ihrer Anregung durch Elektronenstoß rasch an und liefern die für den Nachweis der a. D. und der Absorption erforderliche große Zahl N_j — wie bereits MEISSNER aus seinen Absorptionsversuchen schloß³⁾. Diese metastabilen Zustände zerfallen erst wieder durch Stöße an die Wand oder neue Zusammenstöße mit Elektronen oder Atomen. Die Erscheinung wurde bisher besonders an etwa 30 im Rot liegenden s - p -Linien des Neons ausführlich untersucht. Die zu metastabilen s -Zuständen gehörigen Linien zeigen a. D. tatsächlich z. T. schon bei einer Stromdichte unter 1 mA, die zu instabilen s -Zuständen gehörigen Linien dagegen erst bei höheren, z. T. erst bei dem 100fachen Strom.

Untersucht wurde ferner der Einfluß der

¹⁾ Vgl. R. LADENBURG, Zeitschr. f. Phys. 4, 457. 1921.

²⁾ R. LADENBURG und St. LORIA, Verhandl. d. dtsh. phys. Ges. 10, 858. 1908; R. LADENBURG, Ann. d. Phys. 38, 249. 1913. Vgl. ferner die Untersuchungen an vielen Linien des Kohlelichtbogens von H. GEISLER, Diss. Bonn 1909, und am Hg-Lichtbogen von P. P. KOCH und W. FRIEDRICH, Phys. Zeitschr. 12, 1193. 1911.

³⁾ Vgl. Phys. Zeitschr. 26, 689, 1925 sowie Sitzungsber. d. preuß. Akad. d. Wiss. 1926, S. 256.

⁴⁾ Ann. d. Phys. 45, 625. 1914.

⁵⁾ Ann. d. Phys. 76, 124. 1925; vgl. ferner H. B. DORGELO, Zeitschr. f. Phys. 34, 176. 1925.

⁶⁾ Vgl. D. ROSCHDESTWENSKY, Ann. d. Phys. 39, 307. 1912.

¹⁾ Denn in unserer Bezeichnungsweise ist die Intensität einer Linie $k \rightarrow j$

$$J_{kj} = N_k \cdot A_{kj} \cdot h \nu_{kj}.$$

²⁾ Vgl. J. FRANCK und F. REICHE, Zeitschr. f. Phys. 1, 154. 1920.

³⁾ A. a. O.; vgl. auch die direkte Messung der Lebensdauer dieser Zustände aus Absorptionsversuchen durch MEISSNER (Phys. Zeitschr. 26, 687. 1925) und DORGELO (A. a. O. sowie Physica 5, 429, 1925).

äußeren Bedingungen, speziell wachsenden Stromes auf die a. D. der einzelnen Linien. Es zeigt sich, daß die Effekte der a. D. zwar anfangs mit wachsendem Strom steigen, aber dann mehr oder weniger rasch einem Sättigungswert zustreben, den sie auch bei starker Stromsteigerung nicht mehr überschreiten. Dies bedeutet nach den oben gezogenen Folgerungen aus der quantentheoretischen Dispersionsformel, daß die Zahlen N_j der Atome in den zugehörigen s -Zuständen einen Maximalwert

die Relativwerte der zu den verschiedenen Linien gehörigen A -Werte, d. h. der Übergangswahrscheinlichkeiten (Ü.W.) zu bestimmen. Es ergibt sich u. a., daß immer die Ü.W. des ersten Quantensprungs einer Serie weit größer als die Ü.W. der folgenden Quantensprünge ist, und daß Interkombinationslinien zwischen Singlet- und Tripletssystemen im allgemeinen eine relativ kleine Ü.W. besitzen, in Übereinstimmung mit korrespondenzmäßigen Überlegungen.

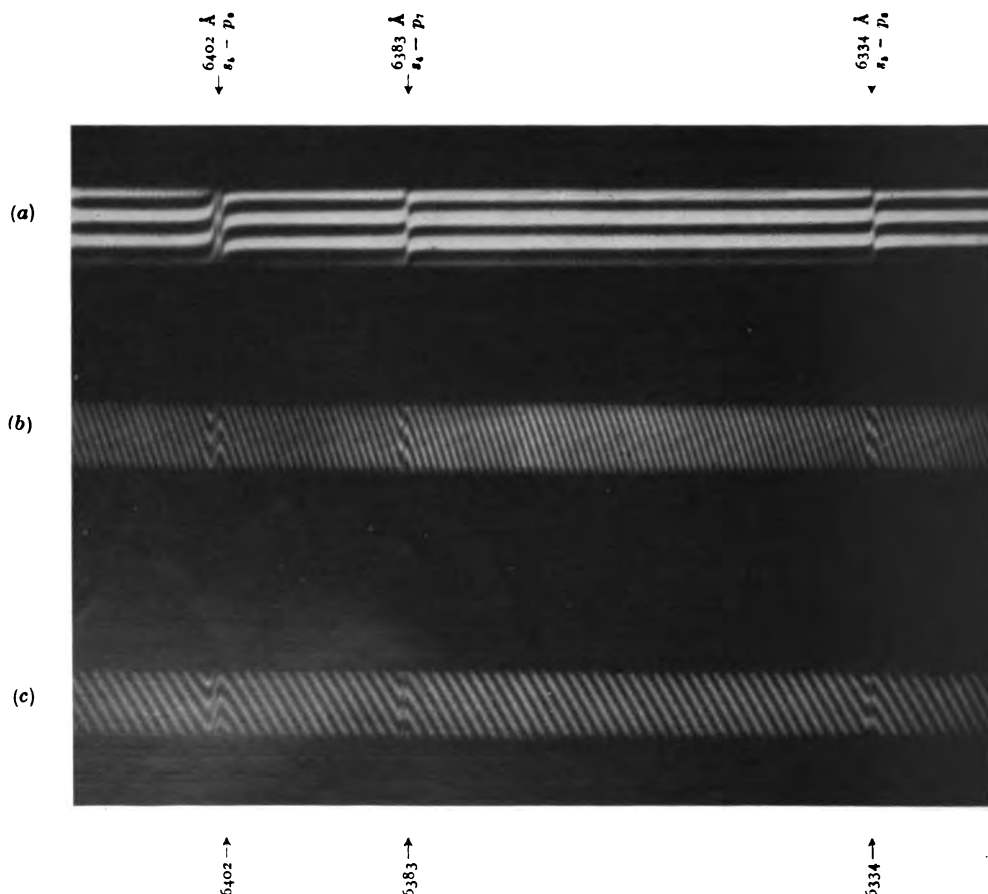


Fig. 2. Anomale Dispersion an leuchtendem Neon (Originalaufnahme $1\frac{1}{2}$ fach vergrößert). *a*) Methode der horizontalen Interferenzstreifen, die unmittelbar den Dispersionsverlauf anzeigen; *b*) und *c*) Hakenmethode; der Wellenlängenabstand der Haken von einander ist ein quantitatives Maß der Dispersion.

erreicht haben. Bei der zugehörigen Stromdichte werden also ebensoviel s -Atomzustände durch Elektronenstoß erzeugt wie vernichtet; man kann daher aus solchen Versuchen Schlüsse über die Ausbeute der Elektronenstöße ziehen. Dabei zeigt sich weiter, daß das Verhältnis der Atomzahlen der untersten 3 s -Zustände des Neons im „Sättigungszustand“ ziemlich genau gleich dem Verhältnis der zugehörigen Quantengewichte 5:3:1 ist, daß sich also ein statistischer Gleichgewichtszustand bei dieser elektrischen Erregung ausbildet, ähnlich wie bei einem Temperaturgleichgewicht. Die Dispersionsversuche erlauben ferner

Schwieriger als die Dispersionsversuche an He, Ne und Hg sind die an H. Hier muß man die von WOOD und BONHOEFFER angegebenen Bedingungen zur Erzeugung von atomarem Wasserstoff erfüllen, erhält aber doch erst bei ca. 100 mA Stromdichte meßbare Effekte¹⁾, und zwar zunächst

¹⁾ Ähnlich wie bei dem instabilen s_2 -Zustand des Neons, so daß sich bei H der metastabile Charakter des niedrigsten Anregungszustandes hier anscheinend nicht bemerkbar macht; vgl. dazu A. SOMMERFELD und A. UNSÖLD, Zeitschr. f. Phys. **38**, 241. 1926, sowie das Buch von J. FRANCK und P. JORDAN, Anregung von Quantensprüngen durch Stöße, S. 116/117. 1926.

an der roten Balmerlinie H_{α} , bei höherem Strom auch an H_{β} . Hier sind Messungen der a. D. besonders interessant, weil die $\bar{U} \cdot W$. aus quantentheoretischen Vorstellungen berechnet werden kann. Absolutwerte der $\bar{U} \cdot W$. sind allerdings zur Zeit noch nicht meßbar, wohl aber das Verhältnis der a. D. und der $\bar{U} \cdot W$. von $H_{\alpha} : H_{\beta}$. Hierfür hatte die ältere Quantentheorie 6,2:1 ergeben¹⁾, aus der neuen Quantenmechanik nach E. SCHRÖDINGER²⁾ folgt der wenig verschiedene Wert 5,4:1. Die älteren, noch ziemlich unsicheren Messungen des Verf. mit Kondensatorentladungen hatten für dies Verhältnis 4,5:1 geliefert (äußerste Grenzen 3:1 und 6:1), die neuen Messungen mit Gleichstrom sind noch nicht abgeschlossen, sie scheinen aber wiederum den theoretischen Wert zu bestätigen.

¹⁾ Vgl. R. LADENBURG und F. REICHE, a. a. O., S. 594.

²⁾ Ann. d. Phys. 80, 477. 1926.

Naturgemäß ist die Fortführung dieser Untersuchungen der a. D. in verschiedener Hinsicht notwendig und verspricht noch mancherlei Aufklärung über die Häufigkeit der Quantensprünge und die Vorgänge der Anregung und Vernichtung von Quantenzuständen. Vor allem ist es wünschenswert, durch Wahl geeigneter Versuchsbedingungen die Wirkung der „negativen Dispersion“ in der quantentheoretischen Dispersionsformel nachzuweisen. Andererseits ist wohl bereits jetzt der andere wesentlich neue, quantentheoretische Inhalt dieser Formel, der Zusammenhang zwischen Dispersion und Übergangswahrscheinlichkeit, in mehreren Fällen experimentell als bestätigt anzusehen.

Unsere zuletzt genannten neueren Untersuchungen wurden von der Japanstiftung und dem Elektrophysikausschuß der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft in dankenswerter Weise unterstützt.

Kohlenverflüssigung und restlose Kohlenvergasung.

Von FRANZ FISCHER, Mülheim (Ruhr).

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Kohlenforschung.)

Es sind noch nicht viele Jahre her, da wurde in der Öffentlichkeit zur Beseitigung der Rauchplage und zur Gewinnung der wertvollen Nebenprodukte, die sich bei der Kohlendestillation und bei der Kohlenvergasung fassen lassen, die restlose Vergasung der Kohlen gefordert. Die Radikalsten verlangten, daß überhaupt keine Kohlen mehr als solche zur Verbrennung gelangen dürften, sondern lediglich ihre Vergasungsprodukte. Die Kohlen sollten also entweder zu Generatorgas oder zu Wassergas vergast werden, dabei sollten Ammoniak, Teer und Benzol gewonnen werden. Unter den verschiedenen Schwierigkeiten, die sich der allgemeinen Einführung dieser Methoden entgegenstellten, ist in erster Linie die Tatsache zu nennen, daß die erzeugten Gase einen verhältnismäßig geringen Heizwert haben, das Generatorgas beispielsweise 1200 WE/cbm, das Wassergas annähernd 3000 WE/cbm. Bei dem kontinuierlichen Generatorgasprozeß beträgt der thermische Wirkungsgrad etwa 80%, bei dem diskontinuierlichen Wassergasprozeß ist er geringer. An und für sich wäre also der erste Prozeß vorzuziehen, der niedere Heizwert des Gases jedoch schließt seinen Versand auf irgendwelche größere Entfernungen aus, da das Rohrleitungssystem, verglichen mit der in Gasform transportierten Energiemenge, viel zu teuer wird. Aber auch für das Wassergas gilt, wenn auch nicht in diesem Umfange, die gleiche Betrachtung, ganz abgesehen davon, daß der hohe Kohlenoxydgehalt des Wassergases für die Verwendung zu häuslichen Zwecken bedenklich erscheint.

Es erschien deshalb von außerordentlichem Interesse, als vor 24 Jahren SABATIER zeigte, daß durch Katalyse ein Gemisch von 3 Teilen Wasserstoff und 1 Teil Kohlenoxyd in Methan sich um-

wandeln ließ. Aus dem ursprünglichen Gemisch, beispielsweise von 3 cbm Wasserstoff und 1 cbm Kohlenoxyd, wurde 1 cbm Methan, außerdem bildete sich Wasser. Das neue Gas hatte einen Heizwert von annähernd 9000 WE/cbm, während das angewendete etwa 3000 WE/cbm besaß. Da aber aus 4 cbm angewendetem Gas mit insgesamt 12 000 WE nunmehr nur 1 cbm mit 9000 WE entstand, so war ein Heizwertverlust von 25% eingetreten. Das Gasvolumen war auf den 4. Teil zurückgegangen, der Heizwert aber auf das 3fache erhöht; es war jetzt in einem Kubikmeter soviel Heizwert konzentriert wie vorher in dreien. Man hat damals versucht, auf diesem Wege die Vergasung der Kohle wirtschaftlich zu gestalten, der sogenannte Cedfordprozeß ist ein Beispiel davon. Da entsprechend der Vorschrift von SABATIER feinverteiltes Nickel als Kontakt verwendet wurde, mußte das Wassergas auf das Sorgfältigste von Schwefelverbindungen gereinigt werden. Man versuchte dies u. a. in der Weise, daß man nach dem LINDESchen Verfahren das Gas durch Tiefkühlung und Kompression soweit verflüssigte, daß ein Teil des Kohlenoxyds und die Verunreinigungen sich ausschieden, während ein gereinigter Gasrest übrig blieb, in welchem sich die Menge des Wasserstoffs zu der des Kohlenoxyds verhielt wie 3:1, während im ursprünglichen Wassergas das Mengenverhältnis 1:1 gewesen war, mit anderen Worten, $\frac{2}{3}$ des Kohlenoxyds und die katalytisch gefährlichen Verunreinigungen sollten ausgefroren werden. In den Jahren vor dem Kriege machte man sich in vielen Kreisen Hoffnung, daß auf diese Weise die restlose Vergasung der Kohlen gelöst werden könne, indem man sich nicht auf die Wassergaserzeugung beschränkte, sondern die katalytische Umwandlung desselben in das heiz-

kräftigere und ungiftige Methan hinzufügte. Aber auch in dieser schon vollkommeneren Form hat sich die restlose Vergasung der Kohle nicht eingeführt. Über die Gründe beschränkt man sich zweckmäßigerweise auf Vermutungen. Betrachtet man die technische Seite, so ist zwar anzunehmen, daß durch das Ausfrierverfahren die gefährlichen Verunreinigungen beseitigt werden können, ob aber in einem auf die Dauer ausreichendem Maße, ist nicht ohne weiteres zu sagen. Von der wirtschaftlichen Seite aus betrachtet ist wohl anzunehmen, daß die Gasreinigung und Regulierung der Gaszusammensetzung durch das Ausfrierverfahren zu kostspielig war, denn schließlich wurde doch als einziges Ergebnis des ganzen Prozesses lediglich Methan gewonnen, das vielfach nicht soviel wertvoller war als das Wassergas. Und doch wäre es so außerordentlich wichtig, wenn die Kokereien und Gasanstalten ihre Koksüberschüsse ebenfalls mehr oder weniger restlos in heizkräftiges Gas verwandeln und dieses dem Leuchtgas beimengen könnten, anstatt vorübergehend oder dauernd in große Schwierigkeiten bez. des Koksabsatzes zu geraten.

Hier kann nun die Kohlenverflüssigung als wichtiger Helfer sich erweisen. Ich setze voraus, daß es den Lesern aus den vielen Veröffentlichungen der letzten Zeit bekannt ist, daß es zur Zeit 3 Methoden der Kohlenverflüssigung gibt, nämlich 2 Hochdruckverfahren und ein Verfahren, welches bei gewöhnlichem Druck arbeitet. Von den ersten beiden stammt das eine von BERGIUS und besteht in der Einwirkung von Wasserstoff auf Kohlen bei etwa 450° und mehreren hundert Atmosphären Druck. Das andere ist ebenfalls ein Hochdruckverfahren und stammt von der Badischen Anilin- und Sodafabrik. Bei ihm wird Wassergas beispielsweise bei 100 Atm-Druck über Kontakte geleitet, wobei erdölartige und sauerstoffhaltige organische Verbindungen entstehen, je nach den Versuchsverhältnissen. Das Verfahren bei gewöhnlichem Druck stammt von DR. TROPSCH und mir und bildet eigentlich die Weiterentwicklung der SABATIERschen Methanherstellung. Es vollzieht sich bei Temperaturen zwischen 200 und 300° und gewöhnlichem Druck mit Katalysatoren, die meist Kobalt oder Eisen enthalten. Es geht von Wassergas aus, das Verhältnis der Bestandteile braucht jedoch nicht verändert zu werden, aber die katalytisch schädlichen Verunreinigungen müssen entfernt werden, was jedoch auf eine neue und sehr viel einfachere Art geschieht, als es SABATIER vor-

geschlagen hatte. Das Verfahren gestattet nun, beispielsweise beim Überleiten des Wassergases über einen Katalysator, Benzin, Petroleum und festes Paraffin zu erzeugen, deren gegenseitiges Mengenverhältnis durch die Versuchsbedingungen variiert werden kann. Festes Paraffin und Petroleum scheiden sich von selbst aus dem Reaktionsgase aus, das Benzin wird aus ihm mit einem festen Absorptionsmittel herausgenommen und aus diesem nachträglich in bekannter Weise mit Dampf herausgeblasen. Das so gewonnene Benzin ist wasserklar, unveränderlich und ist praktisch identisch mit dem besten amerikanischen Luxusbenzin. Irgendeine Raffination ist überflüssig. Beim einmaligen Übergang über den Katalysator ist das Gas jedoch noch nicht vollkommen umgesetzt, man leitet es deshalb noch über einen zweiten Katalysator, der den Umsatz vervollständigt. Nach Herausnahme der neugebildeten Menge flüssiger Produkte und Auswaschen der Kohlensäure hinterbleibt dann ein Gas von 6—7000 WE/cbm und noch mehr, je nach den Versuchsbedingungen. Betrachtet man unsere Art der Kohlenverflüssigung, die sich über das Wassergas bei gewöhnlichem Druck vollzieht, vom Standpunkt der restlosen Kohlenvergasung, so kommt man zu einem interessanten Ergebnis. Sie kann nämlich als vereinfachter und verbesserter Cedfordprozeß aufgefaßt werden. Vereinfacht durch den Fortfall des Ausfrierverfahrens und ganz wesentlich verbessert dadurch, daß sie nicht nur Methan, sondern als weitere Produkte Benzin, Petroleum und festes Paraffin liefert. Ob man diese Produkte dabei als Nebenprodukte oder Hauptprodukte bezeichnen will, hängt davon ab, wozu man den Prozeß in erster Linie zu benutzen beabsichtigt. Man kann ihn leicht so leiten, daß er mehr heizkräftiges Gas oder so, daß er mehr flüssige Produkte liefert. Es wird noch allerlei Arbeit kosten, bis dieses 3. Stadium der restlosen Kohlenvergasung in die Praxis eingeführt ist. Aber der Umstand, daß es ohne Anwendung von hohen Drucken ausgeführt werden kann, eröffnet ihm vor allem auch im Hinblick auf die kommende Ferngasversorgung Aussichten. Denn die künftige Entwicklung der Kohlenwirtschaft geht doch wohl dahin, daß, soweit die Kohlen in den Kohlengewinnungsgebieten nicht in elektrische Energie umgewandelt und als solche versandt werden, sie in Form von heizkräftigem Gas und Ölen durch Fernleitungen anstatt durch Eisenbahnen und Schiffe ihren Verwendungsort erreichen.

Über ein Gasyrometer.

VON HERMANN SCHMIDT, Düsseldorf.

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Eisenforschung.)

Das Zusammenwirken von Wissenschaft und industrieller Technik bringt eine Reihe von Kleinaufgaben hervor, zu denen auch die Frage der Gastemperaturmessung gehört. Für die Energiewirtschaft der Tech-

nik und für das Studium der Fragen des Wärmeübergangs ist die Messung der Temperatur von Gasen nicht zu entbehren. Es fehlt aber für viele Fälle bisher eine befriedigende Lösung dieser Aufgabe.

Die Schwierigkeit der Gastemperaturmessung liegt darin, daß das Thermometer (Thermoelement) mit seiner selektiv strahlenden Umgebung (Gas und Wände des Gasbehälters) oft nicht im Strahlungsgleichgewicht steht, sondern infolge seiner Ausstrahlung Energie verliert; den Fall des Energiegewinns durch Einstrahlung schalten wir aus. In vielen Fällen, z. B. bei Flammrohrkesseln, Gaskanälen, Winderhitzern und Glühöfen, überwiegt übrigens die Einstrahlung die Ausstrahlung meist erheblich.

Neben mehreren anderen Verfahren wird in den sog. *Absauge- oder Durchflußpyrometern* die Fehl Anzeige eines einfachen Thermoelements durch Vergrößerung des Wärmeübergangs von dem Gas an das Thermometer durch erzwungene Strömung gemindert. Die Beseitigung des Fehlers ist durch alleinige Steigerung der Durchflußgeschwindigkeit in vielen Fällen jedoch nicht zu erreichen. Die mit steigender Gasgeschwindigkeit asymptotisch erreichte Temperaturanzeige des Pyrometers braucht nicht die Gastemperatur zu sein.

Bessere Meßergebnisse können durch Einbau eines *Strahlungsschutzes* erzielt werden, der auf die Temperatur des Meßinstrumentes elektrisch aufgeheizt wird, wobei ein zweites Instrument zur Messung der Temperatur des Strahlungsschutzes dient. Ein solcher Strahlungsschutz macht das Instrument jedoch träge, so daß das Meßverfahren zeitraubend und bei Inkonstanz der zu messenden Temperatur erschwert oder praktisch unmöglich wird. Sodann muß der Strahlungsschutz, der in Form eines Zylinders das Thermoelement umgibt, verhältnismäßig ausgedehnt sein, damit die Abstrahlung des Thermoelements durch die Grundflächen des Zylinders möglichst gering wird. Die für exakte Messungen erforderliche gleichmäßige Temperatur des Strahlungsschutzes ist besonders in strömenden heißen Gasen örtlich und zeitlich veränderlicher Temperatur kaum zu gewährleisten. Ferner ist bei der Methode des geheizten Strahlungsschutzes eine Überheizung des Meßthermoelements durch Überkompensation des Strahlungsverlustes möglich. Schließlich bleiben Verluste durch Ableitung auch bei Verwendung eines geheizten Strahlungsschutzes eine Quelle für Meßfehler.

Ein zuerst auf Anregung von NERNST von BERKENBUSCH angewandtes und später von HANS SCHMIDT verbessertes Verfahren zur Messung von Flammentemperaturen beruht nun darauf, daß man dem Thermoelement unmittelbar den Energieverlust, den es durch Ausstrahlung erfährt, aus einer sekundären Energiequelle ersetzt. Dieser Energieverlust durch Ausstrahlung ist jedoch nur dann bekannt, wenn das Thermoelement das Strahlungsfeld allein bestimmt, wie es z. B. bei der Messung in einer dünnen, frei brennenden Bunsenflamme, mit größter Näherung zutrifft.

In den genannten technischen Fällen bestimmt aber die Umgebung oft wesentlich, aber in verschiedenem und im Einzelfall auch veränderlichem

Maß das Strahlungsfeld in der Umgebung des Thermometers mit, so daß das Maß der sekundär zuzuführenden Energie unbekannt bleibt und man bei einer ohne Rücksicht auf die Einstrahlung gewählten Aufheizung des Thermoelements die Gastemperatur überschreitet. Dieser Fall ist aber leicht zu erkennen, da der konvektive Wärmeübergang von Gas an das Thermoelement von der Gasgeschwindigkeit abhängig ist. *Ist das Thermoelement überheizt, so wird bei mäßiger Beschleunigung des Gasstromes in der Umgebung seiner Lötstelle die Temperatur der Lötstelle sinken; ist dagegen die Lötstelle noch nicht auf die Gastemperatur geheizt, so wird bei der gleichen Beschleunigung des Gasstromes die Temperatur steigen.* Es wird leicht sein, die Gastemperatur zwischen zwei nahe beieinanderliegende Temperaturwerte einzugrenzen. Das Schema einer solchen gaspyrometrischen Messung zeigt Fig. 1. Die Fußpunkte der Pfeile

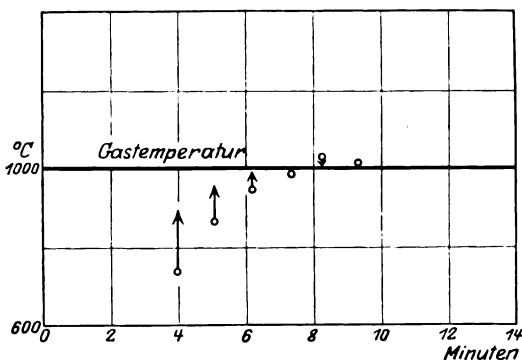


Fig. 1. Schema der Messung mit dem Gaspyrometer.

geben die infolge der Heizung erreichte Gleichgewichtstemperatur an; die Pfeilrichtung und Pfeillänge bezeichnen Steigen oder Fallen der Temperatur des Heizbügels infolge der Beschleunigung des Gasstromes. Die Gastemperatur liegt zwischen zwei einander entgegenzeigenden Pfeilspitzen.

Die praktische Ausführung der Meßanordnung des Gaspyrometers zeigen die folgenden Bilder. Fig. 2 und 3 zeigt den Kopf des Pyrometers.

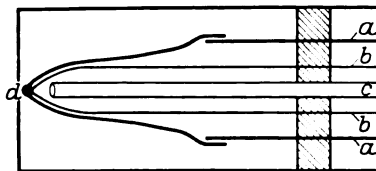


Fig. 2. Gaspyrometerkopf; Schema.



Fig. 3. Gaspyrometerkopf.

Die Heizung des Thermoelements erfolgt durch einen elektrisch geheizten Chromnickelbügel (a), mit dem die Lötstelle des Thermoelements (b) vernietet ist. Die Lötstelle ist unmittelbar hinter einer Düse (d) angeordnet. Die Beschleunigung des Gases erfolgt z. B. durch Absaugen mit einer Wasserstrahlpumpe durch das Saugrohr (c). Fig. 4 zeigt in leichtverständlicher Weise die Gesamtanordnung des Pyrometers; für die elektrische Heizung wird zweckmäßig Wechselstrom unter Zwischenschaltung eines Transformators verwandt, damit die Spannung an dem Meßinstrument niedrig bleibt und es an eine gewöhnliche Lichtleitung angeschlossen werden kann.

Als Beispiel für betriebsmäßige Messungen ist in Fig. 5 eine Meßreihe gezeigt, die etwa 1 m

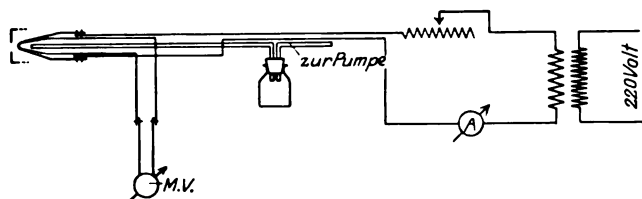


Fig. 4. Schaltung des Gaspyrometers.

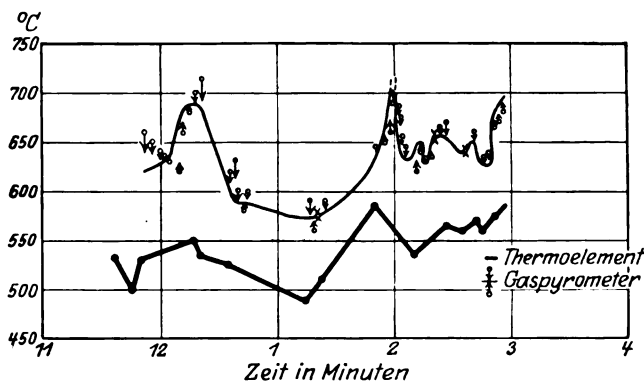


Fig. 5. Gastemperatur; Kupolofen.

unterhalb der Gichtbühne eines Gießerei-Kupolofens während des Betriebes aufgenommen wurde. Das Absaugen mit der Wasserstrahlpumpe konnte hier fortfallen; wegen des Überdrucks im Ofen genügte es, den Abschlußhahn des Pyrometers zu öffnen oder zu schließen. Die untere Kurve gibt die Temperaturen des ungeheizten Thermoelements bei der natürlichen Strömung des Gases wieder. Es hat sich gezeigt, daß es leicht gelingt, die Gastemperatur bei ausreichender zeitlicher Konstanz in ein Temperaturintervall von 10° einzugrenzen. Die große Differenz zwischen den beiden Kurven läßt einmal die praktische Bedeutung der Gastemperaturmessung deutlich erkennen und weist ferner auf einen auffallend geringen Wärmeübergang des Gases an seine Umgebung hin. Fig. 6 gibt eine Messung an einem Selschlufhofen wieder. Die Konstruktion dieses Ofens bringt es mit sich, daß Gas- und Wand-

temperatur nur wenig voneinander abweichen. Der Umkehrpunkt trat nicht auf; bei Absaugen ohne Heizung trat keine Temperatursteigerung ein.

Zur Kritik des Verfahrens: Die Messung der räumlichen Temperaturverteilung ist im allgemeinen nicht möglich; das Temperaturfeld wird durch die Messung verändert; die Messung ergibt bei örtlicher Inkonzanz der Temperatur einen Mittelwert über das für eine Beobachtung nötige Durchflußvolumen. Bei Steigerung der Gasgeschwindigkeit, die die vorher erwähnte Empfindlichkeit erhöht, vergrößert sich das Volumen, das zur Mittelwertbildung beiträgt. Für viele praktische Fälle ist aber diese Mitteltemperatur gerade die gesuchte Größe.

Es läßt sich ferner leicht zeigen, daß bei den geringen notwendigen Beschleunigungen der Gasbewegung eine Abkühlung des

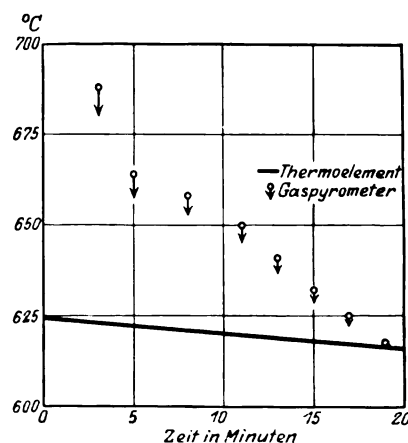


Fig. 6. Gastemperaturmessung; Selschluf.

Gases durch adiabatische Ausdehnung nicht wesentlich in Frage kommen kann.

Die Konstruktion ist schließlich so gewählt, daß das Gas nicht vorzeitig an die Rohrwände Wärme abgibt und bei eigener Abkühlung die Rohrwände aufheizt. Das Verfahren ist endlich auf Temperaturen bis 1100°C der

verwendeten Materialien wegen vorläufig beschränkt.

Im Hinblick auf die Messung hoher Temperaturen im Bereiche der radiometrischen Temperaturskala wird man den Anschluß an die optische Pyrometrie suchen, der grundsätzlich dadurch gegeben ist, daß man z. B. an Stelle des Heizbügels etwa einen

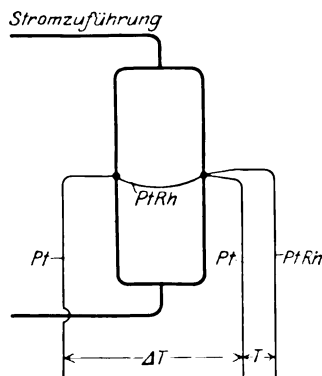


Fig. 7. Selbsttätiger Gaspyrometer; Schema.

geheizten dünnen Platindraht oder einen Nernststift setzt und mit einem optischen Pyrometer (gegebenenfalls Mikropyrometer) beobachtet, ob seine Temperatur bei Veränderung der Gasgeschwindigkeit steigt oder fällt. Schwierigkeiten, die in Unkenntnis des Absorptionsvermögens begründet sind, sind bei Verwendung eines Mikropyrometers z. B. dadurch zu beseitigen, daß man den anvisierten Strahler als kleinen schwarzen Körper ausbildet.

Für viele technische Zwecke ist die *selbsttätige Messung* erwünscht. Die Aufgabe ist hierbei, den Heizbügel stets selbsttätig auf Gastemperatur auf-

zuheizen. Grundsätzlich kann das so geschehen, daß man die beiden Zweige des in Fig. 7 schematisch gezeichneten Heizbügels, die beide gleichmäßig aufgeheizt werden, verschiedenen Gasgeschwindigkeiten aussetzt. Dann wird sich nur im Falle sie auf die Gastemperatur aufgeheizt sind, keine Temperaturdifferenz zwischen ihnen einstellen ($\Delta T = 0$); die andernfalls auftretende Temperaturdifferenz kann zur Steuerung des Heizstromes dienen. Es ist dabei vorausgesetzt, daß die Gastemperaturen an den beiden Heizbügelzweigen die gleiche ist.

Über die Röntgen-Emissionsspektren der Eisenmodifikationen.

VON FRANZ WEVER, Düsseldorf.

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Eisenforschung.)

Untersuchungen über den Einfluß der chemischen Bindung auf das Röntgenspektrum sind wiederholt angestellt worden; sie führten zu dem Ergebnis, daß die im Molekül gebundenen Atome bei den leichteren Elementen eine meßbare Rückwirkung auf die für das Röntgenspektrum verantwortlichen zentralen Elektronenschalen besitzen. Dagegen ist das vorliegende Beobachtungsmaterial über Abweichungen in den Spektren verschiedener Modifikationen eines Stoffes, das Aufschluß über den etwaigen Einfluß der Natur der Bindung gleichartiger Atome im Kristallgitter geben könnte, noch sehr spärlich. Als erster untersuchte K. BERGENGREN¹⁾ die K-Absorptionsspektren der verschiedenen allotropen Modifikationen des Phosphors; er fand die Absorptionskante des chemisch inaktiven schwarzen Phosphors bei 5767 X. E. um 17 X. E. nach größeren Wellenlängen gegen die der chemisch aktiven Modifikation verschoben, die violette Phosphormodifikation zeigte zwei verschiedene Absorptionskanten, von denen die eine mit der Kante des schwarzen Phosphors und die andere nahezu mit der des Phosphors in der Phosphorsäure und im Ammoniumphosphat übereinstimmt; BERGENGREN schrieb die letztere dem weißen Phosphor zu. Im Rahmen einer eingehenden Untersuchung über den Einfluß der chemischen Konstitution auf das Röntgenabsorptionsspektrum des Chlors und Schwefels unternahm A. E. LINDH²⁾ eine Nachprüfung der Ergebnisse BERGENGRENS, ohne jedoch dessen Beobachtungen in allen Punkten bestätigen zu können. Nach LINDH besteht ein erheblicher Unterschied von 24 X. E. in der Lage der Absorptionskanten für die weiße Modifikation und für den Phosphor in Phosphorsäure; die Wellenlängendifferenz der Kanten für den weißen und den violetten Phosphor betrug dagegen nur 6,3 X. E., während zwischen schwarzem und violettem Phosphor ein Unterschied nicht nachgewiesen werden konnte. Eine spätere Nach-

prüfung durch O. STELLING¹⁾ bestätigte die Ergebnisse LINDHS auf das beste; eine Zusammenstellung der Messungen STELLINGS ist in Zahlen-tafel I wiedergegeben.

Zahlentafel 1.

Wellenlänge der Absorptionskanten verschiedener Phosphor-Modifikationen.

Substanz	λ in X. E.
Weißer Phosphor	5776,9
Violetter Phosphor	5771,5
Schwarzer Phosphor	
Hypophosphit	5757,5
Phosphit	5754,1
Phosphat	5750,7

Beobachtungen über etwaige Unterschiede in den K-Emissionsspektren der allotropen Modifikation eines Stoffes liegen bisher nicht vor.

Das Element 26 Fe kristallisiert in zwei Modifikationen, von denen die erstere, α -Eisen, der kubisch-innenzentrierten Raumgruppe Ic'' nach SCHÖNFLIES angehört und unterhalb 906° C sowie wieder oberhalb 1401° C bis zum Schmelzpunkt bei 1521° C stabil ist; ihr Existenzbereich wird zwischen 906 und 1401° C durch die γ -Modifikation unterbrochen, die in der kubisch-flächenzentrierten Raumgruppe Ic' kristallisiert²⁾. Nach Messungen von C. BENEDICKS³⁾ ist die polymorphe $\alpha\gamma$ -Umwandlung bei 906° C mit einer linearen Kontraktion von 0,082% verbunden, während sich aus der Annahme gleicher Atomvolumina und dichter Kugelpackung in beiden Phasen eine Kontraktion von 2,7% berechnen würde; der Atombestand vergrößert sich demnach bei der Umwandlung um nahezu 2,7%. Die Wärmetönungen der $\alpha\gamma$ - und $\gamma\delta$ -Umwandlung sind beide positiv, sie betragen nach den Beobachtungen von

¹⁾ O. STELLING, Zeitschr. f. anorg. Chem. 131, 48. 1923.

²⁾ F. WEVER, Zeitschr. f. anorg. Chem. 154, 294. 1926.

³⁾ C. BENEDICKS, Journ. Iron and Steel Inst. 89, 407. 1914.

¹⁾ K. BERGENGREN, Zeitschr. f. Phys. 3, 247. 1920.

²⁾ A. E. LINDH, Zeitschr. f. Phys. 6, 303. 1921.

F. WÜST, R. DURRER und A. MEUTHEN¹⁾ 6,67 bzw. 1,94 cal/g; die spezifische Wärme der γ -Phase ist kleiner als die der α -Phase.

Die ferromagnetische α -Modifikation des Eisens verliert bei 768° C ihre Magnetisierbarkeit, wobei gleichzeitig auch alle anderen Eigenschaften mehr oder weniger deutliche Unregelmäßigkeiten aufweisen. Sie ist im Gegensatz zu den polymorphen Umwandlungen bei 906 und 1401° C nicht mit einer Änderung des Krystallitgefüges verbunden, wie auch bei 768° C die Raumgruppe Ic'' unverändert erhalten bleibt. Nachdem schließlich durch Laueaufnahmen an Eiseneinkrystallen bei Temperaturen unterhalb bzw. dicht oberhalb der magnetischen Umwandlung²⁾ nachgewiesen ist, daß sich auch die Orientierung des Gitters bei der Umwandlung nicht ändert, muß damit als sicher gestellt gelten, daß die magnetische Umwandlung des Eisens nicht als Polymorphismus im gebräuchlichen Sinne aufgefaßt werden kann. Darüber hinaus ergibt eine Kritik der zahlreichen Beobachtungen über die Temperaturabhängigkeit der Eigenschaften des Eisens, daß für keine der untersuchten Eigenschaften eine Unstetigkeit bei 768° C mit Sicherheit angenommen werden kann; es muß danach auch in Zweifel gestellt werden, ob die magnetische Umwandlung eine Phasenumwandlung nach der Definition der Phasenlehre ist.

In dem skizzierten Zusammenhange besitzt eine Suche nach etwaigen Unterschieden in den Röntgen-Emissionsspektren der verschiedenen Eisenmodifikationen in mehrfacher Hinsicht Interesse. Sie kann zunächst Aufschluß darüber geben, wieweit bei der polymorphen $\alpha\gamma$ -Umwandlung die mit der Krystallstruktur sich ändernde Bindung der Atome im Gitter auf die inneren Elektronenschalen rückwirkt, d. h. ob auch in dieser Hinsicht eine Parallele zu den chemischen Valenzkräften besteht, deren Einfluß auf die Wellenlängendifferenz des $K\alpha$ -Dubletts von B. B. RAY³⁾ auch für Eisen nachgewiesen wurde. Sie ist andererseits geeignet, einen Beitrag zu der noch offenen Frage zu liefern, ob die den Verlust des Ferromagnetismus bedingenden Veränderungen im Atom sich allein in den äußeren Elektronenschalen abspielen, oder ob eine nachweisbare Rückwirkung auf das Atominnere vorhanden ist. Mit nachstehendem sollen die Ergebnisse einiger dahingehender gemeinsam mit J. KREISCHER ausgeführter Beobachtungen mitgeteilt werden, die sich auf die relativen Wellenlängen und Abstände des $K\alpha$ -Dubletts beschränken; sie wurden durch Überlassung eines Siegbahn-Spektrographen durch die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft ermöglicht, der auch an dieser Stelle wärmster Dank ausgesprochen werden soll.

Eine Untersuchung der Röntgen-Emissions-

spektren der Eisenmodifikationen wird wesentlich durch den Umstand erleichtert, daß es möglich ist, durch verhältnismäßig geringe Zusätze den Existenzbereich der unmagnetischen γ -Phase bis auf Raumtemperatur auszudehnen; besondere Vorteile bietet in dieser Hinsicht die Verwendung von Mangan, da dieses nur einen sehr geringen Einfluß auf den Gitterparameter besitzt⁴⁾. Neben einem reinen, durch längeres Glühen im Vakuum bei 900° C von dem okkludierten Wasserstoff befreiten Elektrolyteisen wurde daher eine Eisen-Mangan-Legierung mit 14% Mn untersucht, die durch Abschrecken von 1000° C in Wasser in der γ -Modifikation fixiert worden war. Dabei wurde durch eine mikroskopische Prüfung vor und nach der Aufnahme sichergestellt, daß eine Umwandlung in die α -Form nicht eingetreten war. Aus den Proben wurden dünne Plättchen hergestellt und auf die Kupferanode einer Glühkathodenröntgenröhre aufgelötet²⁾.

Für die Aufnahmen wurde der von M. SIEGBAHN angegebene große Vakuumspektrograph in der Bauart von C. LEISS, Berlin, benutzt; als beugender Krystall diente ein Flußspat mit angeschliffener und polierter Oberfläche von Dr. STEEG und REUTER, Homburg v. d. Höhe. Die Aufnahmen wurden bei ruhendem Krystall nach der von SIEGBAHN angegebenen Methodik unter Beugung nach links und rechts ausgeführt; der Drehwinkel des Krystalles wurde gegen den berechneten Betrag um 30' vergrößert, er konnte mit dem sehr guten Teilkreis des Instrumentes gut reproduzierbar eingestellt werden. Die Belichtungszeiten betrugen bei einer Spaltbreite von 0,018 mm und ca. 7,5 mA bei 35 kV je eine Stunde.

Entsprechend der Beschränkung der Problemstellung konnte auf die zeitraubende und schwierige Justierung des Krystalles in die Drehachse bzw. auf eine exakte absolute Wellenlängenbestimmung verzichtet werden; die erreichte relative Genauigkeit erhellt aus den in Zahlentafel 3 angegebenen Einzelwerten verschiedener Aufnahmen. Die Vermessung der Platten wurde mit Hilfe eines Komparators von ZEISS ausgeführt; als Beispiel für die erzielte Genauigkeit ist in Zahlentafel 2 eine vollständige Vermessung wiedergegeben. Die Berechnung erfolgte unter Zugrundelegung eines Kameraradius von 177,21 mm, die Werte $\log 2d$ für den benutzten Kalkspat wurden unter Berücksichtigung der Aufnahmetemperatur den Tabellen von P. GÜNTHER³⁾ entnommen. Eine Zusammenstellung von jeweils fünf Einzelbeobachtungen für α - und γ -Eisen an verschiedenen Anoden ist in Zahlentafel 3 mitgeteilt, die wahrscheinlichen Fehler der Mittelwerte betragen $0,009 \times 10^{-11}$ cm.

Das Ergebnis der Beobachtungen läßt sich dahin zusammenfassen, daß innerhalb der er-

¹⁾ F. WÜST, R. DURRER und A. MEUTHEN, Forsch.-Arb. a. d. Geb. d. Ing.-Wesens, Nr. 204. 1918.

²⁾ F. WEVER, Mitt. a. d. Kaiser Wilhelm-Inst. f. Eisenforschung demnächst.

³⁾ B. B. RAY, Phil. Mag. 49, 168. 1925.

⁴⁾ F. WEVER, Naturwissenschaften 12, 1106. 1924.

²⁾ M. SIEGBAHN, Spektroskopie der Röntgenstrahlen, S. 37. Berlin 1924.

³⁾ P. GÜNTHER, Tabellen zur Röntgenspektalanalyse. Berlin 1924.

Zahlentafel 2.

Vermessung einer Aufnahme: Platte 30;
 α -Eisen; $T = 20,2^\circ \text{C}$.

K_{α_1} mm	K_{α_2} mm	K_{α_3} mm	K_{α_4} mm	$\Delta \alpha_1$ mm	$\Delta \alpha_2$ mm
75,582	75,731	76,627	76,876	1,396	0,896
83	32	28	78	95	96
82	32	27	77	95	95
82	33	28	78	96	95
81	32	29	78	97	97
75,582	75,732	76,627	76,877	1,395	0,895

$\Delta \alpha_1 = 0,250 \text{ mm}$, $\Delta \alpha_2 = 0,250 \text{ mm}$

reichsten Meßgenauigkeit Unterschiede in den Wellenlängen des $K\alpha$ -Dubletts sowie in dem Dublettband selbst nicht nachgewiesen werden konnten. Damit ist sichergestellt, daß die Änderung des Krystallgitters bei der polymorphen Umwandlung des Eisens ohne Einfluß auf das Atominnere ist; zugleich wird damit ein Beleg dafür erbracht, daß der Verlust des Ferromagnetismus

ebenfalls ohne Rückwirkung auf die für das K-Spektrum verantwortlichen inneren Elektronenschalen bleibt.

Zahlentafel 3.

Relative Wellenlängen des $K\alpha$ -Dubletts der Eisen-Modifikationen.

Nr. d. Aufn.	Modifikation	λ_1 in mm	λ_2 in mm	$T^\circ \text{C}$	K_{α_1} in X. E.	K_{α_2} in X. E.	λ_1 in X. E.
30	α -Eisen	1,395 ₈	0,895 ₈	20,2	1931,92	1935,97	4,05
34	(magnetisch)	1,393 ₆	0,895 ₄	20,3	1931,92	1935,97	4,05
37		1,395 ₈	0,894 ₄	20,8	1931,92	1935,97	4,05
38		1,393 ₂	0,893 ₀	20,5	1931,94	1936,00	4,06
45		1,392 ₇	0,893 ₆	17,2	1931,88	1935,93	4,05
32	γ -Eisen	1,393 ₆	0,895 ₂	20,7	1931,94	1935,98	4,04
36	(unmagnet.)	1,395 ₂	0,894 ₄	20,6	1931,93	1935,97	4,04
40		1,394 ₂	0,894 ₀	21,3	1931,94	1935,99	4,05
41		1,392 ₈	0,893 ₂	18,5	1931,90	1935,95	4,05
46		1,395 ₃	0,895 ₂	20,0	1931,91	1935,96	4,05

Mittelwerte

α -Eisen:	1931,91 ₆	1935,97	4,05
γ -Eisen:	1931,92 ₄	1935,97 ₄	4,05

Beitrag zum Härteproblem.

Von G. SACHS, Berlin-Dahlem.

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Metallforschung.)

1. Theoretische Vorstellungen über die Härte.

Bei der hohen praktischen Bedeutung der Eindruckhärteprüfung für die Technik sind zahlreiche theoretische und experimentelle Ansätze zu einer systematischen Grundlegung der Härte unternommen worden. Da eine experimentelle Klärung des Materialflusses bei verwickelten plastischen Vorgängen bisher nicht erreicht worden ist, haben theoretische Vorstellungen über die Härte, besonders diejenigen von HERTZ¹⁾ und PRANDTL²⁾, allgemeine Beachtung gefunden.

Während HERTZ auf Grund elastizitätstheoretischer Betrachtungen aus der Größe der Kraft beim Eintritt der ersten bleibenden Formänderungen eine Härteziffer entwickelt, versucht PRANDTL, die Härte aus dem plastischen Gleichgewichtszustand eines Körpers abzuleiten.

Die Arbeiten von HERTZ haben sehr befruchtend gewirkt, und verschiedene weit verbreitete Härteprüfverfahren führen wahrscheinlich mehr oder weniger unmittelbar auf seine Untersuchungen zurück. Seine Vorstellung von der Existenz einer theoretisch begründbaren „absoluten“ Härteziffer hat sich jedoch als unhaltbar erwiesen³⁾.

PRANDTL nimmt für den Eindruck eines starren Stempels in prismatische Körper mit verschiedenen

geneigten Begrenzungen eine Aufteilung in plastische und elastische Bereiche vor, die mit den von ihm entwickelten Gleichungen in Übereinstimmung steht. Unter der Annahme einer konstanten Schubspannung im plastisierten Bereich läßt sich dann der Widerstand des Körpers, seine „Härte“ berechnen. Und zwar geht PRANDTL von der Vorstellung eines „ideal-plastischen“ Stoffes aus, bei dem entsprechend Fig. 1 nach Erreichung eines bestimmten kritischen Wertes der Schubspannung eine Spannungserhöhung ausgeschlossen wird. Die Prüfung der Theorie durch NADAI¹⁾ an Körpern aus Flußeisen schien die Anschauungen PRANDTLs zu bestätigen.

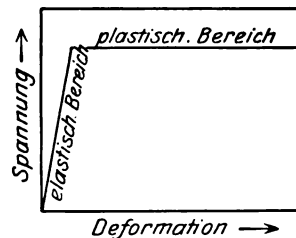


Fig. 1. Hypothetische Spannungs-Deformationskurve für den „ideal-plastischen“ Stoff.

2. Versuchsdurchführung.

Von den technischen verwendet Metallen zeigt kohlenstoffarmes Eisen in seinem Verhalten eine gewisse Ähnlichkeit mit dem hypothetischen ideal-plastischen Stoffe. Nach Erreichung der Streckgrenze fließt das Material, wie Fig. 2 zeigt, unter nahezu gleichbleibender Spannung weiter, ehe nach einer Deformation von einigen Prozenten

¹⁾ H. HERTZ, Journ. f. reine angew. Mathem. 92, 156/71. 1881; Verhandl. d. Ver. z. Bef. d. Gewerbefleißes 1882, S. 449; Gesammelte Werke Bd. I.

²⁾ L. PRANDTL, Nachr. v. d. Ges. d. Wiss., Göttingen, Mathem.-physik. Kl. 1920, S. 74; Zeitschr. f. angew. Mathem. Mechanik 1, 15/20. 1921.

³⁾ Vgl. G. SACHS, Grundbegriffe der mechanischen Technologie der Metalle, S. 67. Leipzig 1926.

¹⁾ A. NADAI, Zeitschr. f. angew. Mathem. Mechanik 1, 20/28. 1921.

der Spannungsanstieg, die „Verfestigung“ einsetzt. Die meisten Metalle, wie z. B. Kupfer, zeigen jedoch entsprechend Fig. 2 im Gegensatz zu Stahl

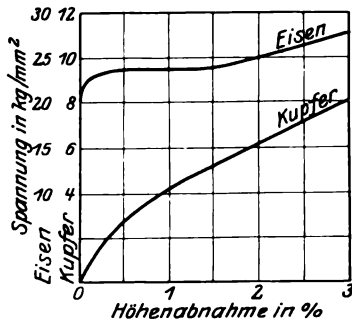


Fig. 2. Spannungs-Deformationskurven für Eisen und Kupfer bei Stauchversuchen.

keine ausgesprochene Grenze zwischen einem elastischen und plastischen Bereich, sondern ein allmähliches Einsetzen bleibender Verformungen unter ständig wachsenden Spannungen.

Um die Anwendungsmöglichkeiten der PRANDTLschen Theorie zu prüfen, wurden eine Reihe von Versuchen an Kupfer und Flußeisen durchgeführt¹⁾. Ausgehend von Versuchen, wie sie schon NADAI ausgeführt hat, war hierbei eine schrittweise Annäherung an die technische Form der Härteprüfung beabsichtigt. Wegen großer experimenteller Schwierigkeit hauptsächlich infolge der unvermeidlichen Ungleichmäßigkeit des Materials, die bei den kleinen in Frage kommenden Formänderungen stark in Erscheinung trat, konnten jedoch bisher nur von einem kleinen Teil der Versuche brauchbare Ergebnisse gewonnen werden.

Die Prüfung der PRANDTLschen Anschauung erstreckte sich einerseits auf den Nachweis der Form des plastisierten Bereichs, andererseits auf den Widerstand mit wachsender Eindrucktiefe bei verschiedener Gestalt der gedrückten Körper.

Bei den Versuchen wurden prismatische Körper mit geneigten Begrenzungsflächen durch einen runden oder prismatischen Stahlstempel in steigendem Maße zusammengedrückt (s. Fig. 7); und bei einer Reihe von Lasten die Abmessungen mittels einer Mikrometerschraube und eines Meßmikroskops von REICHERT bestimmt. Nach den Versuchen wurden die Körper, um eine Rekristallisation des plastisierten Teils hervorzurufen, erhitzt²⁾, und zwar Kupfer auf 700–950°, Eisen auf 800–830°, der Höhe nach zerschnitten und die Querschnitte (möglichst in der Mitte der Körper) angeätzt³⁾. Von Eisen wurden auch ungeglühte

¹⁾ Das Material ist freundlicherweise von den Firmen Kabelwerk der AEG, Berlin und Krupp, Essen, zur Verfügung gestellt worden. Das Kupfer wurde vor dem Versuch bei 550°, 1/2 Stunde geglüht. Flußeisen (Weicheisen WW) gelangte im Anlieferungszustand (geglüht) zur Verwendung.

²⁾ Die Anregung hierzu verdanke ich Herrn Dr. M. POLANYI.

³⁾ Als Ätzmittel wurde für Kupfer 50proz. Salpeter-

Querschnitte nach den Verfahren von FRY¹⁾ behandelt, um Fließfiguren im Innern zu beobachten.

3. Nachweis des deformierten Bereichs durch Rekristallisation.

Durch Rekristallisation läßt sich der plastisierte Bereich einer (vor dem Versuch ausgeglühten) Metallprobe nach dem Erwärmen auf höhere Temperaturen nachweisen. An den Stellen, die Deformationen erlitten haben, entstehen dann neue Kristallkörner. Wird daher ein Körper mit gleichmäßig feinem Korn einem Stempleindruck ausgesetzt und erhitzt, so entsteht entsprechend

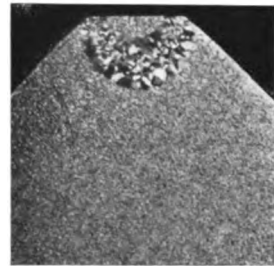


Fig. 3. Rekristallisierter Stempleindruck bei einem Eisenkörper. Gegl. 800°, 1 st. Vergr.: 2,5 mal.

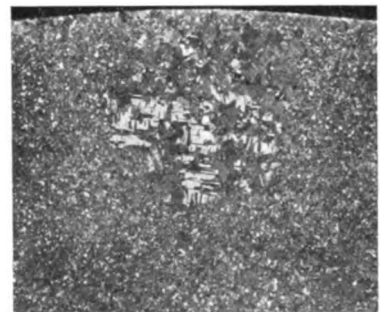


Fig. 4. Rekristallisierter Stempleindruck bei einem Kupferkörper. Gegl. 900°, 1/2 st. Vergr.: 2,0 mal.

Fig. 3 bis 6 eine rekristallisierte Zone mit grobkörnigem Rand. Dabei sind nach den Gesetzen der Rekristallisation die Kristalle dort am größten, wo die Verformung am kleinsten war, soweit die Verformung überhaupt ausreicht, um eine Rekristallisation hervorzurufen.

Aus den Versuchen an Körpern, die oben horizontal oder nur wenig abweichend davon begrenzt waren, ergeben sich, wie z. B. Fig. 3, 4 und 6 zeigen, für die Grenzen des plastisierten Bereichs im Querschnitt nahezu Kreise. In Fig. 7 sind die einzelnen Zonen der Größe des Kornes, Salzsäure konz. Salzsäure gewählt.

¹⁾ A. FRY, Krupp-Monatshefte 2, 117/26. 1921; Stahl u. Eisen 41, 1093/97. 1921; H. MEYER und W. EICHHOLZ, Ber. d. Werkstoffausschusses d. Ver. dtsch. Eisenhüttenl. 1922, Nr. 20.

also dem Betrage der Plastizierung nach, schematisch wiedergegeben und entsprechend schraffiert. Die stärkste und daher zuerst verformte Zone erstreckt sich sichelförmig um einen Halbkreis unterhalb des Eindruckstempels. Darüber bleibt besonders deutlich bei Eisen (Fig. 3) und bei Kupfer nach kleinen Eindrücken ein schmales unrekristallisiertes, also unverformtes Kissen zurück. Die Grenze des plastizierten Bereichs berührt die Oberfläche sehr dicht neben den Schneidenkanten, so daß das zusammengedrückte Material nur in je einen schmalen Streifen neben der Schneide nach oben heraustritt. Ähnlich ist auch nach Fig. 5 die rekristallisierte Zone beim Eindruck von Schneiden, Walzen, Kugeln und Kegeln. Bei Körpern, die

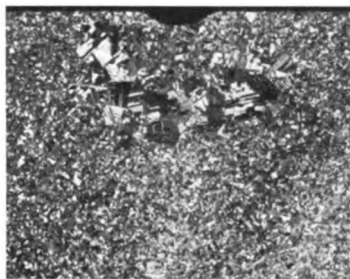


Fig. 5. Rekristallisierter Kugeleindruck bei einem Kupferkörper. Gebl. 750° , $\frac{1}{2}$ st. Vergr.: 2,5 mal.

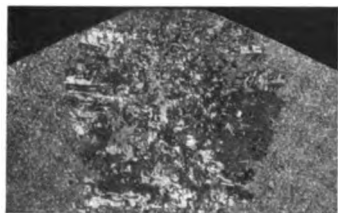


Fig. 6. Rekristallisierter Stempelindruck bei einem Kupferkörper. Gebl. 900° , $\frac{1}{2}$ st. Vergr.: 1,5 mal.

im Vergleich zur Breite des Stempels verhältnismäßig niedrig sind, reicht nach Fig. 6 die plastizierte Zone bis zum Fuß hindurch.

Der beschriebene Befund widerspricht der Anschauung PRANDTL'S, die durch Fig. 8 veranschaulicht ist. Die plastizierte Zone drückt sich nicht in Form von Keilen zu beiden Seiten des Stempels heraus, sondern hat im Querschnitt die Gestalt einer von Kreisen begrenzten Fläche.

Die Beobachtungen an horizontal begrenzten Körpern stehen dagegen in Übereinstimmung mit NADAI'S Zeichnungen der Fließfiguren an den Stirnflächen gedrückter Flußeisenkörper und seinen mathematischen Betrachtungen über die Spannungsverteilung bei rein elastischer Beanspruchung. Danach ergibt sich das halbkreisförmige Gebiet unter dem Eindruckstempel, in dem plastische Verformungen zuerst auftreten, einfach als

die Kurve der größten maximalen Schubspannungen bei Beanspruchung durch eine gleichmäßig verteilte Last auf der Schneidenberührungsfläche. Die weiteren Kreisbögen, die in Fig. 7 die Bereiche verschieden starker Verformung begrenzen, entsprechen den elastizitätstheoretisch berechneten Kurven konstanter (größter) Schubspannung. Sie gehen theoretisch durch die Kanten der Schneide, was auch tatsächlich, z. B. in Fig. 6, annähernd der Fall ist. Der große Radius des äußersten Begrenzungskreises erklärt sich aus der physikalischen Erscheinung der Verfestigung: Durch bleibende Verformungen werden die davon betroffenen Stoffteilchen härter, und die Verformung greift auf einen weiteren Bereich über.

Bei verfestigungsfähigen plastischen Stoffen dürfte danach die Plastizierung in der Weise vor sich gehen, daß zunächst die Stellen größter

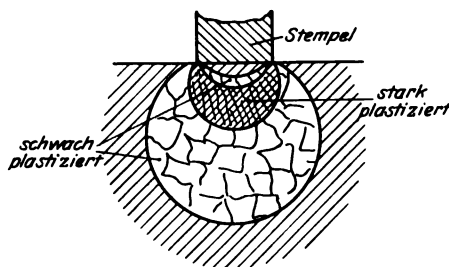


Fig. 7. Gestalt des rekristallisierten Bereichs bei gedrückten Körpern.

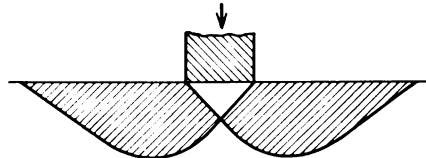


Fig. 8. Plastizierte Zone (schraffiert) bei einem Stempelindruck nach der Theorie von PRANDTL.

gleicher Schubspannung bleibend verformt werden. Dann erweitert sich der plastische Bereich nach oben und unten anscheinend in der Weise, daß die Umgrenzungen angenähert Linien gleicher maximaler Schubspannung im ursprünglichen elastischen Spannungszustand bleiben.

4. Fließfiguren.

NADAI glaubt die Gestalt der bei den Versuchen an Flußeisenkörpern auftretenden Fließfiguren als Bestätigung der PRANDTL'Schen Anschauung ansehen zu können.

Die bei den ersten Deformationen entstehenden Fließfiguren dürfen jedoch für die Beurteilung der plastischen Deformationen nur mit Vorsicht herangezogen werden. Die langen gekrümmten Linien, wie z. B. in Fig. 10, folgen stets ungefähr den Richtungskurven der größten Schubspannung, die in der Regel einen ganz anderen Verlauf haben als die Kurven gleicher maximaler Schubspannung, die nach den Rekristallisationsversuchen den pla-

stischen Bereich begrenzen. Sie verdanken ihr Entstehen einem plötzlichen unstetigen Einsetzen bleibender Formänderungen, bis zu Beträgen von 2% und mehr. Ihre Entstehung und ihr Verlauf zeigt, wie schon von NADAI¹⁾ verschiedentlich betont, viel mehr Ähnlichkeit zum Vorgang des Abschiebungsbruches als zu eigentlich plastischen Vorgängen. Dies gilt besonders für die ersten auftretenden Fließfiguren.

Sobald Eisen jedoch in steigendem Maße deformiert wird, zeichnet sich das plastizierte Gebiet, wie Fig. 9 zeigt, auch äußerlich in gewisser Übereinstimmung mit den Rekristallisationsversuchen an. In ähnlicher Gestalt läßt sich auch nach Fig. 10 der bleibend deformierte Bereich im Innern durch die Fryschen Figuren (bei langanhaltendem Ätzen) nachweisen. Der Bereich der Fließfiguren ist größer als der rekristallisierte Bereich, da Fließfiguren schon bei kleineren Deformationen

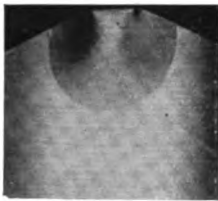


Fig. 9. Fließfiguren auf der Außenseite gedrückter Eisenkörper. Vergr.: 1,0 mal



Fig. 10. Deformierter Bereich im Innern von Eisenkörpern, durch Frysche Ätzung nachgewiesen. Vergr. 1,0 mal.

entstehen als durch Rekristallisation nachgewiesen werden können.

5. Abhängigkeit des Widerstandes von der Probenform und der Eindringtiefe.

Der Widerstand eines Körpers gegen die ersten bleibenden Verformungen, seine „Elastizitätsgrenze“, hat praktisch keine große Bedeutung. Je feiner die Meßeinrichtung, desto niedriger wird diese Grenze gefunden, nicht nur bei Krystallhaufwerken, sondern auch bei einzelnen Metallkrystallen²⁾. Und selbst die ausgesprochene Streckgrenze des Flußeisens ist bei inhomogener Beanspruchung verwischt.

Der einfachere und sichere Weg zum Vergleich der Wirkung verschiedener Beanspruchung, den auch v. KARMAN³⁾ bei seinen Versuchen an Marmor eingeschlagen hat, ist daher die Gegenüberstellung der Deformationskurven. Auch ein zahlenmäßiger Vergleich kann dann bei Zu-

grundelegung entsprechender, nicht zu kleiner Deformationsbeträge einigermaßen zuverlässig durchgeführt werden.

In Fig. 11 sind daher die Spannungen bei wachsender Eindringtiefe für die Flußeisenkörper mit verschiedenen geneigten Begrenzungsflächen (θ) aufgetragen. Die Kurven beginnen bei einer Eindringtiefe von 0,5% der Breite, da sie sich bei kleineren Deformationen verschiedentlich überschneiden, und daher in diesem Bereich als wenig zuverlässig angesehen werden.

Den Kurven in Fig. 11 sind die Widerstände der verschiedenen Körper bei 1, 2, 3 und 4% Deformation entnommen und in Fig. 12 in Abhängigkeit vom Böschungswinkel θ aufgetragen. Für Eisen sind auch an Stelle der Streckgrenze die Werte für die Deformation 0% durch Extrapolation bestimmt und durch den Wert der Streckgrenze für den gewöhnlichen Druckversuch ergänzt.

Sowohl Fig. 11 wie Fig. 12 zeigen, daß das Verhältnis der Widerstände verschiedener Körper sich mit fortschreitender Deformation nicht wesentlich ändert, daß also ohne Bedeutung ist, welcher Deformationsbetrag der Betrachtung zugrunde gelegt wird.

Die Abhängigkeit des Eindringwiderstandes vom Böschungswinkel ist hier teilweise eine andere, als sie sich nach der Theorie von PRANDTL ergibt. Danach soll der Widerstand verschiedener Körper linear mit ihrem Böschungswinkel θ anwachsen. Für kleine Winkel θ ist diese Forderung der PRANDTL'schen Theorie annähernd erfüllt; bei großen Winkeln θ verändert sich der Widerstand jedoch nur noch wenig. Die durch x in Fig. 12 angedeuteten Werte von NADAI für die Streckgrenze, die anscheinend an Hand der Beobachtungen von Fließfiguren gewonnen sind und der Theorie von PRANDTL nahezu entsprechen, weichen mit zunehmendem Böschungswinkel immer stärker von den hier gefundenen Werten ab. Dies erklärt sich wohl daraus, daß Fließfiguren keine quantitative Festlegung der Streckgrenze gewährleisten.

In Fig. 12 ist noch mit $\odot$ der Wert eingezeichnet, der sich elastizitätstheoretisch für die Streck-

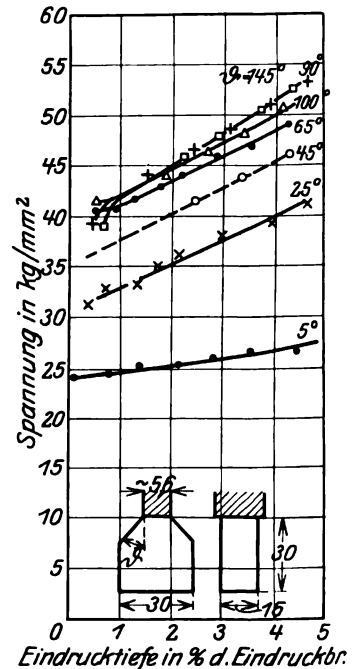


Fig. 11. Eindringwiderstand von Eisenkörpern mit zunehmender Eindringtiefe.

¹⁾ A. NADAI, Zeitschr. f. angew. mathem. Mechanik 1, 20/28. 1921; Schweiz. Bau-Ztg. 83, 6. 1924.

²⁾ M. POLANYI und G. SACHS, Zeitschr. f. Phys. 33, 692/705. 1925.

³⁾ v. KARMAN, Zeitschr. d. Ver. dtsch. Ing. 55, 1749/55. 1911; Forschungsarb. d. Ver. dtsch. Ing. 1912, H. 118, S. 37/68.

grenze ergibt, unter der Annahme, daß die Schubspannung für das Einsetzen bleibender Formänderungen maßgebend ist. Der experimentelle Befund

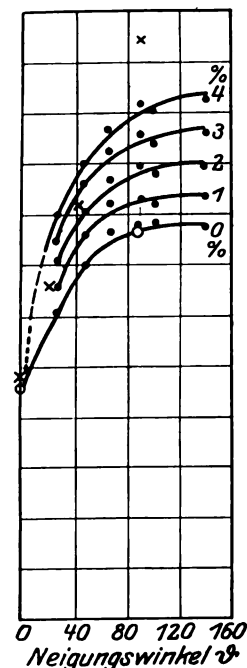


Fig. 12. Eindruckwiderstand von Eisenkörpern mit verschiedenen geneigten Begrenzungsflächen.

× Versuche von Nadai.
○ Theor. Streckgrenze für $\vartheta = 90^\circ$.
⊙ Streckgrenze beim Druckversuch.

ergibt sich die Eindrucktiefe v als Funktion der Belastung p nach Fig. 14 einfach zu:

$$v = \int_0^{\infty} dv = \int_0^{\infty} \epsilon \cdot dr,$$

1) P. LUDWIK, Elemente der technologischen Mechanik. Berlin 1909; G. SACHS, Mech. Technologie S. 54; P. LUDWIK und R. SCHEU, Stahl u. Eisen 45, 373 bis 381. 1925.

Röntgenographische Untersuchungen am Muskel.

Von R. O. HERZOG und W. JANCKE, Berlin-Dahlem.

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Faserstoffchemie.)

Vor einigen Jahren haben wir kurz mitgeteilt¹⁾, daß der Muskel Röntgeninterferenzen liefert. In der vorliegenden Notiz seien einige weitere Beobachtungen über den Gegenstand mitgeteilt, deren Fortsetzung wir uns vorbehalten wollen.

Vorausgeschickt sei, daß die hier beschriebenen

¹⁾ Festschrift der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft z. F. d. Wiss. 1921, S. 120.

worin r der Abstand eines Punktes der Achse von der Oberkante ist. Fig. 13 zeigt die errechneten Kurven im Vergleich zu den Versuchspunkten.

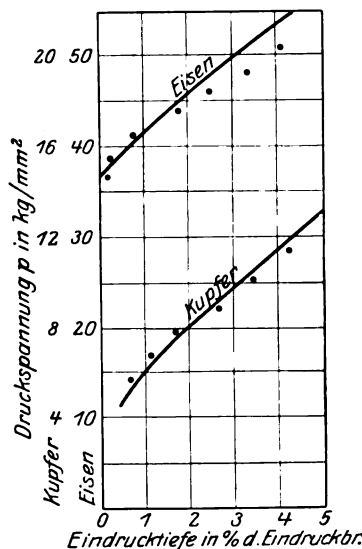


Fig. 13. Vergleich des berechneten und des beobachteten Spannungsverlaufs bei Eindruckversuchen. — berechnet, ... gemessen.

Die Übereinstimmung kann bei nicht zu hohen Genauigkeitsforderungen als ausreichend angesehen werden.

Falls dieser Befund noch für weitere Fälle experimentell bestätigt wird, eröffnet sich damit die Möglichkeit, den Ablauf plastischer Eindruckvorgänge bis zu einem gewissen Grade rechnerisch zu erfassen und auf einen gewöhnlichen technologischen Zug- oder Druckversuch zurückzuführen.

Die Arbeit ist mit Unterstützung der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft ausgeführt worden, der hierfür besonders gedankt sei.

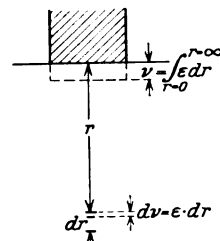


Fig. 14. Zur Berechnung der Spannungs-Deformationskurven bei Eindruckversuchen.

Versuche nicht an „lebenden“, sondern an (sehr rasch) getrockneten Präparaten angestellt sind.

Durchleuchtet man ein stark gedehntes¹⁾ Präparat (Wadenmuskel oder Sartorius des Frosches)

¹⁾ Zur Vermeidung von Mißverständnissen sei erwähnt, daß wir schon seinerzeit (l. c.) die Abhängigkeit der Schwärzungsintensität von der Spannung der Präparate beobachtet und bei der Sehne auch besonders erwähnt haben.

senkrecht zur Länge, so erhält man ein Bild der seinerzeit charakterisierten Art. Um den Durchstoßpunkt liegt ein Kreis, auf dessen Schnittpunkten mit dem Äquator zwei starke Punkte auftreten. Ihre Entfernung vom Durchstoßpunkt entspricht einem Netzebenenabstand von ungefähr 10 ÅE. (9,94). Um diesen inneren Kreis liegt scheinbar ein „elliptischer Ring“ (mit der größeren Achse in der Äquatorrichtung), der jedoch mehrfach differenziert ist; er setzt sich zusammen aus zwei besonders deutlichen Kreisbögen senkrecht über und unter dem Durchstoßpunkt und mehreren dicht zusammenliegenden Vierergruppen von Kreisbögen (ähnlich dem Vierpunktsystem bei Faserdiagrammen), die symmetrisch zum Äquator um den Durchstoßpunkt verteilt sind. Bei stark gedehnten Präparaten konnte das Auftreten weiterer Punkte auf dem Äquator sowie von Kreisbögen in Vierergruppen (außerhalb des erwähnten elliptischen Ringes) beobachtet werden.

Diese Interferenzerscheinungen entsprechen durchaus denen eines Faserdiagramms, das von Ring- oder Spiralfasern herrührt¹⁾. Die Interferenzlagen sind in der nachstehenden Tabelle verzeichnet.

Im Vergleich dazu zeigt ein spannungslos getrockneter, stark kontrahierter Muskel bedeutend geringere Differenzierungen. Die Äquatorpunkte auf dem inneren Ring haben sich zu langen Kreisbögen ausgezogen oder heben sich von diesem Ring überhaupt nicht mehr ab. Der äußere elliptische Ring ist breiter geworden, er hat nur noch schwach-elliptischen Charakter. Irgendwelche Differenzierungen sind auf diesem Ring nicht mehr zu erkennen.

Die soeben beschriebenen Beobachtungen zei-

¹⁾ K. WEISSENBERG, „Spiralfaser“ und „Ringfaser“ im Röntgendiagramm, Zeitschr. f. Phys. 8, 20. 1921.

Verzeichnis der beobachteten Interferenzlagen beim gedehnten Muskel. (CuK_α-Strahlung.)

Bezeichnung	$\sin \frac{\vartheta}{2}$	Intensität	Bemerkungen
A ₁	0,077	st.	breiter Punkt
A ₂	0,119	m.	scharfer, kurzer Bogen
A ₃	0,132	m.	scharfer, kurzer Bogen
A ₄	0,196	s.	scharfer, kurzer Bogen
D ₁	0,145	m.	scharfer, längerer Bogen
D ₂	0,158	m.	scharfer, längerer Bogen
S ₁	0,105	m.	4 sehr lange Bögen
S ₂	0,222	s.	4 lange Bögen
S ₃	0,248	s.	4 lange Bögen

Die Interferenzen A liegen auf dem Äquator, die mit D bezeichneten senkrecht über und unter dem Durchstoßpunkt, die mit S bezeichneten liegen schräg. Es bedeutet s. st. = sehr stark; m. = mittel;

s. = schwach. $\frac{\vartheta}{2}$ ist der Winkel in der BRAGGSchen Gleichung.

gen, daß starkes Dehnen des Muskels eine Verschärfung der Interferenzen, mitunter sogar eine Vermehrung der Anzahl der Interferenzen zur Folge hat, während kontrahierte Muskeln mehr den Typus eines amorphen Bildes ergeben. Auf eine gewisse Ähnlichkeit mit den bei verschiedenen gedehntem Kautschuk beobachteten Interferenzerscheinungen sei besonders hingewiesen¹⁾.

Nachschrift bei der Korrektur:

Soeben wird uns die Mitteilung von JANET H. CLARK²⁾ bekannt. Der Verf. hat an Froschsartorien in der Todesstarre mikrokristallinische Struktur aus Laue-Diagrammen erschlossen, bei lebenden schlaffen Muskeln dagegen keine Andeutung von Kristallstruktur gefunden.

¹⁾ J. KATZ, Ergebn. d. exakt. Naturwiss. 4, 154. Berlin 1925; E. HAUSER und H. MARK, Kolloidchem. Beih. 22, 63. 1926.

²⁾ Americ. journ. of hyg. 6, 617. 1926.

Über den Molekülbegriff in der Strukturchemie.

Von M. BERGMANN, Dresden.

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Lederforschung.)

Bei den zahlreichen, in den letzten Jahren unternommenen Versuchen tiefer in das allgemeine Strukturprinzip der hochmolekularen organischen Naturstoffe einzudringen, wie sie beispielsweise in den großen Klassen der Kohlenhydrate, Proteine und der Kautschukarten vorliegen, machen sich Schwierigkeiten hinsichtlich der Anwendbarkeit einiger grundlegender strukturchemischer Begriffe geltend, deren Inhalt und deren universelle Gültigkeit bisher als einigermaßen feststehend galt. Es ist kein Zufall, daß es sich um die gleichen Grundbegriffe handelt, die in der modernen Krystallehre diskutiert werden, wenn es sich darum handelt, die nach physikalischen Methoden ermittelten Baugruppen der Krystalle nach ihrem chemischen Inhalt auszudeuten.

Man kleidet das allgemeinste Strukturproblem der hochmolekularen organischen Naturstoffe häufig in die Form, daß man nach dem Molekular-

gewicht oder Molekularumfang des einzelnen „hochmolekularen“ Stoffes fragt. Die Präzision dieser Frage leidet darunter, daß der Molekülbegriff in mehreren Bedeutungen gebraucht wird, die nicht immer scharf definiert und auch meist nicht hinreichend auseinandergehalten werden. Es mag darum nicht überflüssig sein, die gebräuchlichsten Anwendungsformen des Molekülarbegriffes vom chemischen Standpunkt nach ihrem Inhalt und ihrem Geltungsbereich zu besprechen und zu prüfen, wie weit sie geeignet sind, das Strukturproblem der hochmolekularen organischen Naturstoffe zu klären.

Von unmittelbarer strukturchemischer Auswirkung für flüchtige Stoffe im Gaszustand ist der Molekülbegriff, wie er durch das AVOGADROSche Gesetz gegeben ist. Da die Gasmoleküle in jenem Bereich, in welchem der AVAGADROSche Satz gilt, nur sehr geringe chemische Kräfte aufeinander

ausüben, so entspricht bei gasförmigen Stoffen die Aufstellung eindeutig umgrenzter Atomgruppen mit großer Annäherung dem tatsächlichen chemischen Zustand. In der Formulierung der AVOGADROSCHEN Gasmoleküle liegt das ureigenste Anwendungsgebiet jener Strukturlehre der Einzelmoleküle, die man gewöhnlich als die klassische oder auch als die KEKULESCHE Strukturlehre bezeichnet.

Da nun aber das Bedürfnis nach strukturchemischer Erfassung der Materie weit über das Existenzgebiet AVOGADROSCHER Gasmoleküle hinausgeht, so erklärt sich das Bestreben, die Ansicht vom molekülmäßigen Aufbau der Materie und damit zugleich die klassische Strukturlehre auf alle Aggregatzustände auszudehnen. Die wichtige Entdeckung, daß die Gasgesetze sich auf verdünnte Lösungen übertragen lassen, schien der Berechtigung solcher Bemühungen den erwünschten zahlenmäßig exakten Untergrund zu geben. So entstand eine veränderte Form des Molekülbegriffes, die nicht mehr auf den Gaszustand beschränkt und auch auf solche Stoffe angewendet wird, die gar nicht fähig sind, Gasmoleküle eigener Art zu bilden. „Der Stoff besteht aus sehr kleinen Teilen, welche Moleküle heißen. Ein Molekül ist der kleinste Teil, welcher noch imstande ist, wesentliche Eigenschaften des gegebenen Stoffes zu zeigen.“ Mit diesen Worten drückt ein modernes Lehrbuch der Physik¹⁾ die weitverbreitete Auffassung aus, daß es möglich sei, für jede individuelle chemische Verbindung eine einzige eindeutig begrenzte Atomgruppe anzugeben, welche in ihrer Atomzahl, ihrer Atomanordnung und ihren Valenz- und Wertigkeitsverhältnissen den chemischen Zustand der Verbindung unabhängig vom Aggregatzustand widerspiegelt. Das „Strukturmolekül“, wie man derartige Atomgruppen nennt, soll in seiner Abgrenzung gegen andere Atome oder Atomgruppen nicht eine bloße begriffliche Konstruktion, sondern etwas real Existierendes sein. Die Kräfte, welche die Atome im Strukturmolekül verbinden, nennt man Hauptvalenzen, nimmt an, daß sie von Atom zu Atom wirken, und daß von jeder Atomart eine durch ihren Wertigkeitszustand bestimmte Anzahl derartiger Hauptvalenzen ausgehen kann.

Die vielen Erfolge, welche die Strukturforschung insbesondere auf organisch-chemischem Gebiet gestützt auf die dargelegten Vorstellungen erzielt hat, gelten mit Recht als Beweis, daß der Begriff des Strukturmoleküls für viele Aufgaben zweckmäßig gewählt ist, und daß er in diesen Fällen den tatsächlichen Verhältnissen in beträchtlichem Grade nahekommen muß. Trotzdem wäre es im jetzigen Augenblick, in dem besonders verwickelte Strukturaufgaben zur Diskussion stehen, verhängnisvoll und der Weiterentwicklung schädlich, wenn man sich die begrenzte Anwendbarkeit des Begriffes „Strukturmolekül“ und die Un-

¹⁾ O. D. CHWOLSON, Lehrbuch der Physik. 3. Aufl. 1926. I. Bd., I. Teil, S. 38.

genauigkeit einzelner von seinen Voraussetzungen verbergen wollte.

Die Erörterung der Frage, wie weit der Begriff des Moleküls als eindeutig begrenzter, real existierender Atomgruppe auf alle Aggregatzustände ausgedehnt werden darf, wird durch die Unvollständigkeit unserer Kenntnisse des Krystallbaues komplizierter Stoffe noch etwas erschwert. So viel ist natürlich gewiß, daß von einer bedingungslosen Aufgabe des Molekülverbandes beim Krystallisieren nicht die Rede sein kann. Der Hinweis WILLSTÄTTERS, daß die Körper mit allen Eigentümlichkeiten der Konstitution und der Konfiguration aus ihren Krystallen zurückgewonnen werden können, hat gezeigt, daß auch vom chemischen Standpunkt das Fortbestehen gewisser Atomzusammenfassungen im Krystall gefordert werden muß. Noch zweifelhaft kann man heute sein, inwieweit diese fortbestehenden Atomgruppen mit den Gasmolekülen zusammenfallen, das heißt, ob im einzelnen Fall die Gasmoleküle sowohl ihrem Umfang nach als eindeutig abgegrenzte Atomgruppen wie auch ihren chemischen Bindungsverhältnissen nach im Krystall erhalten bleiben. Hier muß berücksichtigt werden, daß die Möglichkeit, aus Krystallen Moleküle zu regenerieren, nicht unter allen Umständen dahin ausgedeutet werden darf, daß diese Moleküle im Krystall schon ein eindeutig abgegrenztes Dasein führen. Es braucht sich nicht um eine *reale*, sondern kann sich um eine Art *potentieller* Weiterexistenz handeln. Es braucht nur an die Möglichkeit erinnert werden, aus dem Chlornatrium-Gitter NaCl-Moleküle herauszuholen, oder an das Gitter des Naphthalins, in welchem nach W. H. BRAGG gewisse Wasserstoffatome¹⁾ geometrisch gleichwertig zu zwei verschiedenen Naphthalin-, „Molekülen“ gelagert sind.

Gerade das Beispiel des Naphthalins lehrt uns, daß die Frage der Fortexistenz des „Strukturmoleküls“ im Krystall vorerst nicht einmal für leicht flüchtige organische Verbindungen als im positiven Sinne gelöst anzusehen ist. Die Zukunft muß hier weitere Klärung des verwickelten Problems bringen.

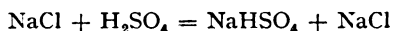
Ein klareres Bild läßt sich dagegen schon heute für jenen Typus von Krystallen gewinnen, bei welchen die einzelnen Gitterpunkte abwechselnd durch verschiedene Atomgruppen besetzt sind. Für solche Krystalle muß die Aufstellung eines Strukturmoleküls von vornherein mit den Tatsachen in Widerspruch kommen und lediglich zu einer begrifflichen Konstruktion werden. Daß bei den hierhin gehörigen Ionengittern, wie etwa beim Kochsalzgitter, der Molekülbegriff gegenstandslos ist, wurde schon oft genug besprochen. Merkwürdigerweise hat man aber bisher kaum den Schluß gezogen, daß ganz das gleiche auch für entsprechend gebaute sogen. Molekülgitter gelten muß. Wenn sich zwei Moleküle erster Ordnung, A und B, zu einem Krystall (A_n, B_n) vereinigen, so trägt man häufig kein Bedenken, der neuen

¹⁾ Die α -Wasserstoffatome des Naphthalinmoleküls.

Verbindung ohne weiteres die Formel A, B zu geben, ihr also quasi ein *Strukturmolekül* höherer Ordnung zuzuschreiben und die Kräfte eindeutig festzulegen, welche im angenommenen Molekül A, B zwischen A und B vermitteln. Nun hat aber P. PFEIFFER¹⁾ darauf hingewiesen, daß die Krystalle organischer Molekülverbindungen des allgemeinen Schemas (A_n, B_n) häufig so gebaut sein dürften, daß jede Atomgruppe A von einer bestimmten Anzahl (etwa 6 oder 8 usw.) Gruppen B gleichartig umgeben ist, und daß umgekehrt jede Gruppe B von derselben Anzahl (6, 8 usw.) von Gruppen A umlagert wird. In allen derartigen Fällen würde die Aufstellung eines Struktur-moleküls A, B keine physikalischen Unterlagen im Krystallbau haben, und die chemischen Kräfte, welche die Vereinigung von Teilen A und B bewirken, würden nicht von Atomen oder Atomgruppen eines einzigen Teiles A zu Atomen oder Atomgruppen eines einzigen Teiles B hinübergreifen, sondern jedes A mit einer Mehrzahl von B und umgekehrt jedes B mit einer gleich großen Mehrzahl von A verknüpfen.

Bei allen krystallisierten Verbindungen höherer Ordnung, welche entsprechend der Annahme PFEIFFERS gebaut sind (und das dürfte keine geringe Zahl sein) erstrecken sich die Affinitätskräfte, welche die Gruppen A und B vereinigen, gittermäßig über den ganzen Krystall. Wir müßten einen großen Teil dieser Kräfte willkürlich unterdrücken, würden also die Struktur dieser oft nur im festen Zustand existenzfähigen Verbindungen unzutreffend wiedergeben, wollten wir sie in den Rahmen eines eindeutig begrenzten Struktur-moleküls einzwängen.

Es spricht natürlich nichts dagegen, daß man trotzdem, wo strukturell abgegrenzte Moleküle nicht existieren, auch weiterhin molekulare Formeln mit Nutzen verwendet, um die quantitativen Verhältnisse bei chemischen Umsetzungen in möglichst einfacher und übersichtlicher Form wiederzugeben. Man kann z. B. die Umsetzung des Kochsalzkrystalles oder der Natriumchloridionen mit Schwefelsäure molekülmäßig formulieren:



Nur muß man sich in solchen Fällen klar bleiben, daß derartige „*stöchiometrische Moleküle*“ keinen unmittelbaren strukturellen Sinn besitzen.

Greifen wir nochmals auf das zuvor besprochene Beispiel einer krystallisierten Verbindung höherer Ordnung zurück, in welcher die Gitterpunkte abwechselnd von zwei oder mehr verschiedenen Gruppen A und B usw. besetzt sind, wobei A und B selbständig existenzfähige Moleküle sein mögen, welche für sich den Wertigkeitsgesetzen der klassischen Valenzlehre gehorchen. Es kann kein Zweifel sein, daß beim Übergang der selbständigen Moleküle A und B in die krystallisierte Verbindung

(A_n, B_n) Bindungen zwischen den verschiedenen A-Teilen und B-Teilen entstehen, und es ist durchaus gewiß, daß zugleich auch die Bindungen zwischen den Atomen innerhalb jedes einzelnen A-Teiles und jedes B-Teiles nach ihrem Energieinhalt verändert werden. Die Gruppen A und B der krystallisierten Verbindung (A_n, B_n) einerseits und die selbständigen Moleküle A und B andererseits sind in bezug auf Energieinhalt ihrer Bindungen und auf Wertigkeit ihrer Atome nicht identisch.

Ganz der gleiche Schluß läßt sich für den Übergang selbständiger Gasmoleküle von nur *einer* Art in den krystallisierten Zustand ziehen und ebenso für den Übergang von selbständigen Gasmolekülen in den Lösungszustand, soweit dabei Dissoziation, Assoziation oder auch nur Verbindung mit dem Lösungsmittel (Solvatbildung) stattfindet. Sofern man nicht die Kräfte, welche in Krystallen oder Solvaten die einzelnen Baugruppen miteinander verbinden, als chemisch völlig bedeutungslos beiseite schieben will, ergibt sich zwangsläufig die Folgerung, daß der Valenzzustand (Stärke der Kraftfelder, Wertigkeit der Atome) der Krystallbaugruppen und der Solvatteilchen nicht mit dem entsprechenden selbständigen Moleküle identifiziert werden kann. Oft drücken sich derartige Veränderungen der feineren Strukturverhältnisse deutlich in Veränderungen physikalischer Eigenschaften (Farbe, Drehungsvermögen usw.) mit dem Wechsel des Aggregatzustandes oder des Lösungsmittels aus.

Wenn ferner Stoffe, welche Gasmoleküle bilden oder andere, für die man nach den Wertigkeitsregeln der alten Valenzlehre Struktur-moleküle entwerfen könnte, im Krystall oder beim Auflösen Gruppen bilden, die kleiner sind als diese Moleküle, so beweist dies hinreichend, daß die molekulare Struktur und die klassischen Wertigkeitszahlen bei ihnen nicht in allen Aggregatzuständen gültig sind, ferner, daß bei ihnen ein nach den üblichen Wertigkeitsregeln konstruiertes Struktur-molekül nicht die kleinste als geschlossene Gruppe auftretende Struktureinheit ist, und schließlich, daß die Größe der Struktureinheit mit dem Aggregatzustand wechseln kann.

Dieser letzte Satz gilt, wenn schon in entgegengesetzter Richtung, auch für den Vorgang der Assoziation. Die Erscheinung kann so stark ausgeprägt sein, daß derselbe Stoff z. B. in allen Lösungsmitteln einen größeren Teilchenumfang zeigt, als ihn seine Gasmoleküle aufweisen. So liegt der Fall bei den Lactoliden einiger Oxyaldehyde und Oxyketone, die ich in den Jahren untersucht habe. Wollte man ihr Struktur-molekül nach ihrem Verhalten in den verschiedenen Lösungsmitteln bestimmen, so käme man zu dem doppelten Umfang der Gasmoleküle¹⁾.

¹⁾ Es wäre nicht angezeigt, sich hier mit den Worten Polymerisation und Depolymerisation aus der Verlegenheit zu helfen. Denn es scheint mir nötig, den Begriff „Polymerisation“ ausschließlich auf die Tatsache zu beschränken, daß zwei Stoffe unter vergleichbaren Umständen beide bei gleicher Temperatur und

¹⁾ Zeitschr. f. anorgan. Chem. **112**, 81. 1920; Vgl. auch H. RHEINBOLDT, Zeitschr. f. angew. Chem. **39**, 705. 1926.

Der Unterschied der Valenzverhältnisse, welche den festen Zustand von dem selbständiger Gas-moleküle unterscheiden, kann bei verschiedenen Stoffen recht verschieden sein. Bei vielen flüchtigen Stoffen bleiben die aggregierenden Kräfte, die beim Auflösen oder im Krystall zu den atombindenden Kräften des Einzelmoleküls hinzukommen, von recht geringem Einfluß. Die molekülmäßige Formulierung wird hier in bezug auf das chemische Verhalten des betreffenden Stoffes keinen ins Gewicht fallenden Fehler begehen, solange die chemischen Umsetzungen von einer leicht verlaufenden Aufteilung in molekulare Bruchstücke begleitet oder eingeleitet sind. Dagegen müssen die Ungenauigkeiten einer einsinnigen molekularen Strukturfestlegung größer werden und können das erwünschte Maß überschreiten bei solchen Stoffen, in deren Krystallen oder Kolloidteilchen kleinere, periodisch wiederkehrende Baugruppen durch verhältnismäßig beträchtliche Kräfte vereinigt werden. So scheinen die Verhältnisse z. B. bei vielen natürlichen Kohlenhydraten zu liegen.

Damit kommen wir auf die eingangs gestellte Aufgabe zurück und fragen uns: Ist es zweckmäßig, das allgemeine Strukturproblem so komplizierter Gebilde wie der natürlichen hochmolekularen Kohlenhydrate oder der noch unübersichtlicheren verschiedenen Proteinarten an den keineswegs allgemein gültigen Begriff des Strukturmoleküls zu binden? Ist es erlaubt, für ein festes, krystallisiertes Kohlenhydrat, wie Inulin, und für seine kolloiden und seine hochdispersen Lösungen nach einem einzigen Strukturmolekül zu suchen, das wir nach den Wertigkeitsbegriffen der alten Valenzlehre entwerfen wollten? Nach welchem Maßstab sollten wir seinen Umfang bemessen? Wollte man z. B. einem Stoff wie Cellulose im Anschluß an Versuche von HESS¹⁾ das Strukturmolekül $C_6H_{10}O_5$ zuschreiben, so müßte man das chemische Verhalten der festen Cellulose ganz unberücksichtigt lassen, deren einzelne Hexosegruppen durch so starke Kräfte verbunden werden, daß ihr Zusammenhalt selbst eingreifende chemische Substitutionsoperationen überdauern können. Wollte man andererseits nach dem jüngst wiederholten Vorschlag von H. STAUDINGER²⁾ die umfangreichen Teilchen einer wässrigen kolloiden Lösung, z. B. des Kohlenhydrats Inulin, als identisch mit deren Strukturmolekül erklären, so bliebe durchaus fraglich, ob die Größe dieser Teilchen, also des angeblichen Strukturmoleküls gleichem Druck, beide im gleichen Lösungsmittel bei gleicher Konzentration und Temperatur usw.) verschiedene Teilchengröße aufweisen. Dagegen sollte man eine verschiedene Teilchengröße desselben Stoffes unter verschiedenen Aggregatzuständen oder in verschiedenen Lösungsmitteln usw. nicht als Polymerisation bezeichnen, sondern als Aggregation oder Assoziation.

¹⁾ Liebigs Ann. d. Chem. 435, 1. 1924.

²⁾ Vgl. z. B. Helvetica chim. acta 8, 332. 1925 und Vortrag auf der Naturforschertagung, Düsseldorf, September 1926.

überhaupt konstant ist. Vor allem müßte man dann aber die Tatsache, daß Inulin sich in flüssigem Ammoniak völlig reversibel zu Teilchen vom Umfang $C_{12}H_{20}O_{10}$ aufspaltet, und daß Acetylinulin von Eisessig ebenfalls reversibel zu Teilchen ganz analogen Umfangs zerlegt wird, durch die Hypothese einer Depolymerisation der größeren Struktur-moleküle zu erklären suchen, wie sie STAUDINGER auch ausgesprochen hat. Die Konsequenz wäre eine völlige Umänderung des Polymerisationsbegriffes, welche ergänzt werden müßte durch eine Angabe darüber, an welche Stelle die Grenze zwischen einer derartigen Polymerisation und gewöhnlichen Lösungsvorgängen zu setzen ist.

Es scheint mir, man sollte die Erforschung der hochmolekularen Naturstoffe vom Typus der Kohlenhydrate und der Proteine nicht in den zu engen Rahmen des Strukturmoleküls und der alten Valenzlehre einzwängen und vor allem hier nicht nach Hauptvalenz-Struktur-molekülen suchen, von denen man verlangt, daß sie ganz unabhängig vom Aggregatzustand und von der Natur einwirkender Dispersionsmittel sind. Wir verfügen heute noch nicht über die Kenntnisse vom Wesen der chemischen Bindungen, die notwendig wären, um das Verhalten der Stoffe in den verschiedenen Aggregat- und Lösungszuständen aus einer einzigen passend gewählten Formel auch nur mit einiger Annäherung abzuleiten.

Solange wir über solche Kenntnisse nicht verfügen, teilen wir das Strukturproblem der nicht-flüchtigen hochmolekularen Naturstoffe vom Typus der Kohlenhydrate und Proteine besser in zwei Teilprobleme, indem wir einerseits beim einzelnen Stoff die Baugruppen des Krystalls (falls ein solcher existiert) nach kristallographischen Methoden zu ermitteln suchen und andererseits feststellen, welche kleinsten charakteristischen Baugruppen sich durch die Wirkung verschiedener Lösungsmittel reversibel¹⁾ herausspalten lassen. Diese Zweiteilung des Problems bringt den Vorteil, daß sich die beiden Teilaufgaben nunmehr losgelöst von begrifflichen Schwierigkeiten lediglich auf dem Boden des Experiments beantworten lassen. Wenn z. B. aus dem natürlichen Inulin auf zwei Wegen²⁾ Teilchen vom Umfang zweier Fructosereste herausgeschält wurden und gezeigt werden konnte, daß diese Teilchen lediglich durch Verbindung mit ihresgleichen das atomreiche Gebilde der Inulinkrystalle regenerieren können, so scheint mir damit ein Beitrag zur Strukturlehre hochmolekularer Naturstoffe gewonnen, der unabhängig ist von allen Schwierigkeiten des strukturchemischen Molekülbegriffes und von der weiteren Entwicklung der Valenzlehre.

¹⁾ Also durch Desaggregation, nicht durch Depolymerisation (in dem weiter oben definierten Sinn).

²⁾ L. SCHMIDT und B. BECKER, Ber. d. dtsh. chem. Ges. 58, 1968. 1925; REIHLEN und NESTLE, Ber. d. dtsh. chem. Ges. 59, 1161. 1926; M. BERGMANN und E. KNEHE, Liebigs Ann. d. Chem. 449, 302. 1926.

Wirbelschichten und ihre Bedeutung für die Strömungsvorgänge.

A. BETZ, Göttingen.

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Strömungsforschung.)

1. Eine neue Anwendung der Prandtl'schen Grenzschichttheorie.

Wenn man eine Flüssigkeit (worunter hier auch Gase zu verstehen sind) durch Druckunterschiede in Bewegung setzt, so geht im Innern derselben keine Energie verloren. Es setzt sich immer nur Bewegungsenergie in Druck um und umgekehrt. Es blieb lange Zeit nicht recht verständlich, wie trotz dieses Satzes der tatsächlich auftretende Energieverlust, der sich z. B. im Widerstand eines bewegten Körpers äußert, zu verstehen ist. Im Jahre 1904 wies PRANDTL (1) darauf hin, daß an den Grenzen der Flüssigkeit, insbesondere da, wo die Flüssigkeit an festen Wänden entlang strömt, die Voraussetzungen für die verlustlose Strömung nicht mehr erfüllt sind. Es bilden sich hier, durch Reibung an der Wand, Flüssigkeitsschichten geringerer Energie, sog. Grenzschichten, welche im weiteren Verlauf zu einer wesentlichen Umgestaltung der äußeren Strömung führen können und dadurch die erheblichen tatsächlich beobachteten Energieverluste zur Folge haben. PRANDTL hat auch damals bereits durch sehr anschauliche Versuche gezeigt, daß man durch künstliche Beeinflussung der Grenzschichtvorgänge die störende Wirkung derselben beseitigen kann.

In den Naturwissenschaften ist von PRANDTL in dem Artikel „Magnuseffekt und Windkraftschiff“ (2) bereits auf diese Erscheinungen hingewiesen worden. Infolgedessen soll hier nur ganz kurz der Grundgedanke der Grenzschichttheorie wiederholt werden, soweit er zum Verständnis des Folgenden nötig ist. Dann soll über einige neuere technisch wichtige Versuche auf dem Gebiete der künstlichen Grenzschichtbeeinflussung, und zwar durch Absaugung der Grenzschicht¹⁾, berichtet werden. Im 2. Teil soll dann versucht werden, einen Überblick über den gegenwärtigen Stand der Grenzschichtforschung zu geben.

Wenn die Flüssigkeit an einer festen Wand entlangströmt, so verlieren die in der Nähe der Wand befindlichen Teilchen durch Reibung an der Wand einen Teil ihrer Geschwindigkeit. Die Teilchen unmittelbar an der Wand werden von ihr festgehalten, haben also die Geschwindigkeit Null; je weiter man sich von der Wand entfernt, desto größer wird die Geschwindigkeit und erreicht allmählich die Geschwindigkeit der ungestörten Strömung (Fig. 1). Bei sehr vielen, technisch vorkommenden Verhältnissen findet dieser Übergang in einer verhältnismäßig recht dünnen Schicht statt, so daß die Strömung außer-

halb der Grenzschicht kaum merklich verändert wird. Ebenso wird der Druck innerhalb der dünnen Grenzschicht sich nicht merklich von dem Druck der Umgebung unterscheiden. Er ist daher an jeder Stelle der Wand durch die außerhalb der Grenzschicht stattfindende ungestörte Strömung bestimmt. Denken wir uns die Strömung in einem sich erweiternden oder verengenden Rohr, so wird in dem einen die Geschwindigkeit in der Strömungsrichtung abnehmen, in dem anderen zunehmen, da ja Geschwindigkeit $\times$ Querschnitt die sekundliche Durchflußmenge ist, und diese für jeden Querschnitt konstant sein muß. Mit dieser Geschwindigkeitsänderung ist auch eine Druckänderung verbunden, und zwar besteht bei verlustloser Strömung zwischen der Geschwindigkeit v und dem Druck p folgende als BERNOULLISCHE Gleichung bekannte Beziehung

$$p + \frac{\rho}{2} v^2 = \text{konst}$$

ρ ist dabei die Dichte der Flüssigkeit. In den weiten Rohrteilen ist daher die Geschwindigkeit

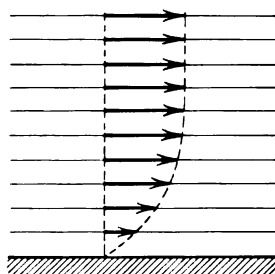


Fig. 1. Geschwindigkeitsabnahme in der Nähe einer Wand.

kleiner und der Druck größer als in den engen Teilen.

Verfolgen wir nun ein Teilchen der Grenzschicht bei einer solchen Druckänderung. Beim Übergang von Gebieten höheren Druckes in Gebiete niedrigeren Druckes zeigt sich kein wesentlicher Unterschied gegenüber der ungestörten Strömung; nur sind die Geschwindigkeiten kleiner, da ja ständig kinetische Energie durch Reibung an der Körperoberfläche verloren geht. Wenn aber der Druck in der Bewegungsrichtung ansteigt, so zeigen sich wesentlich auffallendere Erscheinungen. Infolge ihrer verminderten kinetischen Energie sind nämlich die Teilchen der Grenzschicht nicht mehr imstande, in das Gebiet erhöhten Druckes einzudringen. Sie werden zwar von der schnelleren äußeren Strömung durch Reibung noch etwas mitgerissen, aber da bei dem Druckanstieg auch die Geschwindigkeit der ungestörten Strömung unter Umständen sehr stark abnimmt, so reicht auch diese Hilfe vielfach nicht mehr aus, um die Grenz-

¹⁾ Über das Verfahren, die Grenzschicht durch Bewegen der Wände zu beeinflussen, was z. B. beim rotierenden Zylinder den Magnuseffekt zur Folge hat, ist an der erwähnten Stelle (2) bereits ausführlich berichtet worden.

schichtteilchen bis zur Stelle höchsten Druckes zu befördern. Die Grenzschicht fließt daher bei zu rasch ansteigendem Druck nur ein Stück weit der Körperoberfläche entlang. Dann staut sich das immer neu zuströmende Grenzschichtmaterial auf, die Grenzschicht wird in dieser Gegend immer dicker, bildet allmählich einen Wirbel, der nach Erreichung einer genügenden Größe, von der übrigen Strömung fortgeführt wird. Auf diese Weise gelangen einzelne Wirbel in die Strömung. Mit diesem Vorgang ist auch eine Umbildung der übrigen bisher verlustlosen Strömung verbunden, indem deren „Randbedingungen“, wie die Mathematiker sich ausdrücken, durch die Wirbel geändert sind. Es entsteht ein von Wirbeln durchsetztes „Totwassergebiet“, in dem sehr rasch weitere, und zwar meist sehr erhebliche, Energieverluste stattfinden.

Bei vielen Maschinen, insbesondere bei Wasserkraftanlagen, aber z. B. auch bei Gebläsen und Pumpen tritt die Aufgabe auf, die kinetische Energie, mit der die Flüssigkeit die Maschine verläßt, wiederzugewinnen, d. h. sie in Druck umzusetzen. Man läßt zu dem Zweck die Flüssigkeit durch ein sich langsam erweiterndes Rohr, einen sog. Diffusor¹⁾, strömen, in dem sich, wie wir schon besprochen, die Geschwindigkeit verlangsamt und dabei je nach den auftretenden Verlusten mehr oder weniger in Druck umsetzt.

Da wir hier eine Strömung mit Druckanstieg haben, so besteht die Gefahr, daß die geschilderten Vorgänge der Grenzschichtanhäufung bzw. Ablösung eintreten. Macht man die Erweiterung hinreichend schlank, so daß der Druckanstieg nur langsam erfolgt, so wird die Grenzschicht durch die äußere Strömung mitgerissen. Es findet keine Ablösung, sondern nur eine Verdickung der Grenzschicht statt. Geht man mit dem Erweiterungswinkel des Rohres über ein gewisses Maß (etwa 10°) hinaus, so treten Ablösungserscheinungen und damit erheblich größere Energieverluste auf. Der hiernach erforderliche geringe Erweiterungswinkel bedingt sehr lange Diffusoren, welche z. B. bei den großen Abmessungen von Wasserkraftanlagen recht unerfreulich hohe Baukosten verursachen. Man ist daher bemüht, die Baulänge der Diffusoren nach Möglichkeit zu verkürzen, muß aber andererseits sehr darauf achten, daß die Verluste im Diffusor nicht zu groß werden, da sonst der Wirkungsgrad der ganzen Anlage zu sehr sinken würde.

Hier ist die Möglichkeit gegeben, durch Absaugen der Grenzschicht wesentlich günstigere Verhältnisse zu schaffen. Fig. 2—4 zeigt die Wirkung der Absaugung an einem Versuchsgerinne²⁾. Das Wasser strömt durch einen Kanal, dessen Breite sich vergrößert. Durch aufgestreutes Aluminiumpulver ist die Strömung sichtbar gemacht. In

den seitlichen Wänden sind Schlitze *S* angebracht, durch Öffnen von Hähnen kann man einen kleinen Teil des Wassers, im wesentlichen die an den Wänden sich bildende Grenzschicht, durch diese Schlitze abfließen lassen. In Fig. 2 sind diese Hähne geschlossen, so daß nichts durch die Schlitze strömt. Infolge der ziemlich raschen Erweiterung löst sich die Grenzschicht sehr bald von den Wänden ab, und links und rechts von der mittleren Strömung liegen zwei große von Wirbeln durchsetzte Totwassergebiete. In Fig. 3 ist ein Hahn geöffnet, so daß die Grenzschicht an der linken Wand abgesaugt wird. Die Strömung folgt dieser Wand ohne Ablösung, während auf der rechten Seite, wo nicht abgesaugt wird, immer noch große Wirbelgebiete auftreten. In Fig. 4 wird durch beide Schlitze abgesaugt. Die großen Totwassergebiete sind vollständig verschwunden. Die Strömung breitet sich gleichmäßig über den vergrößerten Querschnitt aus.

Zur quantitativen Ermittlung der bei diesen Vorgängen interessierenden Verhältnisse wurden Versuche mit der in Fig. 5 unten dargestellten Anordnung ausgeführt. [Vgl. den ausführlichen Bericht über diese und einige weitere Versuche von ACKERET in der Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure (3).] Die Erweiterung ist dabei so stark gewählt, daß ohne Absaugen bereits recht erhebliche Energieverluste auftreten. Der Durchmesser an der engsten Stelle der Leitung war $d = 14$ mm. Die Drücke wurden an verschiedenen Stellen der Rohrleitung gemessen, so daß man den Verlauf des Druckanstiegs verfolgen kann. Außerdem wurde auch die durch den Schlitz abfließende Wassermenge gemessen, um ein Bild über die zur Absaugung nötige Arbeitsleistung zu gewinnen. Fig. 5 zeigt oben den Druckanstieg, einmal bei geschlossenem Schlitz ($s = 0$ mm) und einmal bei einer Schlitzweite von 0,6 mm. Man erkennt deutlich den wesentlich größeren Druckgewinn, der sich durch Absaugen der Grenzschicht erzielen läßt. Die durch den Schlitz abfließende Wassermenge betrug dabei rd. 5% der gesamten durch das Rohr fließenden Menge. Wenn man annimmt, daß man dieses Schlitzwasser durch eine Pumpe dem ursprünglichen Strome nach seiner Drucksteigerung wieder zuführen muß, so ist dazu eine Leistung von rd. $3\frac{1}{2}\%$ der im engsten Querschnitt vorhandenen kinetischen Energie nötig. Man sieht daraus, daß die zum Absaugen erforderliche Leistung verhältnismäßig klein ist, gegenüber dem Gewinn, den man durch die Absaugung erzielt. Um nicht mißverstanden zu werden, sei aber bemerkt, daß sich dieser Erfolg der Absaugung nur dann erzielen läßt, wenn die Erweiterung so stark ist, daß ohne Absaugung bereits erhebliche Verluste auftreten. Macht man die Erweiterung hinreichend schlank, so daß die Verluste auch ohne Absaugung klein sind, so nützt natürlich auch das Absaugen nichts Wesentliches mehr. Man kann also einen an sich guten Diffusor durch Absaugen der Grenzschicht nicht wesentlich ver-

¹⁾ Bei Wasserturbinen „Saugrohr“ genannt.

²⁾ Dieses war auf der internationalen Ausstellung für Binnenschifffahrt und Wasserkraftnutzung in Basel 1926 im Betriebe zu sehen.

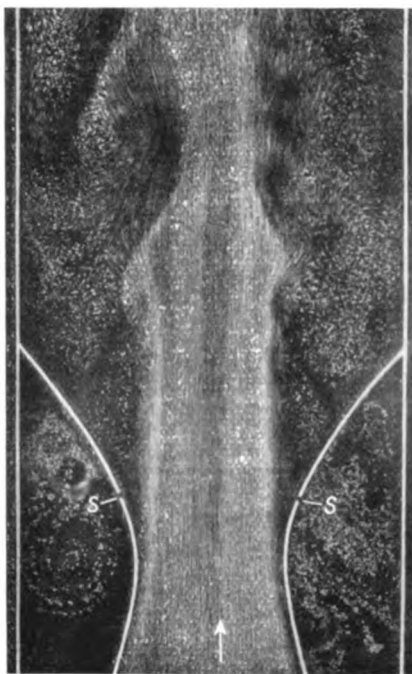


Fig. 2. Normale Strömung in einem stark erweiterten Kanal.

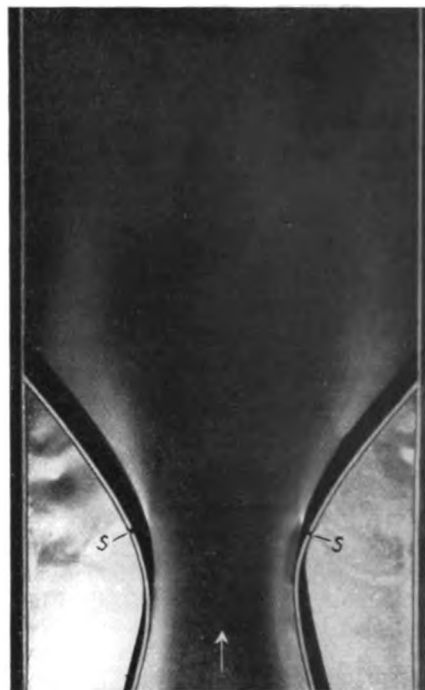


Fig. 4. Strömung in einem stark erweiterten Kanal mit Grenzschichtabsaugung an beiden Kanalwänden.



Fig. 3. Strömung in einem stark erweiterten Kanal mit Grenzschichtabsaugung an der linken Kanalwand.

bessern. Der Nutzen der Absaugung liegt vielmehr darin, daß man auch bei stärkerer Erweiterung also mit einem kürzeren Diffusor noch gute Wirkungsgrade erzielen kann.

2. Vorgänge in der Grenzschicht.

Die entscheidende Rolle, welche die Grenzschicht bei fast allen Strömungsvorgängen spielt, läßt es wünschenswert erscheinen, genaueren Einblick in die Struktur der Grenzschicht und in den Vorgang der Ablösung zu gewinnen. Sei es, daß man die Ablösung durch Absaugen der Grenz-

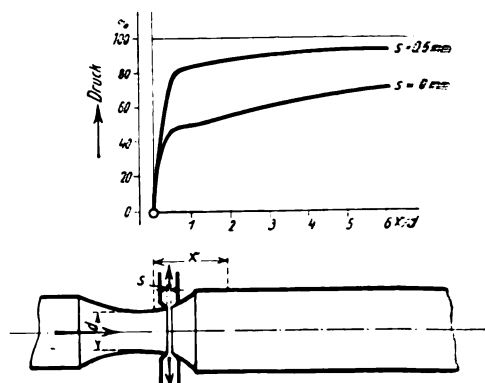


Fig. 5. Druckanstieg in einem stark erweiterten Rohr mit und ohne Grenzschichtabsaugung in Prozenten des theoretisch erreichbaren Druckgewinnes.

schicht oder durch günstige Formgebung vermeiden will, immer wird man die erforderlichen Maßnahmen leichter und sicherer treffen können, wenn man über die feineren Vorgänge in der Grenzschicht unterrichtet ist. Leider ist unsere Kenntnis auf diesem Gebiete noch recht lückenhaft. Krieg und Inflationszeit dürften nicht unerheblich schuld sein, daß die Forschungen auf diesem wichtigen Gebiet nicht stärker gefördert wurden. Aber in den letzten Jahren hat sich das Interesse dieser Aufgabe wieder stärker zugewandt und auch einige wichtige Erfolge gezeitigt. Man darf hoffen, daß auch die nächste Zeit weitere Aufklärung bringen wird.

Abgesehen von den mathematischen Schwierigkeiten, die ja auch bei sehr vielen anderen Problemen auftreten, macht sich hier noch ein besonderer Umstand erschwerend geltend: Man möchte annehmen, daß die einzelnen Flüssigkeitsteilchen der Grenzschicht zwar in ihrer Geschwindigkeit vermindert sind, aber im übrigen im wesentlichen parallel zur Körperoberfläche sich bewegen. Die rechnerische Verfolgung der Vorgänge böte dann wenigstens im Prinzip keine Schwierigkeiten, wenn auch die dabei auftretenden mathematischen Probleme meist nicht ganz einfach sind. Einige Rechnungen dieser Art sind durchgeführt von BLASIUS (4), HIEMENZ (5), K. POHLHAUSEN (6).

Sehr häufig, und zwar gerade in den meisten technisch wichtigen Fällen, strömt aber die Flüssigkeit in der Grenzschicht gar nicht in so regelmäßigen parallelen Stromlinien. Unter gewissen Voraussetzungen wird nämlich eine solche Strömung mit von Stromlinie zu Stromlinie wechselnder Energie unstabil, d. h. sie löst sich in einen unübersichtlich durcheinanderwirbelnden Vorgang auf. Man nennt diese letztere Strömungsform der Wirbelschichten *turbulent*. Die Strömungsform in parallelen Stromlinien bezeichnet man als *laminar*.

Am bekanntesten ist dieses Unstabilwerden bei Strömungen in Rohrleitung. Wenn nämlich eine Rohrleitung hinreichend lang ist, so wächst die Grenzschicht in der sog. Anlaufstrecke soweit an, daß schließlich der ganze Querschnitt von Grenzschichtmaterial erfüllt ist. Es herrschen demnach in einer solchen Rohrleitung ganz ähnliche Verhältnisse wie in einer gewöhnlichen Grenzschicht, indem die Geschwindigkeit an der Rohrwand Null ist und nach der Rohrachse hin anwächst. Es hat sich auch gezeigt, daß man viele aus dem Studium der Rohrströmung gefundenen Ergebnisse mit gutem Erfolg auf die Vorgänge in gewöhnlichen Grenzschichten übertragen kann (7). Man hat gefunden, daß für das Auftreten von turbulenter oder laminarer Strömung in Rohren eine bestimmte Größe, die sog. REYNOLDSSche Zahl R , maßgebend ist. Diese ist definiert durch die Gleichung

$$R = \frac{v d}{\nu}$$

wobei v die mittlere Geschwindigkeit im Rohr,

d den Rohrdurchmesser¹⁾ und ν die kinematische Zähigkeit (d. i. der Quotient aus Zähigkeit und Dichte) bedeuten.

Bei REYNOLDSSchen Zahlen (bezogen auf den Rohrdurchmesser s. Fußnote 1) unter 2320 ist die Strömung stets laminar, wenn sie nicht ständig künstlich gestört wird. Bei REYNOLDSSchen Zahlen über 2320 kann sie laminar sein, wenn Störungen sorgfältig vermieden werden, wenn sie aber einmal turbulent ist, bleibt sie turbulent. Je größer die REYNOLDSSche Zahl, um so kleinere Störungen genügen, um die Strömung turbulent zu machen. Ob es eine Grenze gibt, oberhalb der keine laminare Strömung existieren kann, ist bis jetzt nicht bekannt. Praktisch sind aber fast stets so viel Störungen vorhanden, daß die Strömung bei $R > \text{ca. } 3000$ fast immer turbulent ist.

Mit der Strömungsform (laminar oder turbulent) ändert sich auch das Gesetz, dem der Druckverlust im Rohr (der Rohrwiderstand) folgt. Während bei laminarer Strömung der Druckabfall in einem glatten geraden Rohr von konstantem Querschnitt

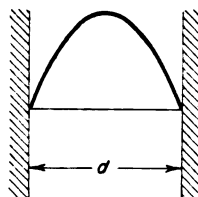


Fig. 6.

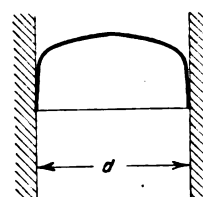


Fig. 7.

Fig. 6 und 7. Geschwindigkeitsverteilung in einem Rohr links bei laminarer Strömung, rechts bei turbulenter Strömung.

proportional der mittleren Durchflußgeschwindigkeit ist, ist er bei turbulenter Strömung proportional der 1,75-ten Potenz²⁾ der Geschwindigkeit. Außerdem ändert sich auch die Geschwindigkeitsverteilung im Rohr. Trägt man die Geschwindigkeiten für die verschiedenen Punkte eines Durchmessers als Ordinaten über dem Durchmesser auf, so erhält man bei laminarer Strömung eine Parabel (Fig. 6). Bei turbulenter Strömung ist die Geschwindigkeit für jeden Punkt schwankend. Man kann aber den zeitlichen Mittelwert bilden und erhält dann für diese durchschnittlichen Geschwindigkeiten eine Verteilung, welche wesentlich völliger ist (Fig. 7). PRANDTL und KARMAN (7) haben gezeigt, daß zwischen dem Widerstandsgesetz und der Geschwindigkeitsverteilung eine Beziehung besteht. Wenn man von der aller-nächsten Nachbarschaft der Rohrwand und von

¹⁾ Die Einführung des Rohrdurchmessers ist an sich willkürlich. Man kann statt dessen z. B. auch den Radius wählen.

²⁾ Dieses Gesetz ist in sehr weiten Grenzen (bis etwa $R = 10^5$) ziemlich gut bestätigt. Neuere Versuche von JAKOB und ERK (8) scheinen allerdings darauf hinzudeuten, daß es nicht absolut zutrifft, indem bei noch größeren REYNOLDSSchen Zahlen Abweichungen beobachtet wurden.

dem mittleren Teil des Rohres absieht, so ergibt sich auf Grund des Rohrwiderstandsgesetzes, daß bei turbulenter Strömung die durchschnittliche Geschwindigkeit proportional der 7. Wurzel der Entfernung von der Rohrwand zunimmt (vgl. Fig. 7). Dieses Ergebnis läßt sich sinngemäß auch auf andere Grenzschichten übertragen. KARMAN konnte mittels dieser Übertragung z. B. die Oberflächenreibung von glatten ebenen Platten bei geradliniger Bewegung oder von rotierenden Scheiben in guter Übereinstimmung mit den Erfahrungswerten berechnen (7).

Bei der turbulenten Strömung sind über die durchschnittliche Bewegung unregelmäßige Störungsbewegungen gelagert. Durch jene Störungsbewegungen, welche senkrecht zur Wand gerichtet sind, werden Flüssigkeitsteile aus der nächsten Nähe der Wand, die sehr kleine Geschwindigkeit haben, von der Wand entfernt und gelangen so in Gebiete, wo im Durchschnitt größere Geschwindigkeit herrscht. Umgekehrt rücken Teile mit verhältnismäßig großer Energie in die Nähe der Wand. Durch diesen Austausch schnellerer und langsamerer Teile und ihre Vermischung, tritt ein erheblich rascherer Ausgleich der Strömungsenergie ein als es bei der laminaren Strömung der Fall ist. Die schnelleren Teile reißen die langsameren stärker mit und die langsameren verzögern die schnelleren stärker, als wenn sie nur durch ihre Zähigkeit aufeinander einwirken. Die turbulente Bewegung wirkt daher so, als ob die Zähigkeit der Flüssigkeit vergrößert wäre. Man kann diese „scheinbare Zähigkeit“ als ein Maß für die Turbulenz verwenden¹⁾. Die von der Turbulenz herrührende scheinbare Zähigkeit unterscheidet sich von der wahren Zähigkeit wesentlich dadurch, daß sie von Ort zu Ort verschieden ist. Sie wird ja durch Bewegungen senkrecht zur Wand verursacht. Nun kann aber sicher an der Wand selbst keine solche Querbewegung stattfinden, da sie ja sonst durch die Wand hindurchgehen müßte. Infolgedessen ist auch an der Wand selbst nur die wahre Zähigkeit wirksam. Aber auch in der Nähe der Wand ist die Querbewegung um so mehr behindert, je geringer die Entfernung von der Wand ist. Man erhält daher eine mit abnehmendem Abstand von der Wand abnehmende scheinbare Zähigkeit. Mit dieser veränderlichen scheinbaren Zähigkeit hängt auch die oben erwähnte Geschwindigkeitsverteilung in der turbulenten Grenzschicht zusammen. Man kann daher umgekehrt aus dem Gesetz für die Geschwindigkeitsverteilung auf die Abhängigkeit der scheinbaren Zähigkeit vom Wandabstand schließen. Sie ist proportional der $6/7$ -ten Potenz des Wandabstandes²⁾.

¹⁾ Dieses eine Maß genügt allerdings nicht zur vollständigen Kennzeichnung des turbulenten Zustandes.

²⁾ Für den Wandabstand Null wird die Zähigkeit natürlich nicht Null, sondern geht in die wahre Zähigkeit über. Letztere ist aber im allgemeinen so klein gegenüber der scheinbaren, daß sie nur in unmittelbarer Nähe der Wand eine merkliche Rolle spielt.

Diese merkwürdig strengen Gesetzmäßigkeiten deuten darauf hin, daß die turbulente Strömung trotz ihrer unübersichtlichen und scheinbar ganz unregelmäßigen Bewegungsvorgänge doch gewissen mechanischen Gleichgewichtsbedingungen unterworfen ist, so daß sich wenigstens im Durchschnitt ganz bestimmte Werte ergeben. Diese Verhältnisse erinnern etwas an die Vorstellungen der kinetischen Gastheorie, wo man auch trotz der vollständig unübersichtlichen Bewegung der einzelnen Moleküle doch sehr streng gültige Mittelwertsätze erhält. Leider war es bis jetzt nicht möglich, sich vom Mechanismus der turbulenten Bewegung solche Vorstellungen zu bilden, daß man daraus die bekannten zahlenmäßigen Beziehungen (z. B. die Geschwindigkeitsverteilung) theoretisch ableiten könnte. Man kann sich die Zusammenhänge nur qualitativ einigermaßen klarmachen:

Wenn eine turbulente Strömung besteht, so wird durch die scheinbare Zähigkeit mehr Strömungsenergie vernichtet, als wenn die Strömung laminar und nur die wahre Zähigkeit wirksam wäre. Von dieser verschwundenen Strömungsenergie wird aber zunächst nur das in Wärme umgewandelt, was durch die wahre Zähigkeit vernichtet wird. Beim Mischungsvorgang, auf dem ja die scheinbare Zähigkeit beruht, wird die Energie der Hauptströmung (durchschnittliche Geschwindigkeit) dadurch zum Verschwinden gebracht, daß die Strömung in unregelmäßige Wirbelbewegung aufgelöst wird. Der durch die Turbulenz bedingte höhere Energieverbrauch wird also dazu verwandt, neue Querbewegungen, also neue Turbulenz zu erzeugen. Andererseits wird der turbulenten Störungsbewegung ständig Energie durch innere Reibung entzogen. Es bildet sich daher irgendein Gleichgewichtszustand aus, bei dem die der turbulenten Störungsbewegung durch die scheinbare Zähigkeit zugeführte Energie gerade so groß ist, wie die ihr durch die wahre Zähigkeit entzogene Energie. Da mit abnehmender REYNOLDSscher Zahl die wahre Zähigkeit immer stärker sich geltend macht, so kann man auch verstehen, daß unterhalb einer bestimmten REYNOLDSschen Zahl kein turbulenter Strömungszustand mehr bestehen kann, da die Störungsbewegung mehr Energie durch die wahre Zähigkeit verliert als sie durch die scheinbare gewinnen kann.

Alle die angeführten quantitativen Aussagen über die Verteilung der Geschwindigkeit und der scheinbaren Zähigkeit gründen sich auf das Widerstandsgesetz für turbulente Strömung in glatten geraden Rohren von konstantem Querschnitt. Sie gelten daher auch nur für solche Grenzschichten, bei denen entsprechende Bedingungen vorliegen: glatte ebene Oberfläche und annähernd konstanter Druck auf dieser Fläche. In den meisten Fällen, in denen uns Grenzschichten interessieren, sind nun diese Voraussetzungen in mehr oder weniger starkem Maße nicht erfüllt. Vielfach sind die Oberflächen rau, außerdem sind sie meist gekrümmt und die Drücke wechseln von Punkt zu

Punkt. Insbesondere wissen wir ja, daß die unangenehme Ablösung der Grenzschicht immer bei Druckanstieg zu erwarten ist. Alle diese Nebenumstände ändern den turbulenten Strömungsvorgang. Die Rauigkeit bringt eine zusätzliche Störung, also eine Vermehrung der Turbulenz mit sich. Infolge der Krümmung der durchschnittlichen Stromlinien treten Zentrifugalkräfte auf, und zwar für die schnelleren Teilchen in stärkerem Maße als für die langsamen. Bei der Strömung längs einer konvex gewölbten Oberfläche werden daher durch die Zentrifugalkraft die langsameren Teilchen auf die Körperoberfläche hin, die schnelleren von ihr weggedrängt. Dieser Effekt wirkt der turbulenten Störungsbewegung, welche die schnellen und die langsamen Teilchen zu mischen sucht, entgegen. Die scheinbare Zähigkeit wird daher verringert, die Neigung zur Ablösung vergrößert. Das Umgekehrte ist bei der längs einer konkaven Fläche strömenden Grenzschicht der Fall. Besonders stark ist der Einfluß eines Druckanstiegs und Druckabfalls in Richtung der Strömung bzw. der einer entsprechenden Änderung der Strömungsgeschwindigkeit. Da hier zu jedem Punkt ein anderer Gleichgewichtszustand der turbulenten Störungsbewegung gehört, die Ausbildung dieses Gleichgewichtszustandes aber eine gewisse Zeit erfordert, so entspricht der jeweilige Turbulenzzustand in einem Punkt immer einem etwas davorliegenden Punkte, er paßt also nicht zu der betreffenden Geschwindigkeit. Dies hat zur Folge, daß die Turbulenz bei beschleunigter Bewegung verkleinert, bei verzögerter vermehrt wird.

Die experimentellen Untersuchungen über diese Einflüsse sind noch ziemlich dürftig. Über den Einfluß der Rauigkeit auf das Widerstandsgesetz von geraden Rohren sind im Aerodynamischen Institut in Aachen von HOPF (9) und FROMM (10) und wichtige Gesetzmäßigkeiten festgestellt worden. Im Kaiser-Wilhelm-Institut für Strömungsforschung in Göttingen sind zur Zeit weitere Versuche über Rauigkeitseinflüsse in Arbeit, welche insbesondere auch die Untersuchung der Geschwindigkeitsverteilung in der Nähe rauher Wände zur Aufgabe haben. Zur Frage der Erscheinungen bei Druckanstieg und -abfall hat die Dissertation von DÖNCH (11) wichtige Beiträge geliefert. Über den Einfluß der Krümmung ist eine Untersuchung im Kaiser Wilhelm - Institut für Strömungsforschung in Angriff genommen.

Es ist zu hoffen, daß diese teils fertigen, teils in Arbeit befindlichen Untersuchungen zur weiteren Klärung der Grenzschichtfrage beitragen werden, und daß wir dadurch dem Ziel, die mit Energieverlust verbundenen Strömungsvorgänge, insbesondere die Entstehung des Widerstandes bewegter Körper theoretisch zu beherrschen, näherkommen.

Zusammenfassung.

Nach einer kurzen Erläuterung der PRANDTL'schen Grenzschichttheorie werden Versuche mitgeteilt, Diffusoren durch Absaugen von Grenzschicht zu verbessern. Im 2. Teil wird auf die Erschwerung hingewiesen, welche sich für die theoretische Behandlung durch das Turbulentwerden der Grenzschicht ergibt. Es wird dann versucht, den gegenwärtigen Stand unserer Kenntnisse über turbulente Grenzschichten darzustellen.

Literatur.

1. L. PRANDTL, Über Flüssigkeitsbewegung bei sehr kleiner Reibung. Verhandl. d. III. intern. Mathematikerkongr. zu Heidelberg 1904, S. 484. Leipzig 1905.
2. L. PRANDTL, Magnuseffekt und Windkraftschiff. Naturwissenschaften 13, 93. 1925.
3. J. ACKERET, Grenzschichtabsaugung. Zeitschr. d. Ver. dtsch. Ing. 1926, S. 1153.
4. H. BLASIUS, Grenzschichten in Flüssigkeiten mit sehr kleiner Reibung. (Diss. Göttingen 1907.) Zeitschr. f. Math. u. Physik 1908, S. 1.
5. K. HIEMENZ, Die Grenzschicht an einem in den gleichförmigen Flüssigkeitsstrom eingetauchten Kreiszyylinder. (Diss. Göttingen 1911.) Dingl. Polyt. Journ. 326, 321. 1911.
6. K. POHLHAUSEN, Zur näherungsweise Integration der Differentialgleichung der laminären Grenzschicht. (Diss. Göttingen 1920.) Zeitschr. f. angew. Math. u. Mech. 1, 352. 1921.
7. TH. v. KARMAN, Über laminare und turbulente Reibung. Zeitschr. f. angew. Math. u. Mech. 1921, S. 233.
8. M. JAKOB u. S. ERK, Der Druckabfall in glatten Rohren und die Durchflußziffer von Normaldüsen. Forschungsarbeiten aus dem Gebiete des Ingenieurwesens H. 267. V.D.I.-Verlag.
9. L. HOPF, Die Messung der hydraulischen Rauigkeit. Zeitschr. f. angew. Math. u. Mech. 1923, S. 329.
10. K. FROMM, Strömungswiderstand in rauen Rohren. Zeitschr. f. angew. Math. u. Mech. 1923, S. 339.
11. F. DÖNCH, Divergente und konvergente turbulente Strömung mit kleinen Öffnungen. (Diss. Göttingen 1924.) Forschungsarbeit aus dem Gebiete des Ingenieurwesens H. 282. V.D.I.-Verlag 1926.

Pontoporeia affinis und Pallasea quadrispinosa in den norddeutschen Seen¹⁾.

Von AUGUST THIENEMANN, Plön (Holstein).

(Aus der Hydrobiologischen Anstalt der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft.)

Die glazial-marinen Reliktenkrebse der nord-

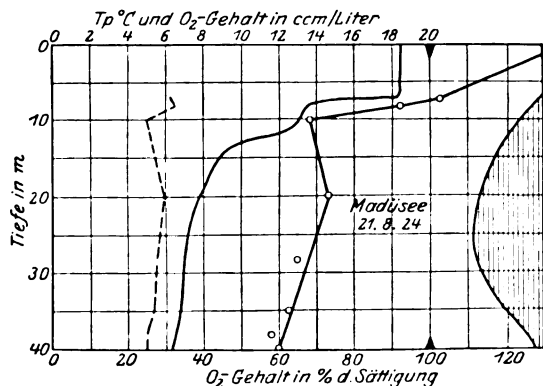
¹⁾ Sechste Mitteilung der „Untersuchungen über die Beziehungen zwischen dem Sauerstoffgehalt des Wassers und der Zusammensetzung der Fauna in norddeutschen Seen“. Die erste Mitteilung erschien im Arch. f. Hydrobiol. 12, 1–65. 1918, die zweite in der Zeitschr. f. wiss. Insektenbiol. 14, 209–217. 1918, die

europäischen und norddeutschen Seen haben seit langem das Interesse der Forscher auf sich gezogen. dritte in der Festschrift der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft, Berlin, Julius Springer 1921. 202–207, die vierte im Arch. f. Hydrobiol. 13, 609–646. 1922, die fünfte in der Zeitschr. f. wiss. Biol., Abt. A: Zeitschr. f. Morphol. u. Ökol. d. Tiere 3, 389–440. 1925.

Die in einzelnen Seen Norddeutschlands vorkommenden 3 Arten: *Mysis relicta* Lovén, *Pontoporeia affinis* Lindström und *Pallasea quadrispinosa* Sars sind durch Vermittlung von Stauseen vor dem Eisrande der letzten Eiszeit aus der damaligen Ostsee in ihre jetzigen Wohngebiete transportiert worden. Das Problem, weshalb sich diese Krebse heute *nicht in allen Seen* am Rande der Baltischen Endmoräne und ihres Rückzugsgebietes finden, ließ sich für *Mysis relicta* dahin lösen, daß diese Art nur in solchen Seen zu leben vermag, in denen der Sauerstoffgehalt des Tiefenwassers im Hochsommer normalerweise nicht unter 4 ccm O₂ pro Liter sinkt (1). Ob und inwieweit die sommerlichen Sauerstoffverhältnisse der Seetiefe auch für *Pontoporeia* und *Pallasea* eine verbreitungsregulierende Wirkung ausüben, war bisher nicht genauer untersucht. Wir haben daher im August 1926 in sämtlichen bekannten norddeutschen *Pontoporeia*-seen sowie in allen *Pallasea*-seen mit Ausnahme der ostpreussischen die Verteilung der Reliktenkrebse und die Sauerstoffschichtung festgestellt.

1. *Pontoporeia affinis*.

Pontoporeia kommt in größeren Mengen nur im Madüsee bei Stettin und im Unter-Uckersee bei Prenzlau vor. Zweifellos am häufigsten ist sie im Madüsee. Im Sommer meidet sie das warme Epilimnion und bevölkert den Seeboden unterhalb der Sprungschicht bis zur größten Tiefe (42 m). Im Sommer 1924 erreichte sie in 24–28 m ihre Maximalzahl mit 3600 Tieren pro qm Bodenfläche [(2), S. 179]; in der größten Tiefe sank damals die Zahl wieder auf 150 pro Quadratmeter (Kurvventafel 1). Im Winter wird sie nach oben bis in die



Kurvventafel 1: Temperatur- und Sauerstoffschichtung, sowie *Pontoporeia*-verteilung im Madüsee am 21. VIII. 1924. [Gerissene Linie = O₂-Gehalt in ccm/Liter. Durch Kreise unterbrochene Linie = O₂-Gehalt in Prozent der Sättigung, einfache Linie = Temperatur in Grad Celsius. Senkrecht schraffiert = *Pontoporeia*-verteilung nach (1) S. 179.]

1-m-Schicht angetroffen [(3), S. 686]. Die im Bodenwasser des Madüsees beobachteten O₂-Minima betrugen:

am 28. August 1916 in 30 m 4,72 ccm O₂ pro Liter
in 37 m 4,55 ccm O₂ pro Liter
am 14. Sept. 1918 in 28 m 5,70 ccm O₂ pro Liter
am 21. August 1924 in 38 m 4,93 ccm O₂ pro Liter
in 40 m 5,12 ccm O₂ pro Liter
am 21. August 1926 in 25 m 5,62 ccm O₂ pro Liter

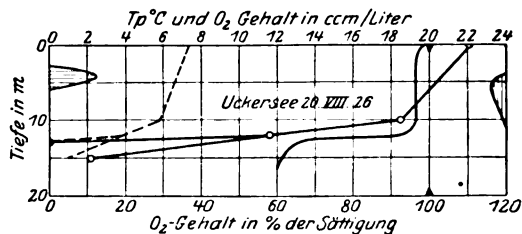
Das Sauerstoffminimum für *Pontoporeia* lag also im Madüsee bei 4,55 ccm pro Liter.

Ganz anders ist die *Pontoporeia*-verteilung im Uckersee. Hier fand sich am 20. VIII. 1926 in 3 m zwischen Characeen weder *Pontoporeia* noch *Pallasea*; in 6–3 m zwischen Ceratophyllum, Fontinalis, Characen, Vaucheria Massen *Pallasea*, wenig *Pontoporeia*; in 5–6 m zwischen Dreissensia-klumpen (Sublitoral!) keine *Pallasea*, aber reichlich *Pontoporeia*; in 10 m zwischen grauem Schlamm mit lebenden und toten Dreissensien keine *Pallasea*, wenig *Pontoporeia*; in 11–12 und 14 m weder *Pallasea* noch *Pontoporeia*.

Pontoporeia ist also zur Zeit in 4–10 m Tiefe, mit einem Maximum in 5–6 m Tiefe, vorhanden. Vergleicht man damit die Sauerstoffverhältnisse (Tabelle und Kurventafel 2), so ergibt sich folgendes:

Temperatur- und Sauerstoffschichtung im Uckersee am 20. VIII. 1926¹⁾.

M	Tp	O ₂	O' ₂	δ	O ₂ %
0	19,7	7,31	6,32	+ 0,99	115,7
10	19,3	5,90	6,36	– 0,46	92,6
12	18,5	3,75	6,47	– 2,72	58,0
13*	13,1	0	7,26	– 7,26	0
14*	12,6	0,71	7,34	– 6,63	9,7
15*	12,1	0,82	7,42	– 6,60	11,0



Kurvventafel 2: Temperatur- und Sauerstoffschichtung, sowie Verteilung von *Pontoporeia* und *Pallasea* im Uckersee am 20. VIII. 1926. (Senkrecht schraffiert = *Pontoporeia*; wagrecht schraffiert = *Pallasea*.)

Das beobachtete O₂-Minimum für *Pontoporeia* beträgt im Uckersee 5,9 ccm O₂ pro Liter; schon bei 3,75 ccm O₂ pro Liter fehlt der Krebs.

Während also im Madüsee, einem typischen norddeutschen Tanytassussee [vgl. (1), S. 404ff.] mit hohem O₂-Gehalt des Tiefenwassers, *Pontoporeia* auch im Sommer den ganzen Seeboden unterhalb der Sprungschicht besiedelt, ist sie im

¹⁾ M = Tiefe in m; O₂ = beobachteter O₂-Gehalt in ccm pro Liter; O'₂ = theoretisch zu erwartender O₂-Gehalt [vgl. (1), S. 415], δ = Differenz beider; O₂% = O₂ in Proz. von O'₂; * = Grund des Sees erreicht.

Uckersee, einem typischen Chironomussee, auf einen schmalen Streifen dicht oberhalb der Sprungschicht beschränkt und meidet das O₂-arme Hypolimnion. Hier liegt eine Parallelerscheinung zu der Verteilung von *Mysis relicta* im Tollensesee vor [(1), S. 412, 430, 431], nur mit dem Unterschied, daß im Tollensesee *Mysis* einen Streifen dicht unter der Sprungschicht, also kaltes Wasser bewohnte, während *Pontoporeia* im Uckersee durch den O₂-Schwund in der Tiefe in das über 19° warme Wasser des Epilimnions gedrängt ist. Das ist eine für ein stenothermes Glazialrelikt recht hohe Temperatur, der der Krebs hier wohl allsommerlich ausgesetzt ist. Im Zusammenhang damit steht auch die — verglichen mit dem Massenaufreten im Madüsee — relativ geringe Anzahl der *Pontoporeia*-exemplare, die man im Uckersee findet. Oder mit anderen Worten: der Aussterbe-prozeß von *Pontoporeia*, der durch die O₂-bedingte Verdrängung der Tiere aus dem Hypolimnion in das warme Epilimnion verursacht wird, ist im Uckersee schon in vollem Gange!

Noch weiter fortgeschritten ist er im Cumerower See (nördl. Malchin, auf der Grenze von Mecklenburg und Neuvorpommern), ebenfalls einem Chironomussee. Hier trafen wir (am 17. VIII. 1926) *Pallasea* zwar massenhaft in 2—3 m (Characeen) bis 6—7 m (Sublitoral), ganz vereinzelt in 15—16 m (Profundal), *Pontoporeia* aber nur ganz vereinzelt in 6—16 m Tiefe. Wir haben bei vielen Dredgezügen im ganzen nur etwa ein halb Dutzend *Pontoporeia*-individuen erbeutet! (Auch WELTNER fing am 26. IX. 1901 dort im ganzen nur 17 Tiere.) Der Wind hatte in dem fast rein SW—NO sich erstreckenden relativ flachen Zungenbecken am Untersuchungstage schon die thermische und damit auch die Sauerstoffsichtung bis zum Grunde hin ausgeglichen (in 14 m Tp. = 18,7°; O₂ = 7,26 ccm pro Liter), so daß das Sauerstoffminimum für die Zeit extremster Stratifikation nicht angegeben werden kann.

Da SAMTER und WELTNER (4) *Pontoporeia* auch für den Soldiner See (Neumark) angeben, so habe ich auch diesen See untersucht. Hier lebt (am 22. VIII. 1926) *Pallasea* in Mengen in 4—5 m und geht nur in verschwindender Zahl in geringere (bis 2 m) oder größere (bis 8—10 m) Tiefen. Von *Pontoporeia* fingen wir kein einziges Stück. SAMTER fing (laut WELTNERs Tagebuch; Material im Berliner Museum) am 12. IV. 1901 in der Mitte des Sees in 20 m Tiefe 2 *Pontoporeia*-exemplare. Diese, die jetzt noch merkwürdig braun aussehen, sind sicher mit den (gelohten!) Dredgen aus dem Madüsee, an dem SAMTER und WELTNER noch am 11. IV. arbeiteten, eingeschleppt worden. Der Soldiner See, ein Chironomussee mit *Corethra* und einem O₂-Minimum am Grunde von 2,5 ccm pro Liter, ist sicher kein *Pontoporeia*-see. Im Tollensesee und Dratzigsee haben wir nie wieder *Pontoporeia* nachweisen können, so daß auch diese beiden Seen aus der Reihe der norddeutschen *Pontoporeia*-seen zu streichen sind [vgl. (1), S. 428].

Zusammenfassend läßt sich das Auftreten von *Pontoporeia affinis* in den norddeutschen Seen also so charakterisieren: Nur im Madüsee, einem Tanytarsussee mit O₂-reichem Hypolimnion, findet *Pontoporeia* wirklich günstige Lebensbedingungen. Uckersee und Cumerower See — Chironomusseen mit O₂-armem Hypolimnion — stellen eine Reihe mit ungünstiger werdenden Lebensbedingungen für unseren Krebs dar; während seine Individuenzahl im Uckersee noch relativ hoch ist, ist sie im Cumerower See eine minimale. Verursacht wird das Aussterben von *Pontoporeia* in diesen Seen durch den O₂-Schwund im Hypolimnion, durch den das Tier im Sommer in die durch ihre hohe Temperatur für *Pontoporeia* ungünstigen oberen Wasserschichten verdrängt wird. Der niedrigste O₂-Gehalt, bei dem *Pontoporeia* bisher beobachtet wurde, betrug 4,55 ccm O₂ pro Liter. *Pontoporeia* scheint also tatsächlich noch O₂-bedürftiger zu sein als *Mysis* (vgl. 2, S. 179).

2. *Pallasea quadrispinosa*.

Anders liegen die Verhältnisse bei *Pallasea*.

Auch hier können wir zwei, allerdings durch Übergänge miteinander verbundene Hauptverbreitungstypen unterscheiden.

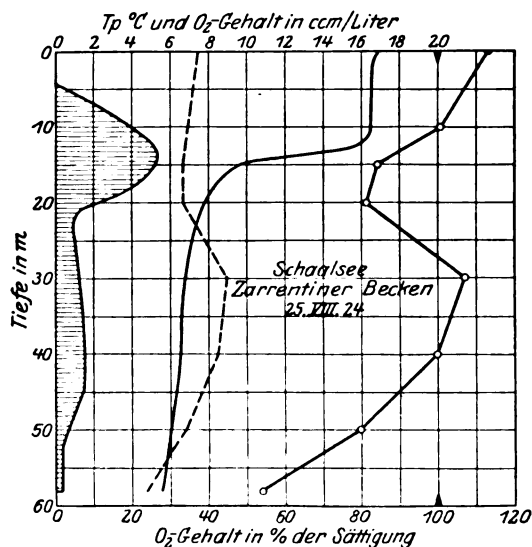
a) Der erste Typus findet sich in den sauerstoffreichen Tanytarsusseen, in denen *Pallasea* auch im Sommer vom unteren Litoral bis in die größten Seetiefen verbreitet ist. Hierher gehören der Madüsee (O₂-Verhältnisse der Seetiefe vgl. oben); ferner der Dratzigsee bei Tempelburg in Hinterpommern (Maximaltiefe 83 m), in dem wir in dem Tempelburger Tief im August 1926 bis in 74 m Tiefe (Tp. 5,9°, O₂-Gehalt 6 ccm pro Liter) *Pallasea* in Mengen nachgewiesen haben. Sie beginnt hier unter der Sprungschicht. In den flacheren Seeteilen um die Insel Kalkwerder herum trat sie am Grunde noch bei einem O₂-Gehalt von 3,4 ccm massenhaft auf (zum Teil eiertragende Weibchen und frisch geschlüpfte junge Tiere). Auch im Außen-Schaalsee (Grenze von Mecklenburg-Schwerin und Kreis Herzogtum Lauenburg) lebt sie im August von etwa 3 m Tiefe an bis in die größten Tiefen in Mengen (z. B. im Zarrentiner Becken im August 1926 bis 55 m nachgewiesen. Tp. 6,4°, O₂-Gehalt 3,7 ccm, vgl. Kurventafel 3); aber auch bei 2 ccm O₂ kann sie hier (Dargowtief 1. IX. 1926: 23 m Tiefe, Tp. 8,4°) zahlreich sein; doch ist dies ein Ausnahmefall.

Wird der sommerliche Sauerstoffgehalt des Tiefenwassers eines *Pallasea*-sees oder Seeteiles niedriger als etwa 3,5 ccm, so wird die *Pallasea*-zahl in diesen Tiefen gering, wenn schon einzelne Exemplare immer noch in der Tiefe des Sees nachzuweisen sind.

So im Gr. Lübbesee¹⁾ bei Dramburg in Hinterpommern (Maximaltiefe 46 m), einem Tanytarsussee; hier begann *Pallasea* am 30. VIII. 1926 in 8 m

¹⁾ In diesem See lebt auch *Mysis relicta* (in den gleichen Schichten wie *Pallasea*), was bisher nicht bekannt war.

Tiefe (Sublitoral), war bis 23 m (Tp. 7°; O₂-Gehalt 3,5 ccm) häufig, während sie in 40 m Tiefe (Tp. 6,1°, O₂-Gehalt 2,8 ccm) nur in vereinzelter Exemplaren auftrat. Ähnlich ist die *Pallasea*-verteilung im Enzigsee bei Nörenberg in Hinterpommern (Maximaltiefe 41 m), ebenfalls einem Tanytarsussee; untersucht am 24. VIII. 1926; unterhalb der Pflanzenzone in 12–30 m (30 m Tp. 6,7°, O₂-Gehalt 4,1 ccm) in Massen, in 35 m (Tp. 6,5°, O₂-Gehalt 3,7 ccm) nur ganz einzelne kleine Exemplare. Auch im Cumerower See (Maximaltiefe 17 m) lebt sie im Profundal im Sommer nur in geringer Zahl. Auf der gleichen Stufe steht im Dratzigsee die Heinrichsdorfer Bucht (25. VIII. 1926 25 m*, Tp. 5,8°, O₂-Gehalt 3,2 ccm),



Kurventafel 3: Temperatur- und Sauerstoffschichtung, sowie *Pallasea*-verteilung im Zarrentiner Becken des Schaalsees am 25. VIII. 1924. [Wagrecht schraffiert = *Pallasea*-verteilung nach (1) S. 179.]

die Bucht von Eichwerder (26. VIII. 1926 10 m*, Tp. 12,1°, O₂-Gehalt 2,3 ccm), der Sarebensee; im Schaalsee der Techniner Binnensee, Borgsee, Niendorfer Binnensee. Diese Seen leiten über zum

b) zweiten Typus, bei dem *Pallasea* in der Seetiefe gänzlich fehlt. Je nachdem, ob das Tier im Sommer überhaupt noch ins Profundal hinabsteigt oder gänzlich auf Litoral und Sublitoral beschränkt ist, lassen sich hier wieder 2 Gruppen von Seen unterscheiden.

Im Tollensesee bei Neubrandenburg (Maximaltiefe 33 m) meidet *Pallasea* nur die größte Tiefe; so war sie im August 1924 noch in 25–24 m Tiefe vorhanden (O₂-Minimum 2,75 ccm; vgl. (1), S. 430); am 19. VIII. 1926 lebte sie in 20 m Tiefe (Tp. 9,3°, O₂-Gehalt 4,6 ccm); unter 25 m Tiefe fanden sich nur abgestorbene Exemplare; hier betrug der O₂-Gehalt 0,7–1,2 ccm (Tp. 7,5°).

Im Schaalsee waren in der Tiefe vor Bresahn,

wo sich am 1. IX. 1926 in 24 m Tiefe ein mit *Beggiatoa*-flocken ganz verfilzter Schlamm und ein Tiefenwasser mit nur 0,3 ccm O₂ (Tp. 8,4°) fand, alle *Pallasea* abgestorben, während sie in 15–10 m Tiefe hier lebten.

In allen übrigen Seen ist *Pallasea* streng auf Litoral und Sublitoral beschränkt. So im Soldiner See (Maximaltiefe 19,5 m), wo sie ihr Maximum in 4–5 m hat, vereinzelt in 2 m Tiefe und ins Sublitoral vordringt (O₂-Minimum ca. 4 ccm), im Pielburger See in Hinterpommern (Maximaltiefe 54 m; 5–10 m, d. h. unteres Litoral bis Sublitoral), im Uckersee bei Prenzlau (Maximaltiefe etwa 20 m), wo sie auf das Litoral (zwischen 3 und 5 m; vgl. Kurventafel 2) beschränkt ist. Auch in der Tempelburger Bucht des Dratzigsees („Scheddinsee“), einem echten Chironomussee, in dessen 18 m Tiefe am 28. VIII. 1926 keine Spur Sauerstoff vorhanden war, lebte *Pallasea* (ganz einzeln) nur in 3 m Tiefe. Von den Buchten des Schaalsees gehört der Kirchensee, Bernstorffer See, Dutzower See, Pipersee und Salemer See zu dieser Stufe.

Und schließlich kann in selbständigen, abgeschlossenen Buchten von *Pallaseen* der Krebs überhaupt verschwinden. So haben wir ihn in der nördlichsten Bucht des Dratzigsees, der Klausahagener Bucht, einem echten Chironomussee mit 0,1 ccm O₂ in 11 m Tiefe, im August 1926 überhaupt nicht nachweisen können.

Pallasea quadrispinosa findet also in den norddeutschen Seen ihr Existenzoptimum bei einem O₂-Gehalt über 3,5 ccm pro Liter; sinkt der O₂-Gehalt unter diese Grenze bis gegen 2 ccm, so kann sie zwar noch leben, meidet aber solche Schichten, bzw. tritt in ihnen nur ganz spärlich auf. Wird sie von einem O₂-Schwund überrascht, der den O₂-Gehalt des Wassers unter 1 ccm pro Liter sinken läßt, so stirbt sie ab. Wird der O₂-Gehalt der Tiefe eines *Pallasees* bei der Reifung des Sees [vgl. (1), S. 409ff.] allmählich immer geringer, so zieht sich der Krebs aus der Tiefe schließlich bis ins Litoral zurück. Da *Pallasea* ursprünglich ein Ufertier ist, kann sie auch die hohen Temperaturen des Litorals leichter ertragen als *Pontoporeia* und *Mysis*. Berücksichtigt man weiter, daß nach unseren Untersuchungen das O₂-Minimum für *Pontoporeia* bei etwa 4,5 ccm, für *Mysis* bei 4 (bis 3) ccm, für *Pallasea* bei gut 2 ccm O₂ pro Liter liegt, so kann man verstehen, daß heutzutage in Norddeutschland noch – soweit bekannt – nur 3 Seen von *Pontoporeia*, dagegen 6 von *Mysis*¹⁾ und sogar 16 Seen²⁾ von *Pallasea* besiedelt sind! Weitaus die meisten norddeutschen Seen sind ja seit der Eiszeit aus ursprünglich oligotrophen Tanytarsusseen zu eutrophen und damit im Hypolimnion sauerstoffarmen Chironomusseen geworden.

¹⁾ Dabei sind die drei Feldberg-Mysisseen als Einheit gerechnet, ebenso der Dratzigsee und Sarebensee.

²⁾ Nach brieflicher Mitteilung von Dr. GERMERSHAUSEN, Stettin, lebt *Pallasea* auch im Papenziensee in Hinterpommern.

Literatur.

1. A. THIENEMANN, *Mysis relicta*. Zeitschr. f. wiss. Biol., Abt. A: Zeitschr. f. Morphol. u. Ökol. d. Tiere 3. 1925.
2. J. LUNDBECK, Die Bodentierwelt norddeutscher Seen. Arch. f. Hydrobiol. Suppl.-Bd. VII. 1926.
3. M. SAMTER und W. WELTNER, Biologische Eigen-

tümlichkeiten der *Mysis relicta*, *Pallasiella quadrispinosa* und *Pontoporeia affinis*, erklärt aus ihrer eiszeitlichen Entstehung Zool. Anz 27. 1904.

4. SAMTER und WELTNER, Weitere Mitteilung über relikte Crustaceen in norddeutschen Seen. Zoolog. Anz. 25. 1902.

Bemerkungen über den Sauerstoffgehalt der Gewässer und dessen respiratorischen Wert.

Von F. RUTTNER, Lunz.

(Aus der Biologischen Station.)

1. Die Sauerstoffschichtung der Seen.

Mit Recht hat in den letzten Jahren der Sauerstoffgehalt des Wassers unserer Seen, seine Verteilung nach der Tiefe hin und seine Veränderungen im Wechsel der Jahreszeiten die Aufmerksamkeit der Hydrographen und ganz besonders der den Problemen des Lebens in Binnengewässern nachgehenden Biologen auf sich gelenkt. Sind doch wenige Faktoren so wie dieser geeignet, ein Gewässer in seiner Eigenart zu charakterisieren. Durch die Atmung der Tiere und Pflanzen, durch die Fäulnis toter organischer Substanz, die langsam absinkend oder am Grunde des Sees lagernd der Zersetzung entgegen geht, nimmt die im Wasser gelöste Sauerstoffmenge ständig ab; diese Verluste werden jedoch in den oberen Wasserschichten durch Absorption aus der atmosphärischen Luft, durch die Sauerstoffproduktion der assimilierenden Pflanzen sowohl der Uferzone als auch des Planktons reichlich ausgeglichen. Ganz besonders der letztgenannte Vorgang ist es, welcher die hauptsächlichste Sauerstoffquelle unserer Seen bildet und meist eine Übersättigung des Wassers der gut durchleuchteten Schichten herbeiführt. In den dämmerigen oder lichtlosen Tiefen jedoch, wo eine Durchlüftung durch Pflanzen fehlt und die langsam wirkende Diffusion die Einbußen nicht mehr ausgleichen kann, überwiegt die Zehrung, und wir können daher im Tiefenwasser während der sommerlichen und winterlichen Ruheperioden einen allmählich zunehmenden Sauerstoffschwund feststellen. Je größer die Nährstoffmenge, je reicher das organische Leben des Sees ist, um so rascher wird dieser Prozeß fortschreiten und die Steilheit des Sauerstoffgefälles unterhalb der den Austausch mit den oberflächlichen Wassermassen verhindernden Temperatursprungschicht bildet geradezu ein Kriterium dafür, ob ein nahrungsreicher oder ein nahrungsarmer, ein eutropher oder oligotropher See vorliegt. Allerdings wird diese Abnahme des Sauerstoffs, die manchmal bis zum vollständigen Verschwinden desselben führen kann, nicht immer durch Atmungs- und Fäulnisprozesse, sondern in besonderen Fällen auch durch andere Oxydationsvorgänge (z. B. von Eisenoxydulcarbonat) verursacht.

Die durch diese Verhältnisse bedingte Schichtung im Sauerstoffgehalt der Seen wirkt besonders

dort, wo sein Gefälle steil ist, also auf der Oberfläche des Schlammes und in den tiefen Wasserschichten vielfach auslesend auf die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften je nach dem Atmungsbedürfnis ihrer Komponenten, so daß es möglich wird, aus dem Charakter der Tiefenfauna eines Gewässers auch dessen Sauerstoffverhältnisse zu erschließen. Es ist das Verdienst THIENEMANNs, auf diese vielfältigen Beziehungen hingewiesen und eine reiche Literatur darüber angeregt zu haben.

Zur Bestimmung des im Wasser gelösten Sauerstoffes wird fast durchwegs die titrimetrische Methode nach WINKLER verwendet und die gewonnenen Werte in Milligramm bzw. in Kubikzentimeter pro Liter angegeben. Neuerdings ist es jedoch üblich geworden, die Ergebnisse in „Sättigungsprozenten“, d. h. in Prozenten derjenigen Sauerstoffmenge auszudrücken, welche die untersuchte Wasserprobe enthalten würde, wenn sie bei den Temperaturverhältnissen der Entnahme mit der atmosphärischen Luft in Diffusionsgleichgewicht stünde (wobei allerdings die bei jedem einigermaßen tiefen See sehr ins Gewicht fallenden Druckverhältnisse nicht berücksichtigt werden). Für rein hydrographische Studien mag ja diese Betrachtungsweise vielleicht von Vorteil sein, ob sie sich jedoch zur Beleuchtung biologischer Probleme eignet, soll im folgenden kurz erörtert werden.

Die Atmung der Organismen hängt bekanntlich nicht allein vom Sauerstoffgehalt, sondern in hohem Maße auch von der Temperatur ab und folgt in dieser Hinsicht der VAN 'THOFFschen Reaktionsgeschwindigkeit-Temperaturregel (RG-T-Regel). Der Sauerstoffverbrauch wird somit bei einer Temperatursteigerung von 10° ungefähr verdoppelt¹⁾. Daher kann bei gleichem Sauerstoffgehalt in einem bestimmten Wasservolumen von z. B. 5° annähernd die doppelte Individuenzahl

¹⁾ SCHÄPERCLAUS (Untersuchungen über den Stoffwechsel, insbesondere die Atmung niederer Wassertiere. Zeitschr. f. Fischerei 23. 1925), der die Steigerung der Atmungsintensität mit zunehmender Temperatur bei einigen Wassertieren untersucht hat, findet für R₁₀ Werte von ca. 1,4—1,65 anstatt 2—3, wie es sonst die Regel ist. Doch würde auch eine allgemeine Geltung dieses niedrigen Faktors für Wassertiere an dem Wesen der obigen Betrachtung nichts ändern.

noch ausreichend atmen als bei 15°, der respiratorische Wert ist in ersterem Falle 2mal so groß als in letzterem.

Geben wir nun den Sauerstoffgehalt eines Gewässers in Sättigungsprozenten an, so bringen wir ihn wohl ebenfalls in eine Abhängigkeit von der Temperatur, da ja das Lösungsvermögen des Wassers für Gase bei fallender Temperatur steigt. Doch ist diese Abhängigkeit jener der Atmung gerade entgegengesetzt. In Fig. 1 sind Sättigung und respiratorischer Wert eines Wassers, das den absoluten Sauerstoffgehalt von 10 mg im Liter aufweist und somit bei 15° gegen Luft „gesättigt“ ist, für die Temperaturen von 5–25° eingetragen. Der respiratorische Wert bei 15° wurde willkürlich ebenfalls = 100 gesetzt. Die Gegenläufigkeit der beiden Linien geht aus der Zeichnung klar hervor: bei fallender Temperatur steigt der respiratorische Wert, während die Sättigung fällt.

Unsere tiefen Seen weisen nun von der Oberfläche bis zum Grunde ein Temperaturgefälle auf,

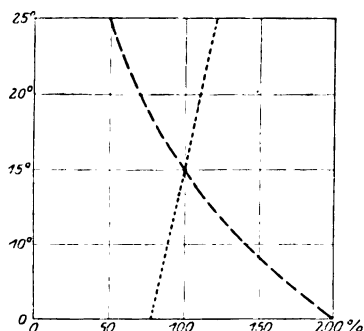


Fig. 1.

— Sättigung. ---- Respiratorischer Wert.

das während des Sommers 15 und mehr Grade betragen kann. Es ist nun einleuchtend, daß diese Temperaturschichtung von größtem Einfluß auf den respiratorischen Wert des Mediums sein und den Tieren der kühlen Tiefenregion bei gleichem Sauerstoffgehalt viel günstigere Atmungsverhältnisse bieten muß als jenen der oberen Wasserschichten. Ein Beispiel aus dem Lunzer Untersee möge dies illustrieren (Fig. 2; respiratorischer Wert wiederum bei 10 Litermilligrammen und 15° = 100).

Das Temperaturgefälle zeigt den für die Sommerstagnation üblichen Verlauf mit einer Differenz von 12,6° und einer deutlichen Sprungschicht zwischen 10 und 15 m. Die absoluten Sauerstoffwerte ändern sich bis 15 m nur wenig und fallen dann mit zunehmender Steilheit gegen den Grund hin ab. Unter dem Einfluß der Temperaturabnahme verläuft die Sättigungskurve noch schräger (von 102 auf 45%), während die Kurve des respiratorischen Wertes rasch ansteigt, um zwischen 15 und 25 m ein mächtiges Maximum zu erreichen und erst in den größten Tiefen rasch abzusinken. Doch ist, trotz der starken Sauerstoffabnahme, auch der unmittelbar über dem Grunde erreichte

Wert wesentlich höher als jener der Oberfläche (120 : 85).

Aus diesem Beispiel geht wohl eindeutig hervor, daß die Angabe des Sauerstoffgehaltes in Sättigungsprozenten ein völlig unzutreffendes Bild der biologischen Bedeutung dieses Faktors entwirft. Wenn es sich darum handelt, das Wasser eines Sees als Atmungsmilieu für dessen Tierwelt zu beurteilen, dürfte es sich empfehlen, an Stelle der Sättigung neben den absoluten Sauerstoffzahlen die durch die Temperaturverhältnisse bedingten respiratorischen Werte zu ermitteln.

2. Der respiratorische Wert rasch fließenden Wassers.

Anhangsweise sei noch kurz auf eine andere Erscheinung hingewiesen, die in fließenden Gewässern zutage tritt und die ebenfalls eine Beeinflussung des Atmungsmilieus ganz unabhängig vom Sauerstoffgehalt erkennen läßt. Stellen reißender Strömung zeichnen sich in Gebirgs-

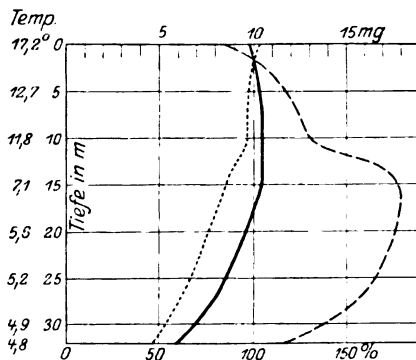


Fig. 2. Sauerstoffverteilung im Lunzer Untersee.

— Milligramme im Liter. Sättigung.
---- Respiratorischer Wert.

bächen im Gegensatz zu dem ruhigeren Wasser ober- und unterhalb häufig durch ein auffallend üppig entwickeltes Tier- und Pflanzenleben aus, in welchem an niedere Temperaturen angepasste, äußerst sauerstoffbedürftige Arten vorherrschen. Die Vermutung liegt nahe und ist auch wiederholt geäußert worden, daß diese Biotope des schießenden und strudelnden Wassers einen besonders hohen Sauerstoffgehalt aufweisen und die reiche und eigenartige Organismenwelt auf diesen Umstand zurückzuführen sein dürfte. Analysen zeigen jedoch, daß diese Voraussetzung durchaus nicht zutrifft. Der Sauerstoffgehalt ist dort keineswegs höher, ja man kann vielfach an den untersten Stufen eines Wasserfalles geringere Werte feststellen als oberhalb. Wasserfälle und Schnellen, in denen rasch bewegtes Wasser in innigste Berührung mit der Luft kommt, sind eben Orte des Ausgleiches, wo das irgendwie gestörte Diffusionsgleichgewicht gegen die Atmosphäre wieder hergestellt und die den herrschenden Temperatur- und Druckverhältnissen entsprechende Sättigung erreicht wird, mag nun das Wasser vorher durch Stoffwechselvorgänge des Pflanzen- und Tier-

lebens über- oder untersättigt gewesen sein. So gelangen in Seen und Teichen mit reichlicher Pflanzenentwicklung vielfach weit höhere Sauerstoffwerte zur Beobachtung als in schnell bewegten Bächen.

Das reiche Leben der Schnellen muß daher auf die Wirkung eines anderen Faktors zurückgeführt werden und dieser kann, da in allen anderen Bedingungen eine Veränderung nicht festzustellen ist, nur in der spezifischen Wirkung der Strömung gesucht werden. Der Sauerstoff wird wie die Nährsalze von den Organismen, die im Wasser leben, osmotisch aus der nächsten Umgebung, zunächst also aus dem an ihrer Oberfläche adhäsiv festgehaltenen Wasser aufgenommen. An ruhigen oder nur schwach bewegten Örtlichkeiten kann der

Nachschub aus dem weiteren Umkreise nur auf dem Wege der langsamen Diffusion erfolgen, ein Vorgang, der zur Entstehung von sauerstoff- und nahrungsarmen Höfen um jedes Individuum führen muß. Je rascher jedoch die Strömung ist, um so wirksamer werden diese Höfe abgespült und die unmittelbare Oberfläche des Tieres oder der Pflanze mit noch unverbrauchten Wasserteilchen in Berührung gebracht. Rasch strömendes Wasser ist somit *physiologisch* an Sauerstoff und an Nährstoffen reicher als ruhiges vom selben Gehalt und wir dürften nicht fehl gehen, wenn wir die Überfülle des Lebens, das uns an stark bewegten Stellen der sonst nahrungsarmen Gebirgsbäche entgegentritt, auf diesen Umstand zurückzuführen suchen.

Tätigkeitsbericht der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften (Oktober 1925 bis Oktober 1926).

Allgemeiner Bericht.

Die leichte Besserung in der wirtschaftlichen Lage des deutschen Vaterlandes machte sich auch in der Vertiefung und Erweiterung der Arbeiten der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft bemerkbar, wenn auch zu betonen ist, daß noch erhebliche Anstrengungen erforderlich sein werden, um den Vorsprung der ausländischen Forschung einzuholen bzw. die Institute auf ihrer wissenschaftlichen Höhe zu halten.

Der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft ist es gelungen, unbeschadet der Konsolidierung der bereits bestehenden Institute, neue Institute zu schaffen bzw. einzelne Institute zu erweitern.

Mit Mitteln der Gesellschaft und mit tatkräftiger Unterstützung der Deutschen Glastechnischen Gesellschaft sowie der Deutschen Keramischen Gesellschaft wurde in freigewordenen Räumen des Kaiser Wilhelm-Institutes für Faserstoffchemie das Kaiser Wilhelm-Institut für *Silicatforschung* unter Leitung des Professors Dr. EITEL gegründet. Als wissenschaftliche Mitglieder wurden die Herren WEIDERT und MARK berufen. Es besteht begründete Aussicht, daß auch die an den Arbeiten des Instituts erheblich interessierte Zement-Industrie sich an der Aufbringung der Mittel beteiligen wird. Das Institut hat naturgemäß das erste halbe Jahr zu Einrichtungsarbeiten und Umbauten verwandt. Trotzdem konnte eine Reihe von Arbeiten in Angriff genommen werden.

Dem Kaiser Wilhelm-Institut für Biochemie wurde eine Abteilung für *Tabakforschung* angegliedert, deren Leitung Professor Dr. C. NEUBERG übernommen hat. Im Einvernehmen mit den hieran interessierten Ministerien des Reiches und der Länder sollen in dieser Abteilung Untersuchungen über die Biochemie des Tabaks ausgeführt werden. Dabei ist eine Zusammenarbeit mit der besonders für die Tabakforschung in Baden zu errichtenden Anstalt in Aussicht genommen.

Dem Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie wurde eine *Gastabteilung für ausländische Gelehrte*, und zwar in verfügbaren Räumen des Kaiser Wilhelm-Institutes für experimentelle Therapie angeschlossen. Als erster ausländischer Gelehrter wurde der dänische Krebsforscher Dr. A. FISCHER aus Kopenhagen berufen. Die in Angriff genommenen Arbeiten betreffen Untersuchungen über die normale und pathologische Physiologie der Gewebszellen, wobei hauptsächlich neue

technische Hilfsmittel angewandt werden, vor allem die Züchtung von Geweben außerhalb des Organismus.

Die Einrichtung dieser Abteilung stellt den Beginn der Verwirklichung des seit längerer Zeit gehegten Gedankens der Berufung ausländischer Forscher in größerer Zahl zur Mitwirkung bei den Arbeiten der Gesellschaft dar.

In Verfolg der vielfachen Anregungen, auch die Geisteswissenschaften zu pflegen, wurde neben dem bereits bestehenden Institut für ausländisches öffentliches Recht und Völkerrecht ein Institut für *internationales und ausländisches Privatrecht* unter Leitung des Geh. Justizrats Prof. Dr. RABEL geschaffen. Die Herren Professoren Geh. Justizrat Dr. ERNST HEYMAN, Dr. TITZE und Dr. MARTIN WOLFF stehen Herrn Geheimrat RABEL als wissenschaftliche Berater zur Seite. An der Aufbringung der Mittel für dieses neu errichtete Institut sind Preußen und verschiedene Kreise der Wirtschaft beteiligt. Das Institut für internationales Privatrecht ist mit seiner Einrichtung beschäftigt und hat seine Arbeiten noch nicht aufgenommen. Geh. Justizrat Prof. Dr. RABEL ist vor kurzem von der Internationalen Vereinigung für vergleichende Rechtswissenschaft und Volkswirtschaftslehre zum 1. Vorsitzenden gewählt worden.

In München wurde das Forschungsinstitut für Wasserbau und Wasserkraft gegründet, an welchem die Kaiser Wilhelm-Gesellschaft maßgebend beteiligt ist.

Aus der Verwaltung der Institute der Gesellschaft ist zu berichten, daß der 2. Direktor des Kaiser Wilhelm-Institutes für *Biologie*, Professor Dr. GOLDSCHMIDT, gegen Ende Oktober 1926 aus Japan, wohin er von der japanischen Regierung berufen worden war, zurück erwartet wird. Der 1. Direktor des Institutes, Geheimer Regierungsrat Professor Dr. CORRENS, wurde von der Amerikanischen Botanischen Gesellschaft zum korrespondierenden Mitglied gewählt. Zur Erweiterung des Versuchsfeldes des Institutes wurde in nächster Nähe ein Grundstück gepachtet und die Gewächshausanlage erweitert. Professor Dr. HARTMANN setzte im Herbst 1925 und im Frühjahr 1926 seine Untersuchungen über relative Sexualität in Neapel fort. Ferner beschäftigte er sich mit Versuchen zum Todproblem. Der Assistent der Abteilung HARTMANN,

Privatdozent Dr. JOLLOS, ist im April 1926 einem Rufe als ordentlicher Professor der Zoologie an die Universität Kairo gefolgt; für ihn ist Dr. HÄMMERLING eingetreten. Professor Dr. WARBURG wurde von einem unbekannten Gönner 10 000 Mk. zur Unterstützung seiner Arbeiten überwiesen.

Das wissenschaftliche Mitglied des Kaiser Wilhelm-Institutes für *experimentelle Therapie*, Geheimer Medizinalrat Professor Dr. FICKER, wurde auf weitere 2 Jahre nach Brasilien beurlaubt. Er setzt dort seine Arbeiten an einer Forschungsstelle für Mikrobiologie der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft in Sao Paulo fort. Das Kaiser Wilhelm-Institut für experimentelle Therapie selbst wird weiter von dem Direktor des Kaiser Wilhelm-Institutes für Biochemie, Professor Dr. NEUBERG, kommissarisch verwaltet.

Der bisherige hochverdienende Direktor des Kaiser Wilhelm-Institutes für *Arbeitsphysiologie*, Geheimer Obermedizinalrat Professor Dr. RUBNER, der das Institut eingerichtet und von Anfang an geleitet hat, trat auf seinen Wunsch von dieser Stellung zurück. Zu seinem Nachfolger wurde Professor Dr. ATZLER ernannt, nachdem dieser einen Ruf als ordentlicher Professor an die Universität Greifswald abgelehnt hatte. Professor ATZLER wurde ferner zum Honorarprofessor an der Technischen Hochschule in Charlottenburg ernannt und erhielt einen Lehrauftrag für physiologische Chemie und Arbeitshygiene. Geheimerat RUBNER bleibt dem Institut als wissenschaftliches Ehrenmitglied erhalten. Das Kaiser Wilhelm-Institut für Arbeitsphysiologie war auf der Gesolei in Düsseldorf durch eine Sonderausstellung über Arbeitsphysiologie vertreten. Auf 30 übersichtlichen Tafeln wie auch an Hand einer großen Zahl bewegbarer und unbewegbarer Figuren und Apparate wurden die Aufgaben und Methoden dieser jungen und erfolgreichen Wissenschaft dargestellt. Außerdem beteiligte sich das Institut an einer vom Internationalen Arbeitsamt in Genf veranstalteten Enquête über das Problem des Lasttragens.

Dem Direktor des Kaiser Wilhelm-Institutes für *Hirnforschung*, Professor Dr. O. VOGT, verlieh die Gesellschaft deutscher Nervenärzte die Erb-Medaille.

Die Deutsche Forschungsanstalt für *Psychiatrie* in München erlitt durch den am 7. Oktober 1926 erfolgten Tod ihres Direktors, Geheimen Hofrats Professors Dr. KRAEPELIN, einen unersetzlichen Verlust. Den Anstrengungen des Entschlafenen ist es in erster Linie zu danken daß die Aussichten der Anstalt, ein eigenes Heim zu errichten, im verflossenen Jahr der Verwirklichung nähergerückt sind. Die Rockefeller-Stiftung in New York hat die Summe von 250 000 Dollar für den Neubau bewilligt unter der Bedingung, daß der noch fehlende Teil der Bausumme aufgebracht und die Betriebskosten der Forschungsanstalt gesichert sind. Es besteht die Hoffnung, daß diese Bedingungen bald erfüllt werden können, sodaß der Bau im Frühjahr 1927 in Angriff genommen werden kann. Aus Mitteln, welche die bayerischen Kreise zur Verfügung gestellt haben, wurde eine Professur bei den Heil- und Pflgeanstalten EGLFING und HAAR seitens der Forschungsanstalt errichtet, die der Leitung von Dr. KARL NEUBÜRGER unterstellt wurde.

Der verdienstvolle Direktor des Kaiser Wilhelm-Institutes für *Chemie*, Professor Dr. STOCK, folgte zum Bedauern der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft einem Ruf als Ordinarius und Direktor des Chemischen Institutes der Technischen Hochschule Karlsruhe. Er verläßt seine bisherige Stellung am 1. Oktober 1926. Der Leiter der Organischen Abteilung des Institutes, Professor Dr. KURT HESS, wurde von der philosophischen

Fakultät der Universität Berlin als Privatdozent für das Fach der Chemie zugelassen. Dem Institut wurden auch im Berichtsjahre wertvolle Unterstützungen zuteil, so besonders seitens der Badischen Anilin- und Sodafabrik, der Bayerischen Stickstoffwerke, der Chemischen Fabrik auf Aktien (vorm. E. Schering) und der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft.

Von den Arbeiten der einzelnen Abteilungen des Kaiser Wilhelm-Institutes für *physikalische Chemie und Elektrochemie* ist folgendes zu berichten:

Die Untersuchungen über das Vorkommen von Gold und Silber im Meerwasser, die durch Jahre hindurch in erheblichem Umfange gefördert worden sind, stehen vor ihrem Abschlusse und werden nunmehr in einer Reihe von Mitteilungen publiziert werden. Es hat sich herausgestellt, daß die Fülle der darüber in der Literatur vorliegenden Angaben, nach denen ein Goldreichtum von mehreren Milligrammen im Kubikmeter Meerwasser bestehen soll, auf fehlerhafte Bestimmungen zurückgehen. Hier und da kommt aus speziellen Gründen der Fall vor, daß man in einer Wasserprobe einen Goldgehalt auffindet, der auf das sehr viel größere Volumen eines Kubikmeters umgerechnet, ganzen Milligrammen entspricht. Ganz überwältigend häufig aber und deswegen als der allein wichtige Normalfall anzusehen, zeigen sich tausendmal kleinere Gehalte, die für die Bearbeitung wirtschaftlich in keinem Falle in Frage kommen können. Die Beträge stehen an der Grenze dessen, was man mit analytischen Methoden eben noch erfassen kann.

Die Tätigkeit der kolloidchemischen Abteilung für das nächste Jahr ist im wesentlichen durch den Inhalt der Veröffentlichungen vorgezeichnet, die in dem Verzeichnis enthalten und in Fortführung begriffen sind. Das in außerordentlich lebhafter Entwicklung begriffene Gebiet der Kolloidchemie wird in näherer Zeit durch eine erweiterte Neuauflage des FREUNDLICHschen Lehrbuches wieder eine zusammenfassende Darstellung erfahren.

In der physikalischen Abteilung des Herrn Dr. LADENBURG werden die elektro- und magnetooptischen Gesichtspunkte, die in neuerer Zeit als wichtige Fragestellungen aus der Quantentheorie sich ergeben, in Fortsetzung der im Publikationsverzeichnis mitgeteilten Arbeiten weiter geprüft.

In der Abteilung des Herrn Dr. POLANYI tritt zu den Untersuchungen, die über den Zusammenhang von Reaktionskinetik und Lumineszenz ausgeführt werden, als ein Gegenstand neuen Interesses die Herstellung molekularer Gemenge mit Hilfe von Molekülstrahlen und die Untersuchung der Eigenschaften dieser Gemenge. Dabei sollen auch die neuen Wege zur Erforschung heterogener Reaktionen ausgebaut werden, Untersuchungen, auf die in einer Mitteilung dieses Heftes näher hingewiesen wird.

Der Direktor des Kaiser Wilhelm-Institutes für *Kohlenforschung in Mülheim a. d. Ruhr*, Geheimer Regierungsrat Prof. Dr. FRANZ FISCHER, unternahm eine längere Studienreise nach den Vereinigten Staaten von Nordamerika, auf der er Gelegenheit hatte, die dortige Industrie und die wissenschaftlichen Forschungsstätten eingehend kennenzulernen.

Dem *Schlesischen Kohlenforschungsinstitut* der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft, begründet von der Fritz v. Friedländer-Fuld-Stiftung, in Breslau war es möglich, dank der Unterstützung der schlesischen Kohlenindustrie einen neuen Laboratoriumsbau aufzuführen und in Gebrauch zu nehmen.

Das Kaiser Wilhelm-Institut für *Eisenforschung* in Düsseldorf beteiligt sich an der Gemeinschaftsarbeit

der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft im Bereiche der nationalen Wirtschaft, der Volksgesundheit und des Volkswohles.

Das Kaiser Wilhelm-Institut für *Metallforschung* stand im Berichtsjahr im Zeichen einer weiteren Aufwärtsentwicklung. Infolge der kostenlosen Überlassung wertvoller Apparate durch die Firma R. Seiffert (Hochleistungsrontgenanlage), C. Reichert, Wien (Metallographische Einrichtung), Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft, Berlin (Hochspannungsanlagen), Losenhausen, Düsseldorf (Härteprüfmaschine), Hirsch-Kupfer- und Messingwerke, Eberswalde (Bearbeitungsmaschinen) mußte das Institut räumlich erweitert werden, wobei ihm das Staatliche Materialprüfungsamt behilflich war. Mit Unterstützung der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft und mit Hilfe größerer Materialstiftungen einiger Firmen des Zentralwerksverbandes konnten die planmäßigen Untersuchungen in beabsichtigtem Umfang durchgeführt werden. Der Abteilungsleiter Dr. E. SCHIEBOLD folgte einem Ruf als planmäßiger außerordentlicher Professor an die Universität Leipzig.

Der Direktor des Kaiser Wilhelm-Instituts für *Faserstoffchemie*, Professor Dr. HERZOG, folgte einer Einladung der McGill University in Montreal und machte während der Monate Mai und Juni eine Studienreise nach Canada, die ihn auch nach den Vereinigten Staaten von Nordamerika führte. Privatdozent Dr. MARK trat am 1. April 1926 als wissenschaftliches Mitglied zum Kaiser Wilhelm-Institut für Silicatsforschung über.

Dem Kaiser Wilhelm-Institut für *Lederforschung* in Dresden wurden für die Arbeiten auf dem Gebiet der Eiweißchemie zweimal namhafte Beihilfen durch die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft bewilligt. Ferner hat das Institut je eine außerordentliche Spende seitens des Sächsischen Staates und des Rates der Stadt Dresden erhalten.

Das Kaiser Wilhelm-Institut für *Strömungsforschung* in Göttingen hat die im vorigen Jahr eingeweihte neue Abteilung in ihrer technischen Einrichtung vervollkommen. An einigen Stellen ist schon mit der Forschungsarbeit begonnen worden. Die Aerodynamische Versuchsanstalt war dauernd stark beschäftigt und hat deshalb auch im Berichtsjahr ihr Personal weiter vermehren müssen. Sie ist dabei dank der Unterstützung durch das Reichsverkehrsministerium in der Lage gewesen, sich etwas mehr der eigentlichen Forschung zu widmen, als dies früher der Fall war. Aus Mitteln, die das Reichsverkehrsministerium zur Verfügung gestellt hat, ist zur Zeit der Bau eines neuen etwas kleineren Windkanals mit besonders großer Geschwindigkeit, speziell für Luftschrauben-Untersuchungen begonnen worden.

Das Institut für *ausländisches öffentliches Recht und Völkerrecht* hat sich seit seiner Eröffnung im Januar 1925 vor allem bemüht, das zu rechtsvergleichender Arbeit unentbehrliche Rüstzeug, eine Bücherei des ausländischen öffentlichen Rechts und Völkerrechts zusammenzutragen. Erst als seit Ende 1925 Mittel aus dem Reichshaushalt zur Verfügung gestellt wurden, konnte dies in größerem Maße geschehen. Bei einer Zählung im September d. J. wurde im Berliner Institut ein Gesamtbestand von 20 646 Bänden festgestellt. Hiervon verdankt das Institut 2281 Bände der Vermittlung der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft, während 381 Bände von anderer Seite zugewendet wurden. 344 Zeitschriften gehen laufend beim Institut ein. Auch die Zweigstelle Trier, deren Aufgabe es ist, das Recht der besetzten Gebiete und Fragen des Staatskirchenrechts zu bearbeiten, hat

sich vor allem die Sammlung des einschlägigen Schrifttums — etwa 2500 Bände — angelegen sein lassen.

In der *Hydrobiologischen Anstalt* der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft in Plön konnte eine limno-chemische Abteilung eingerichtet werden. Die in diesem Sommer begonnenen chemischen Untersuchungen werden nach biologischen Gesichtspunkten ausgeführt, sind also nicht, wie die meisten älteren Untersuchungen, als mehr oder minder vollständige Gesamtanalyse aller Salze und Gase der Seen bzw. ihres Schlammes gedacht, sondern sollen möglichst eingehend diejenigen Stoffe berücksichtigen, die die Entwicklung des Phytoplanktons als der Ernährung im See, entscheidend beeinflussen. Die Mitglieder der Deutschen Zoologischen Gesellschaft besuchten gelegentlich ihrer Tagung im Frühjahr des Jahres die Anstalt, ebenso die Faunistische Arbeitsgemeinschaft für Schleswig-Holstein. Die Laboratoriumsräume wurden durch Einbeziehung eines Hofes und durch Umkonstruktion des Dachgeschosses erweitert.

Den Vorsitz im Kuratorium der *Biologischen Station Lunz* übernahm der 1. Vizepräsident der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft, a. o. Gesandter und bevollmächtigter Minister Dr. KRUPP v. BOHLEN und HALBACH. Der Leiter der Station, Dr. RUTTNER, wurde als Privatdozent an der Universität Wien zugelassen.

Die *Vogelwarte Rossitten* der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft konnte am 1. Juni 1926 auf ein 25jähriges Bestehen zurückblicken. An diesem Tage wurde eine kleine Feier veranstaltet, welche besonders aus der Provinz Ostpreußen stark besucht war.

Der Leiter des *Deutschen Entomologischen Museums* der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft, Dr. W. HORN, wurde von der Chilenischen Akademie der Wissenschaften in Santiago, der Entomologischen Gesellschaft in Chile und der Entomologischen Gesellschaft von Argentinien zum korrespondierenden Mitglied ernannt.

Die Kaiser Wilhelm-Gesellschaft konnte ihre Aufgaben im verflossenen Jahr nur erfüllen, weil sie getragen wurde, abgesehen von weiten Kreisen des deutschen Volkes und der deutschen Wirtschaft in Stadt und Land, durch das Wohlwollen des Reiches und der Länder, vor allem Preußens und seiner Provinzen, sowie der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft. Es ist eine angenehme Pflicht, diesen Stellen, einschließlich des Reichstages und des Preußischen Landtages, für die tatkräftige Förderung herzlichen Dank zu sagen. Unter den großen Zuwendungen sei besonders des umfangreichen und wertvollen Baugeländes gedacht, welches der Preußische Minister für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung der Gesellschaft neuerdings zur Verfügung gestellt hat.

Es ist beabsichtigt, auf diesem Gelände ein Kaiser Wilhelm-Institut für *Anthropologie, menschliche Erblichkeitslehre und Eugenik* zu errichten, für dessen Leitung Professor Dr. EUGEN FISCHER in Freiburg gewonnen wurde. Da Deutschland auf dem Gebiete dieser Wissenszweige stark hinter dem Ausland zurückgeblieben ist, erscheint die Gründung dieses Institutes für dessen Errichtung teilweise private Spenden zur Verfügung stehen, besonders wichtig. Es ist zu hoffen, daß auch dieser Plan eine finanzielle Förderung insbesondere von Seiten des Reiches erfahren wird.

Außerdem beabsichtigt die Gesellschaft ein *Institut zur Aufnahme ausländischer Gäste* in Dahlem zu errichten. Durch den bisherigen Raummangel in den bestehenden Instituten ist die Kaiser Wilhelm-Gesellschaft gehindert worden, ausländische Forscher in größerer Anzahl als Gäste bei sich zu begrüßen, während den Gelehrten der Gesellschaft im Auslande großzügige

Gastfreundschaft gewährt wurde. Die Kaiser Wilhelm-Gesellschaft hofft, durch die Einrichtung von Gastplätzen zugleich einen praktischen Weg zur internationalen wissenschaftlichen Zusammenarbeit und damit auch zur wissenschaftlichen Verständigung unter den Völkern zu beschreiten.

Die Zahl der Mitglieder der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft betrug am 1. Oktober 1926: 445. In dieser Zahl sind die Direktoren der Kaiser Wilhelm-Institute und die wissenschaftlichen Mitglieder der Gesellschaft enthalten. Die Generalverwaltung der Gesellschaft ist bemüht, mehr als bisher die persönliche Fühlungnahme mit den Mitgliedern zu pflegen. Sie hofft auf diesem Wege die einzelnen Mitglieder zur Mitarbeit an den Bestrebungen der Gesellschaft heranzuziehen und auch neue Mitglieder zu werben.

Die Kaiser Wilhelm-Institute wurden im Laufe des Sommers durch Mitglieder des Reichstages, des Preussischen Landtages und durch Vertreter der Presse besucht. Solche Besuche sind neben denen von in- und ausländischen Gelehrten sehr willkommen, und die Gesellschaft wird ihrerseits alles tun, um sie zu fördern.

Einen besonders schmerzlichen Verlust hat die Kaiser Wilhelm-Gesellschaft in diesem Jahre durch den Tod ihres Ehrensenators Exzellenz v. VALENTINI und ihres Senators Exzellenz v. MÖLLER erlitten, gehörten doch beide Herren zu den Gründern und besonders treuen Gönnern der Gesellschaft. Auch eine Zahl verdienter Mitglieder wurde der Gesellschaft durch den Tod entrisen. Es sind dies die Herren: Kommerzienrat GOLDSCHMIDT, Kommerzienrat MONFORTS, Geheimrat PEILL, Kommerzienrat RÖCHLING und Kommerzienrat SCHLIKKER. Die Gesellschaft wird sie nicht vergessen.

Zu Senatoren wurden gewählt bzw. ernannt die Herren Generaldirektor der Preussischen Staatsbibliothek Professor Dr. KRÜSS, Leiter der Geschäftsstelle der Vereinigten Preussischen Provinzen Ministerialrat a. D. Dr. MOLL, Präsident des Deutschen und Preussischen Städtetages Ministerialdirektor a. D. Dr. Dr. MULERT und Päpstlicher Hausprälat Professor D. Dr. SCHREIBER, M. d. R.

Der bisherige Rechnungsdirektor der Generalverwaltung, Herr ARNDT, wurde zum Bureaudirektor ernannt.

In den Verwaltungsausschuß traten als 2. Schriftführer Geheimer Regierungsrat Professor Dr. PLANCK, als 3. Schriftführer Generaldirektor Professor Dr. KRÜSS

und als 3. Schatzmeister Generaldirektor Dr. VÖGLER ein.

Der Senat der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft trat in dem Berichtsjahr zweimal zusammen. Am 8. Dezember 1925 fand die 13. Hauptversammlung der Gesellschaft statt. Hierbei hielt der Senator der Gesellschaft, o. Professor Dr. KÖNEN aus Bonn, einen Vortrag über das Thema: „Entwicklung und Aufgaben des Systems der Wellenlängennormalen.“ Auf Beschluß des Senats wurde die Adolf-Harnack-Medaille erstmalig dem Präsidenten der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft verliehen und gelegentlich der Hauptversammlung durch den 2. Vizepräsidenten Exzellenz Dr. Dr. SCHMIDT-OTT überreicht.

Auch im kommenden Winter wird die Kaiser Wilhelm-Gesellschaft wiederum eine Reihe von Vorträgen veranstalten. Es werden sprechen: Wirklicher Geheimer Rat Professor D. Dr. v. HARNACK, Präsident der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft, über: „Was gab der christlichen Religion über die anderen Religionen im römischen Reich den Sieg?“ Professor Dr. NEUBERG, Direktor des Kaiser Wilhelm-Instituts für Biochemie, über: „Von den Leistungen der Mikroorganismen im Dienste der Menschen.“ Professor Dr. SPIELMEYER, Wissenschaftliches Mitglied der Deutschen Forschungsanstalt für Psychiatrie (Kaiser Wilhelm-Institut), über: „Die Bedeutung der Kreislaufstörungen für die Entstehung von Gehirnerkrankheiten.“ Professor Dr. LISE MEITNER, Wissenschaftliches Mitglied des Kaiser Wilhelm-Instituts für Chemie: „Über den Bau des Atominnern.“ Professor Dr. BRUNS, Direktor des Instituts für ausländisches öffentliches Recht und Völkerrecht, über: „Das moderne Völkerrecht.“

Die Kaiser Wilhelm-Gesellschaft glaubt auf das vergangene Jahr mit Befriedigung zurücksehen zu dürfen, als auf ein Jahr der ernsten Arbeit. Es galt, die bereits bestehenden Forschungsinstitute zu erhalten und auszubauen, aber auch für die Bearbeitung neuer, nach den langen Jahren des Stillstandes in Fülle auftauchender Probleme geeignete Forscher zu finden und ihnen würdige Wirkungsstätten zu schaffen. Dieser ihrer Aufgabe mit eigenen Kräften, aber auch vor allem unterstützt durch die tatkräftige Hilfe ihrer bisherigen Gönner weiter zu dienen, wird die Kaiser Wilhelm-Gesellschaft auch im kommenden Jahr bestrebt sein, um dadurch mitzuhelfen, der deutschen Wissenschaft ihren Platz in der Welt wieder zu erobern und zu behaupten. v. HARNACK. GLUM.

Berichte aus den einzelnen Instituten.

Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie, Berlin-Dahlem.

1. Direktor: CARL CORRENS.

2. Direktor: RICHARD GOLDSCHMIDT.

Wissenschaftliche Mitglieder: MAX HARTMANN, OTTO WARBURG, OTTO MANGOLD, OTTO MEYERHOF.

Wissenschaftlicher Gast: ALBERT FISCHER.

Gesamtzahl der wissenschaftlich Arbeitenden: 40.

Veröffentlichungen: 1. C. CORRENS, Genetische Untersuchungen an *Lamium amplexicaule*, I. Biol. Zentralbl. 46, H. 2, S. 65; Über Fragen der Geschlechtsbestimmung bei höheren Pflanzen. Zeitschr. f. induct. Abstammungs- u. Vererbungslehre 41, H. 1, S. 5–40; Merkmal und Erbanlage (*Jпомоеа imperialis reduplicata*). Naturwissenschaften 14, 431; Die neuen Vererbungsgesetze, unver. Neudruck d. Ausgabe von 1912. — KIHARA, Über die Chromosomenverhältnisse bei *Fragaria elatior*. Zeitschr. f. induct. Abstammungs- u. Vererbungslehre 41, H. 1, S. 41. — KOI NODA, Über die Chromosomen von *Rumex scutatus*. Japanese

Journ. of botany 3, 21–24. — 2. R. GOLDSCHMIDT, Bemerkungen über triploide Intersexe. Biol. Zentralbl. 45, H. 9, 1925; Nachweis der homogametischen Beschaffenheit von Geschlechtsumwandlungsmännchen. Biol. Zentralbl. 46, H. 4, 1926; Bemerkungen zum Problem der Geschlechtsbestimmung bei *Bonellia*. Biol. Zentralbl. 46, H. 8. — PETERFI und OLIVO, Ricerche di microdissezione su cellule somatiche coltivate in vitro. Cpt. rend. de l'ass. des anat. 1925. — PETERFI und WAMOSCHER, Die Isolierung von Bakterien im Dunkelfeld. Zeitschr. f. Hyg. u. Infektionskrankh. 106, 1, 1926. — 3. M. HARTMANN, Über relative Sexualität bei *Ectocarpus siliculosus*. Naturwissenschaften 13, H. 49/50; Aufgaben, Ziele und Wege der allgemeinen Biologie. Klin. Wochenschr. 1925, Nr. 49; Über experimentelle Unsterblichkeit von Protozoenindividuen. Naturwissenschaften 14, 1926; Haltung und Zucht der Honigbiene. Abderhaldens Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Abtlg. 9, Liefg. 207. — V. JOLLOS, Untersuchungen über die Sexualitäts-

verhältnisse von *Dasycladus clavaeformis*. Biol. Zentralbl. **46**, 1926. — K. BĚLAR, Der Chromosomenbestand der *Melandrium*zwittr. Zeitschr. f. indukt. Abstammungs- u. Vererbungslehre **39**, 1925; Zur Cytologie von *Aggregata eberthii*. Arch. f. Protistenkunde **53**, 1926; Der Formwechsel der Protistenkerne. Ergebn. u. Fortschr. d. Zoologie **6**, 1926. — A. LUNTZ, Untersuchungen über den Generationswechsel der Rotatorien, Teil I. Biol. Zentralbl. **46**, 1926. — O. WARBURG, Manometrische Messung des Zellstoffwechsels in Serum. Biochem. Zeitschr. **164**, 481. 1925; Über die Wirkung der Blausäure auf die alkoholische Gärung. Biochem. Zeitschr. **165**, 196. 1925; Über die Wirkung von Blausäureäthylester auf die Pasteursche Reaktion. Biochem. Zeitschr. **172**, 432. 1926; Über die Assimilation der Kohlensäure. Biochem. Zeitschr. **166**, 386. 1925; Über die Wirkung von Kohlenoxyd und Licht auf den Stoffwechsel der Hefe. Naturwissenschaften **14**, H. 32, 1926; Über den Stoffwechsel der Tumoren. Berlin: Julius Springer 1926; Über die Oxydation der Oxalsäure durch Jodsäure. Biochem. Zeitschr. **174**, 497. 1926; Über künstliche Mineralwässer. Klin. Wochenschr. **5**, Nr. 16. 1926. — O. WARBURG, F. WIND, E. NEGELEIN, Über den Stoffwechsel der Tumoren im Körper. Klin. Wochenschr. **5**, Nr. 19. 1926. — O. STAHL, O. WARBURG, Über Milchsäuregärung eines menschlichen Blasenkarzinoms. Klin. Wochenschr. **5**, Nr. 27. 1926. — E. NEGELEIN, Über die glykolytische Wirkung des embryonalen Gewebes. Biochem. Zeitschr. **165**, 122. 1925; Über die Wirkung des Schwefelwasserstoffs auf chemische Vorgänge in Zellen. Biochem. Zeitschr. **165**, 203. 1925. — F. WIND, Versuche mit explantiertem Rous-Sarkom. Klin. Wochenschr. **5**, Nr. 30. 1926. — S. TODA, Über die Oxydation der Oxalsäure durch Jodsäure. Biochem. Zeitschr. **171**, 231. 1926; Über die Wirkung von Blausäureäthylester auf Schwermetallkatalysen. Biochem. Zeitschr. **172**, 17. 1926; Über Wasserstoffaktivierung durch Eisen. Biochem. Zeitschr. **172**, 34. 1926. — M. YABUSOE, Über Hemmung der Tumorglykolyse durch Anilinfarbstoffe. Biochem. Zeitschr. **168**, 227. 1926. — O. MANGOLD, Hauptprobleme der Entwicklungsmechanik. Verhandl. d. dtsh. zool. Ges. 1925. — V. HAMBURGER, Versuche über Komplementärfarben bei *Ellritzen* (*Phoxinus laevis*). Zeitschr. f. wiss. Biol. Abt. C: Zeitschr. f. vergl. Physiol. **4**, H. 2. 1926 (nach Experimenten, die im Zoolog. Institut. Göttingen ausgeführt wurden). — F. SEIDEL, Die Determinierung der Keimanlage bei Insekten, I. Biol. Zentralbl. **46**, 1926 (nach hier ausgeführten Experimenten). — O. MEYERHOF, Über die enzymatische Milchsäurebildung im Muskelextrakt, I. Biochem. Zeitschr. **178**, 395. 1926 (vorläufige Mitteilg. Naturwissenschaften **14**, 197); Über die enzymatische Milchsäurebildung im Muskelextrakt. II. Spaltung der Polysaccharide. Biochem. Zeitschr. **178**, 462. 1926 (vorläuf. Mitteilg. Naturwissenschaften **14**, 756); Thermodynamik des Lebensprozesses. Handbuch der Physik Bd. XI, S. 238. — O. MEYERHOF und K. LOHMANN, Über den zeitlichen Zusammenhang von Kontraktion und Milchsäurebildung im Muskel. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. **210**, H. 6, S. 790. 1925; Über die Vorgänge bei der Muskelermüdung. Biochem. Zeitschr. **168**, 128. 1926; Über Atmung und Kohlenhydratumsatz tierischer Gewebe. I. Milchsäurebildung und Milchsäureschwund in tierischen Geweben. Biochem. Zeitschr. **171**, 381. 1926; Über Atmung und Kohlenhydratumsatz tierischer Gewebe. III. Über den Unterschied von d- und l-Milchsäure für Atmung und Kohlenhydratsynthese im Organismus. Biochem. Zeitschr. **171**, 421. 1926. — O. MEYERHOF und J. SU-

RANYI, Über die Dissoziationskonstanten der Hexosediphosphorsäure und Glycerinphosphorsäure. Biochem. Zeitschr. **178**, 427. 1926 (vorläufige Mitteilg. Naturwissenschaften **14**, 757). — K. LOHMANN, Über den diastatischen Abbau des Glykogens im Muskelextrakt. Biochem. Zeitschr. **178**, 444. 1926. — K. LOHMANN und L. JENDRASSIK, Colorimetrische Bestimmung der Phosphorsäure im Muskelextrakt. Biochem. Zeitschr. **178**, 419. 1926. — R. TAKANE, Über Atmung und Kohlenhydratumsatz tierischer Gewebe. II. Atmung und Kohlenhydratumsatz in Leber und Muskel des Warmblüters. Biochem. Zeitschr. **171**, 403. 1926. — H. BLASCHKO, Über den Mechanismus der Blausäurewirkung von Atmungsmodellen. Biochem. Zeitschr. **175**, 68. 1926. — J. SURANYI, Über den Zusammenhang von Spannung und Milchsäurebildung bei der tetanischen Kontraktion des Muskels. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. **214**, 228. 1926.

Im Druck befindliche Arbeiten: **1.** CORRENS, Der Unterschied in der Keimungsgeschwindigkeit der Männchensamen und der Weibchensamen bei *Melandrium*, *Hereditas*. — E. SCHRATZ, Zur Frage der Geschlechtsdiagnose auf Grund chemischer Reaktionen. Biol. Zentralbl. — KIHARA, Die Chromosomenzahl und systematische Gruppierung bei *Rumex scutatus*. Zeitschr. f. Gewebe- u. Zellforschung. — **2.** PETERFI und WEISENBERG, Ein neues Markierungsverfahren. Zeitschr. f. wiss. Biol., Abt. D: Wilh. Roux' Arch. f. Entwicklungsmech. d. Organismen; Physikalische Chemie der Zelle und Gewebe. Abderhaldens Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. — K. PARISER, Die triploiden Intersexe des rückgekreuzten Bastards von *Saturnia pavonia* x *Saturnia pyri*. — **3.** HARTMANN, Allgemeine Biologie. II. Teil. — **4.** O. MANGOLD, Über elementare Einheiten in der Entwicklung der Amphibien. In der Abteilung MANGOLD ist in Bearbeitung eine zusammenfassende Darstellung des Determinationsproblems und der Methoden der Entwicklungsmechanik; über verschiedene Probleme der Entwicklung sind Versuche im Gang: z. B. über die Zeitdauer und Artspezifität morphogenetischer Reize, über die Potenz differenzierter Gewebe, über Richtungsfaktoren in der Entwicklung, über die Bedeutung des Nervensystems in der Entwicklung, über die Determination der Keimanlage bei Insekten u. a. m. Daneben laufen Versuche über die niederen Sinne der Regenwürmer. — **7.** A. FISCHER, Factors of Growth Regulating Nature in Tissue Cells. Vortrag, gehalten auf dem 12. Internationalen Physiologenkongreß. Journ. of med. sciences. — A. FISCHER und H. LASER, Studien über Sarkomzellen in vitro. V. Über Phagocytose von Zellen des Roux-Sarkom und von Fibroblasten in vitro. Arch. f. exp. Zellforschung. — A. FISCHER, Sarkomzellen und Tuberkelbacillen in vitro. Arch. f. exp. Zellforschung. — A. FISCHER, E. BUCH ANDERSEN und F. DEMUTH, Untersuchungen über den Einfluß erhöhten Sauerstoffdruckes auf Mäusecarcinom in vivo. Naturwissenschaften. — *In Bearbeitung* befindliche Abhandlungen: A. FISCHER, Technik der Gewebszüchtung. Handbuch der biochemischen Methoden, herausgegeben von Prof. E. ABDERHALDEN. — A. FISCHER, BUCH ANDERSEN und F. DEMUTH, Einfluß von Sauerstoffdruck auf bösartige Geschwülste. Klin. Wochenschr. — Fräulein Dr. med. AGNES BLUMH setzte ihre Untersuchungen über die Alkoholwirkung auf die Nachkommenschaft fort.

Kaiser Wilhelm-Institut für experimentelle Therapie, Berlin-Dahlem.

Kommissar. Direktor: CARL NEUBERG.

Wissenschaftliches Mitglied und Leiter der Forschungsstelle für Mikrobiologie der Kaiser Wilhelm-

Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften in Sao Paulo (Brasilien): MARTIN FICKER.

Kaiser Wilhelm-Institut für Biochemie, Berlin-Dahlem.

Direktor: CARL NEUBERG.

Auswärtige Wissenschaftliche Mitglieder: v. EULER-CHELPIN, Stockholm; PAUL MAYER, Karlsbad (letzterer zeitweilig im Institut arbeitend).

Wissenschaftlicher Gast: FELIX KLOPSTOCK.

Gesamtzahl der wissenschaftlich Arbeitenden: 22.

Veröffentlichungen: CARL NEUBERG und MARTIN BEHRENS, Über die enzymatische Abspaltung von Rohrzucker aus Salzen der Saccharosephosphorsäure. *Biochem. Zeitschr.* **170**, 254. — CARL NEUBERG und GÜNTHER GORR, Überführung des Methylglyoxals in Brenztraubensäure. *Biochem. Zeitschr.* **166**, 442; Über die gekreuzte Dismutation zwischen Aldehyd und Keton. *Biochem. Zeitschr.* **166**, 444; Über den Mechanismus der Milchsäurebildung bei Bakterien, II. *Biochem. Zeitschr.* **166**, 482; Über den Mechanismus der Milchsäurebildung bei Phanerogamen. *Biochem. Zeitschr.* **171**, 475; Untersuchungen über den Mechanismus der Milchsäurebildung bei Phanerogamen, II. *Biochem. Zeitschr.* **173**, 358; Über die saccharogene Bildung von Milchsäure durch verschiedene Bakterien, die Methylglyoxal dismutieren, und über eine einfache Art der Isolierung von Lactat. *Biochem. Zeitschr.* **173**, 476; Über die Bildung von Milchsäure durch die Zellen grüner Pflanzen. *Naturwissenschaften* **19**, 437. 1926 (HARNACK-Heft). — CARL NEUBERG und FELIX KLOPSTOCK, Über ein neues Antigen für die Serodiagnostik der Tuberkulose. *Klin. Wochenschr.* 1926, Nr. 24. — CARL NEUBERG und MARIA KOBEL, Vergleichende Versuche über die zellfreie Vergärung von Hexose-di-phosphorsäure, Glucose, Fructose, Saccharose sowie Invertzucker. *Biochem. Zeitschr.* **166**, 488; Weiteres über die Reaktion einzelner Zuckerarten mit verschiedenen Aminosäuren nebst Bemerkungen über die Vergärung von Aminosäuren-Zucker-Gemischen. *Biochem. Zeitschr.* **174**, 464; Neue vergleichende Versuche über die Vergärung von Hexose-di-phosphorsäure, Glucose, Fructose, Saccharose und Invertzucker durch Hefensäfte sowie frische Hefen unter verschiedenen Bedingungen. *Biochem. Zeitschr.* **174**, 480; Über die Wirkung wechselnder Mengen von Arsenat auf die Phosphorylierung. *Biochem. Zeitschr.* **174**, 493. — CARL NEUBERG und EMIL MOLINARI, Über den Verlauf der Essiggärung. *Naturwissenschaften* **32**, 758. 1926. — CARL NEUBERG und CARL OPPENHEIMER, Zur Nomenklatur der Gärungsfermente und Oxydasen. *Biochem. Zeitschr.* **166**, 450. 1925. — CARL NEUBERG und GENIA PERLMANN, Verlauf der alkoholischen Zuckerspaltung in Gegenwart von Schwefelwasserstoff und Cyanwasserstoff. *Biochem. Zeitschr.* **165**, 238. — CARL NEUBERG und ERNST SIMON, Über das Verhalten des p-Xylochinons zu Hefe. *Biochem. Zeitschr.* **171**, 256; Über die Dismutation des Methyl-äthyl-acetaldehyds. *Biochem. Zeitschr.* **174**, 452. — CARL NEUBERG und JOACHIM WAGNER, Zur Kenntnis der Phosphatase und über die Darstellung von sauren Estern der Pyrophosphorsäure. *Biochem. Zeitschr.* **171**, 485; Über die Verschiedenheit der Sulfatase und Myrosinase. VIII. Mitteilung über Sulfatase. *Biochem. Zeitschr.* **174**, 457. — CARL NEUBERG und FRITZ WINDISCH, Über die Essiggärung und die chemischen Leistungen der Essigbakterien. *Biochem. Zeitschr.* **166**, 454. — CARL NEUBERG, Über die Rohrzuckerphosphorsäure und ihren chemischen sowie biochemischen Abbau. *Zeitschr. d. Ver. d. dtsh. Zuckerind.* **76**, 463. 1926; Betrachtungen zum Fermentproblem.

Zeitschr. f. physiol. Chem. **157**, 299; Gärung, Referat erstattet auf der Tagung der deutschen Vereinigung für Mikrobiologie. *Zentralbl. f. Bakteriol., Parasitenk. u. Infektionskrankh., Abt. 2, Ref., Beiheft zu Band 97*. — PAUL MAYER, Zur Biochemie des Asymmetrieproblems. *Biochem. Zeitschr.* **174**, 420. — G. BINDER-KOTRBA, Über die Vergärung der Phenylglyoxylsäure. *Biochem. Zeitschr.* **174**, 440; Die Umwandlung von Phenylglyoxal in Mandelsäure durch die Ketonaldehydmutase grüner Pflanzen. *Biochem. Zeitschr.* **174**, 443; Über die Dismutation des Acetaldehyds durch das *Bacterium ascendens*. *Biochem. Zeitschr.* **174**, 448. — MARTIN BEHRENS und NIKOLAI NIKOLAJEWITSCH IWANOFF, Neue Versuche über die Carboligase. *Biochem. Zeitschr.* **169**, 478. — L. ELION, Zur Kenntnis der Acetoinbildung bei der Vergärung von Zucker durch Hefe. *Biochem. Zeitschr.* **169**, 471. — GÜNTHER GORR und GENIA PERLMANN, Über die Einwirkung des Sauerstoffs auf den Verlauf der alkoholischen Zuckerspaltung. *Biochem. Zeitschr.* **174**, 425; dieselben: Weitere Untersuchungen über die Bildung von Milchsäure aus Methylglyoxal durch Ketonaldehydmutase tierischer und pflanzlicher Herkunft. *Biochem. Zeitschr.* **174**, 433. — KYUZO IWATSURU, Über die Vergärung von α -Ketoglutarsäure durch das *Bacterium xylinum*. *Biochem. Zeitschr.* **168**, 34; Über Polysaccharidspaltung durch Hefe. *Biochem. Zeitschr.* **166**, 409; Über die Spaltung der mono-phenyl-phosphorsäuren und mono-äthylphosphorsäuren Salze durch pflanzliche und tierische Phosphatase. *Biochem. Zeitschr.* **173**, 348.

Kaiser Wilhelm-Institut für Arbeitsphysiologie, Berlin.

Direktor: EDGAR ATZLER.

Wissenschaftliches Ehrenmitglied: MAX RUBNER.

Gesamtzahl der wissenschaftlich Arbeitenden: 30.

Veröffentlichungen: FULL und HERBST, Über das Verhalten des Grundumsatzes bei verschiedener Kost. *Zeitschr. f. d. ges. exp. Med.* **48**, 640. 1926. — ATZLER, Arbeitsphysiologie und Rationalisierung. *Frankf. Zeitung*, 28. April 1926; Rationelle Arbeit. *Ausstellungsbroschüre im Selbstverlag des Instituts; Physiologie du travail. Encyklop. d'Hygiene du travail. Herausgegeben vom Intern. Arbeitsamt, Genf*. — HIRASE, Der Einfluß der Nebennierenexstirpation auf die Arbeitsfähigkeit des Muskels. *Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol.*; **212**. 1926; Untersuchungen über die Entwicklung des Kollateralkreislaufs. *Arch. f. klin. Chir.* 1926. — ATZLER, Der lebendige Motor. *Akad. Verein „Hütte“*, e. V., Berlin 1926. — LEHMANN, Anatomische und physiologische Stichworte. *Gieses Handbuch der Arbeitswissenschaft. Verl. Marhold, Halle; Energetik des Organismus. Oppenheims Handbuch der Biochemie*. — E. ATZLER, Aufgaben und Ziele der Arbeitsphysiologie. „Die Arbeit“, *Zeitschr. f. Gewerkschaftspolitik u. Wirtschaftskunde* **3**, H. 9 u. 10. 1926; Rationalisierung der Arbeit. *Reichsarbeitsblatt* 1926.

Im Druck befindliche Arbeiten: ATZLER, Methoden der Arbeitsphysiologie unter besonderer Berücksichtigung des Problems der gewerblichen Ermüdung. *Abderhalden, Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden*. — ATZLER und HERBST, Arbeitsphysiologische Studien, III. Teil. *Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol.* — LEHMANN, Arbeitsphysiologische Studien, IV. Teil. *Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol.* — ATZLER, Physiologie der Ermüdung. *Zentralbl. f. Gewerbe u. Hygiene*. — LEHMANN, Methoden der Ermüdungsfrage. *Zentralbl. f. Gewerbe u. Hygiene*. — ATZLER, Gefäßreflexe und Vasomotoren. *Bethe, Handbuch d. Arbeitsphysiologie*. — ATZLER und LEHMANN, Reaktionen der

Gefäße auf direkte Reize. Bethe, Handbuch der Physiologie Bd. VII.

Eine zusammenfassende Darstellung der gesamten Arbeiten des Instituts findet sich in dem von Professor ATZLER herausgegebenen Handbuch der Arbeitsphysiologie, „Körper und Arbeit“, das Ende Oktober 1926 im Verlag von Georg Thieme, Leipzig, erscheint.

Mit Mitteln der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft im Physiologischen Institut der Universität Halle ausgeführte Forschungen.

Direktor des Physiologischen Instituts: EMIL ABDERHALDEN.

Wissenschaftliche Mitarbeiter: 2.

Veröffentlichungen: EMIL ABDERHALDEN und RICHARD HAAS, Methylierung von Diketopiperazinen und Piperazinen. Hoppe-Seylers Zeitschr. f. physiol. Chem. **148**. 1925. — EMIL ABDERHALDEN und ERNST SCHWAB, Studien über strukturisomere Formen der 2,5-Dioxo-piperazine und der Polypeptide. Hoppe-Seylers Zeitschr. f. physiol. Chem. **152**. 1926. — EMIL ABDERHALDEN und HANS SICKEL, Beitrag zur Kenntnis des Prolins. Hoppe-Seylers Zeitschr. f. physiol. Chem. **152**. 1926. — EMIL ABDERHALDEN und FRITZ GEBELEIN, Über Decarboxylierung von Aminosäuren unter Bildung der entsprechenden Amine und über die Darstellung der Enolform von 2,5-Dioxo-piperazinen. Hoppe-Seylers Zeitschr. f. physiol. Chem. **152**. 1926. — EMIL ABDERHALDEN und ERNST ROSSNER, Studien über Polypeptide, an deren Aufbau Glutaminsäure beteiligt ist, und Derivate von solchen. Hoppe-Seylers Zeitschr. f. physiol. Chem. **152**. 1926. — EMIL ABDERHALDEN und HANS SICKEL, Die Struktur der aus Casein durch fermentativen Abbau erhaltenen Verbindung $C_{14}H_{18}N_2O_4$. Hoppe-Seylers Zeitschr. f. physiol. Chem. **153**. 1926. — EMIL ABDERHALDEN und ERNST SCHWAB, Über die Bildung von α -Oxypyrrrolin- α' -carbonsäure aus Glutaminsäure und die Umwandlung der ersteren Verbindung in α - α' -Oxypyrrrolidincarbon-säure. Hoppe-Seylers Zeitschr. f. physiol. Chem. **153**. 1926. — EMIL ABDERHALDEN und RICHARD HAAS, weitere Studien zum Problem der Struktur der Proteine. Hoppe-Seylers Zeitschr. f. physiol. Chem. **151**. 1926. — EMIL ABDERHALDEN und HANS QUAST, Weitere Studien zum Problem der Struktur der Proteine. Vergleichende Oxydationsversuche. Hoppe-Seylers Zeitschr. f. physiol. Chem. **151**. 1926. — EMIL ABDERHALDEN und RICHARD HAAS, Darstellung methylierter Piperazine. Hoppe-Seylers Zeitschr. f. physiol. Chem. **149**. 1925. — EMIL ABDERHALDEN und ERNST SCHWAB, Studien über desmotrope Formen der Diketopiperazine. Hoppe-Seylers Zeitschr. f. physiol. Chem. **149**. 1925. — EMIL ABDERHALDEN und RICHARD HAAS, Studien über das Absorptionsvermögen von Aminosäuren, Polypeptiden und Dioxo-piperazinen. Hoppe-Seylers Zeitschrift f. physiol. Chem. **157**. 1926.

Im Gange befindliche Untersuchungen: Die Forschung über die Struktur der Proteine ist auf eine breitere Basis gestellt worden. Es sind Studien über das Verhalten von Aminosäuren und bestimmter ihrer Salze in Lösungen im Gange. Ferner sind entsprechende Studien an Gemischen von Aminosäuren und Polypeptiden und von diesen Verbindungen und 2,5-Dioxo-piperazinen teils abgeschlossen, teils noch im Gange. Weiterhin wird das Verhalten von Kupfersalzen von Aminosäuren und Polypeptiden unter verschiedenen Bedingungen untersucht. Außerdem werden Versuche angestellt, durch Synthese einer Anzahl von hochmolekularen Polypeptiden und verwandten Verbindungen Material zu vergleichenden Studien zu erhalten.

Kaiser Wilhelm-Institut für Hirnforschung, Berlin.

Direktor: OSKAR VOGT.

Wissenschaftliche Mitglieder: CÉCILE VOGT, MAX BIELSCHOWSKY.

Gesamtzahl der wissenschaftlich Arbeitenden: 16.

Veröffentlichungen: O. VOGT, Ein weiterer Beitrag zur elektiven Natur der pathoarchitektonischen Veränderungen der Großhirnrinde. Festschrift für Professor ROSSOLIMO, Moskau; Psychiatrische Krankheitseinheiten im Lichte der Genetik. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie **100**; Psychiatrisch wichtige Tatsachen der zoologisch-botanischen Systematik. Zeitschrift f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie **101**. — C. VOGT, Die topistisch-pathoarchitektonische Forschung in der Psychiatrie. Zeitschr. f. d. ges. Neurologie u. Psychiatrie **100**; Topistik und psychiatrische Klassifikation. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie **101**. — C. und O. VOGT, Die nosologische Stellung des Status marmoratus des Striatum. Psychiatr.-neurol. Wochenschrift **28**. — M. BIELSCHOWSKY, Das multiple Ganglion-neuron des Gehirns und seine Entstehung. Journ. f. Psychol. u. Neurol. **32**. 1926; — M. ROSE, Über das histogenetische Prinzip der Einteilung der Großhirnrinde. Journ. f. Psychol. u. Neurol. **32**. 1926; Der Grundplan der Cortextektonik beim Delphin. Journ. f. Psychol. u. Neurol. **32**. 1926; Der Allocortex bei Tier und Mensch. Journ. f. Psychol. u. Neurol. **34**. 1926. — N. TIMOFEEFF-RESSOVSKY, Ein Fall geschlechtsgebundener balancierter Lethalfaktoren bei Drosophila melanogaster. Zeitschr. f. wiss. Biol., Abt. D: Wilh. Roux' Arch. f. Entwicklungsmech. d. Organismen **107**. — H. und N. TIMOFEEFF-RESSOVSKY, Über das phänotypische Manifestieren des Genotyps. II. Über idiosomatische Variationsgruppen bei Drosophila funebris. Zeitschr. f. wiss. Biol., Abt. D: Wilh. Roux' Arch. f. Entwicklungsmech. d. Organismen **108**. — W. KRAHMER, Ein myeloarchitektonischer Felderungsversuch. Journ. f. Psychol. u. Neurol. **32**. 1925.

Deutsche Forschungsanstalt für Psychiatrie (Kaiser Wilhelm-Institut), München.

Vorstand: EMIL KRAEPELIN († 7. Oktober 1926).

Abteilungsleiter: EMIL KRAEPELIN, WALTHER SPIELMEYER, ERNST RÜDIN, FELIX PLAUT.

Mitglieder: F. JAHNEL, H. SPATZ, K. NEUBÜRGER, J. LANGE.

Gesamtzahl der wissenschaftlich Arbeitenden: 40.

Veröffentlichungen.

Psychologische Abteilung und klinisches Archiv.

(E. KRAEPELIN.)

H. AURIN, Über Willensantriebe bei geistiger Arbeit. Psychol. Arb. **9**. 1926. — J. ENKLING, Über die Wirkungen einmaliger und geteilter Alkoholgaben auf einfache psychische Leistungen. Psychol. Arb. **9**. 1926. — K. ERLACHER, Über Alkoholwirkung bei Schulkindern. Psychol. Arb. **9**. 1926. — O. GRAF, Ermüdung bei zwangsläufiger Arbeit. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie **101**. 1926; Über die Beeinflussung einfacher psychischer Vorgänge durch Cocain und Psicain. Psych. Arb. **9**. 1926; Über Pausenwirkung bei verschiedener Willensspannung. Psychol. Arb. **9**. 1926. — HAHN, Über Merkfähigkeit und Alkohol. Psychol. Arb. **9**. 1926. — T. SCHMIDT-KRAEPELIN, Beitrag zur Klinik der Paralyse mit langsamem Verlauf. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie **101**. 1926; Beitrag zur Kenntnis der serologischen und anatomischen Befunde bei Paralyse mit langsamem Verlauf. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie **103**. 1926.

Histopathologische Abteilung.

(W. SPIELMEYER.)

W. SPIELMEYER, Über die Bedeutung des lokalen Faktors für die Beschaffenheit der Entmarkungsherde bei multipler Sklerose und Paralyse. Arch. f. Psychiatrie u. Nervenkrankh. 74, H. 2/4. 1925; Forschungsrichtungen in der Histopathologie des Nervensystems während der letzten 50 Jahre. Arch. f. Psychiatrie u. Nervenkrankh. 76, H. 1. 1925; Klin. Wochenschr. 5, Nr. 3. 1926; Zur Pathogenese örtlich elektiver Gehirnveränderungen. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie 99, H. 5. 1925; Die anatomische Krankheitsforschung am Beispiel einer Huntingtonschen Chorea mit Wilsonschem Symptomenbild. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie 101. 1926; Zur Frage der Häufigkeit und Bedeutung miliary Gummien bei Paralyse. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie 102, H. 1/2. 1926; Versuche der theoretischen Neuroluesforschung zur Lösung therapeutischer Fragen. 38. Kongreß der Deutschen Gesellschaft für innere Medizin. Wiesbaden 1926. — E. GAMPER, Bau und Leistung eines menschlichen Mittelhirnwesens. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie 102, 154. — D. GROMBACH, Modifikation der Biondifärbung zur Darstellung des Bindegewebes im Nervensystem. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie 103, 173. — E. GRÜNTAL, Über die Alzheimer'sche Krankheit. Eine histopathologisch-klinische Studie. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie 101, 128. — M. KODOMA, Über die regionäre Verteilung der arteriosklerotischen Veränderungen im Großhirn. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie 102, 597; Über den Fettgehalt des Globus pallidus (Das „Pallidum-Fett“). 3. Mitteilung der Untersuchungen über Stoffspeicherung und Stofftransport im Nervensystem von H. SPATZ. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie 102, 236. — K. B. LEHMANN, H. SPATZ und K. WISBAUM-NEUBÜRGER, Die histologischen Veränderungen des Zentralnervensystems bei der bleivergifteten Katze und deren Zusammenhang mit den klinischen Erscheinungen, insbesondere mit Krampfanfällen. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie 103, 123. — A. METZ, Die drei Gliazellarten und der Eisenstoffwechsel. 2. Mitteilung der Untersuchungen über Stoffspeicherung und Stofftransport im Nervensystem von H. SPATZ. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie 100, 428. — A. MEYER, Über die Wirkungen der Kohlenoxydgasvergiftung auf das Zentralnervensystem. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie 100, 201. — K. NEUBÜRGER, Über streifenförmige Erkrankungen der Großhirnrinde bei Arteriosklerose. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie 101; Einiges über die Bedeutung funktioneller Gefäßstörungen in der Pathologie. Jahreskurs f. ärztl. Fortbild., Januarheft 1926; Über atypische Epithelwucherungen und beginnende Carcinome in der senilen Prostata. Münch. med. Wochenschr. 1926, Nr. 2; Hirnbefund bei plötzlichem Tod nach Gallensteinoperationen. Zentralbl. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie 43; Über den Begriff der weißen Hirnerweichung und ihre Entstehung durch Störungen der Gefäßfunktion nach Trauma. Verhandl. d. dtsh. pathol. Ges. 21. Tagung; Zur Frage der funktionellen Gefäßstörungen unter besonderer Berücksichtigung des Zentralnervensystems. Klin. Wochenschr. 1926, Nr. 37. — K. ONARI und H. SPATZ, Anatomische Beiträge zur Lehre von der Pickschen umschriebenen Großhirnrinden-Atrophie (Picksche „Krankheit“). Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie 101, 470. — H. SPATZ, Zur Pathologie und Pathogenese der Hirnlues und der Paralyse. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie 101, 644; Über einige charakteristische makro-

skopische Befunde bei Geisteskranken. Zentralbl. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie 42, 121.

Genealogisch-Demographische Abteilung.

(E. RÜDIN.)

B. SCHULZ, Zum Problem der Erbprognose-Bestimmung. Die Erkrankungsaussichten der Neffen und Nichten von Schizophrenen. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie 102, H. 1/2, S. 1–37. 1926. — B. KATTENTIDT, Zur Frage einer Belastungsstatistik der Durchschnittsbevölkerung. (Die Erkrankungsverhältnisse in den Neffen- und Nichtenschaften von Paralytikerehegatten.) Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie 103, H. 1/2, S. 288–306. 1926.

Im Druck: B. SCHULZ, Demographische und psychiatrische Untersuchungen in der engeren biologischen Familie von Paralytikerehegatten. — I. GUSCHMER, Zum Problem der Erbprognose-Bestimmung. Die Erkrankungsaussichten der Neffen und Nichten von genuinen Epileptikern. — J. WEINBERGER, Über die hereditären Beziehungen der senilen Demenz.

Serologische Abteilung.

(F. PLAUT.)

F. PLAUT, Untersuchungen über Trypanocidie, Phagocytose und aktive Immunisierung bei Paralyse, nebst einigen Erwägungen. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie 101, 512. 1926; The Treatment of Metasyphilitic Disorders of the nervous System with infectious Diseases, in particular with relapsing fever. Internat. clin. 1, Nr. 36. 1926; Zur Frage der „Paralyse-Encephalitis“ beim Kaninchen nach subduraler Injektion von Paralytikerliquor. Klin. Wochenschr. 1926, Nr. 16; Zur Bewertung von Liquorbefunden bei Kaninchen. Klin. Wochenschr. 1926, Nr. 27; Sir Frederic W. Mott. Münch. med. Wochenschr. 1926, Nr. 31; Untersuchungen über die Sonderstellung des Nervensystems zur Spirochäteninfektion. Recurrensinfektion des Nervensystems bei den als recurrensimmun geltenden Kaninchen. Münch. med. Wochenschrift 1926, Nr. 38. — F. PLAUT und F. JAHNEL, Die progressive Paralyse — eine Folge der Schutzpockenimpfung? Münch. med. Wochenschr. 1926, Nr. 10; Schutzpockenimpfung, Syphilisverlauf und Paralyse im Lichte tierexperimenteller Untersuchungen. Münch. med. Wochenschr. 1926, Nr. 13. — F. JAHNEL, Die Ätiologie der epidemischen Encephalitis. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie 99, H. 1/2; Über den gegenwärtigen Stand der ätiologischen Encephalitisforschung. Psychiatr.-neurolog. Wochenschr. 27, Nr. 45. 1925; Über einige Gesichtspunkte bei künftigen Untersuchungen über die Ätiologie der epidemischen Encephalitis. (11. Tagung d. dtsh. Vereinigg. f. Mikrobiol. in Frankfurt a. M. 1925, 24. bis 26. Sept.) Zentralbl. f. Bakteriell., Parasitenk. u. Infektionskrankh., Abt. 1, Orig.; Mediz.-hygien. Bakteriologie u. tier. Parasitenkunde. Originale, Beiheft zu 97; Über die Möglichkeiten und Wege der therapeutischen Beeinflussung von Paralyse und Tabes. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie 101. 1926; Erweiterung auf die Bemerkung HILGERMANNs zu meiner Arbeit „Die Ätiologie der epidemischen Encephalitis“. Sonderabdruck aus d. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie 104, H. 1/2; Die Ätiologie der progressiven Paralyse. Deutsch-russische Ärztezeitschr.; Die syphilitischen Erkrankungen des Zentralnervensystems. Volksgesundheit 1926, H. 4; Die kongenitale Lues und ihre Beziehungen zu Nerven- und Geisteskrankheiten. Arch. f. Gynäkol.; — F. JAHNEL gemeinsam mit LANGE, Framboesie, Syphilis und Paralyse. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u.

Psychiatrie; Zur Kenntnis der Framboesie-Immunität der Paralytiker. Klin. Wochenschr. 1926; Zur Lues-Immunität der Paralytiker. Münch. med. Wochenschr. 1926. — H. GROSSMANN, Versuche zu einer Verfeinerung der Goldsolreaktion (GR) durch Verwendung höher konzentrierter Goldlösungen. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie 97, H. 1/2. 1925. — M. CUSTER, Eine einfache Methode zur quantitativen Bestimmung des Gesamteiweißes in kleinen Liquormengen. (Sulfosalicylsäureprobe.) Münch. med. Wochenschr. 1926, Nr. 32.

Im Druck befindliche Arbeiten: F. PLAUT, Paralyse-Studien bei Negeren und Indianern. — F. PLAUT und G. EHRLMANN, Die Serodiagnostik im Dienste der Syphilis und Paralysestatistik.

Kaiser Wilhelm-Institut für Chemie, Berlin-Dahlem.

1. Direktor: ALFRED STOCK (ab 1. Oktober 1926 o. Professor an der Technischen Hochschule Karlsruhe).
2. Direktor: OTTO HAHN.

Wissenschaftliche Mitglieder: LISE MEITNER, KURT HESS.

Gesamtzahl der wissenschaftlich Arbeitenden: 31.

Abteilung STOCK.

Veröffentlichungen: A. STOCK und G. RITTER, Gasdichtebestimmungen mit der Schwebewage. I. Zeitschr. f. physikal. Chem. 119, 333. 1926. — A. STOCK, Siliciumwasserstoffe. Zeitschr. f. Elektrochem. 32, 341. 1926; Die Gefährlichkeit des Quecksilberdampfes. Zeitschr. f. angew. Chem. 39, 461 u. 790. 1926. — A. STOCK und E. POHLAND, Die Bestimmung kleiner Quecksilbermengen. Zeitschr. f. angew. Chem. 39, 466. 1926; Die colorimetrische Bestimmung sehr kleiner Quecksilbermengen. Zeitschr. f. angew. Chem. 39, 791. 1926. — A. STOCK, Die Gefährlichkeit des Quecksilberdampfes und der Amalgame. Med. Klinik 22, 1209 u. 1250. 1926.

Abgeschlossene und im Druck befindliche Arbeiten: A. STOCK und E. POHLAND, Zur Kenntnis des B_2H_6 und des B_3H_9 . Ber. d. dtsh. chem. Ges.; $B_3N_3H_6$. Ber. d. dtsh. chem. Ges.; B_2H_5I . Synthese des B_2H_5I . Ber. d. dtsh. chem. Ges.; Strukturformeln der Borhydride. Ber. d. dtsh. chem. Ges. — A. STOCK und G. RITTER, Gasdichtebestimmungen mit der Schwebewage. II. Äthylen als Vergleichsgas. Zeitschr. f. physikal. Chem.; Die Schwankungen in der Dichte der atmosphärischen Luft. Zeitschr. f. angew. Chem.

Abteilung HESS.

Veröffentlichungen: K. HESS, Zur Raumchemie der Stickstoffverbindungen. Naturwissenschaften 14, 183. 1926; Neue Ergebnisse der Celluloseforschung im Lichte der Naegelianischen Micellartheorie. Naturwissenschaften 14, 435. 1926. — K. HESS und G. SCHULTZE, Über das kryoskopische Verhalten kristallisierter Acetylcellulosen. Liebigs Ann. d. Chem. 448, 99. 1926. — J. R. KATZ und K. HESS, Über Quellung und Mercerisierung natürlicher Cellulosefasern in Salpetersäure und über phanierte Baumwolle. I. Röntgenspektrographische Beobachtungen. Zeitschr. f. physikal. Chem. 122, 126. 1926. — K. HESS, Zur Erkenntnis der Cellulose. Kolloidchem. Beih., Ambronn-Festschrift, August 1926; Enthält die Cellulose eine Vereinigung von 4 Hexosegruppen? Naturwissenschaften 14, 822. 1926.

Im Druck (Liebigs Ann. d. Chem.): F. MICHEEL und K. HESS, Zur Kenntnis der O-Brückenlage der Glucose. — K. HESS und H. FRIESE, Die Acetolyse der Cellulose. — K. HESS und G. SCHULTZE, Bemerkungen zu der Mitteilung von H. PRINGSHEIM über die Konstitution der Cellulose. — K. HESS, H. PICHLMAYR und

R. STAHN, Über kristallisierte Trimethylcellulose. — K. HESS, F. MICHEEL und W. REICH, Über den Nachweis einer Fremdschubstanz der Cellulosefaser. — F. MICHEEL und K. HESS, Zur Kenntnis der 2. 3. 6. Trimethylglucose und ihre Beziehung zur Konstitution der Cellulose; ein Beitrag zur Wandelbarkeit von O-Brücken in Kohlenhydraten.

Abteilung HAHN-MEITNER.

Veröffentlichungen: O. HAHN und L. MEITNER, Die β -Strahlspektren von RaAc und seinen Zerfallsprodukten. Zeitschr. f. Physik 34, 795. 1925. — L. MEITNER, Die γ -Strahlung der Aktinierreihe und der Nachweis, daß die γ -Strahlen erst nach erfolgtem Atomzerfall emittiert wurden. Zeitschr. f. Physik 34, 807. 1925. — O. HAHN u. J. HEIDENHAIN, Über hochemanierende Radiumpräparate. Ber. d. dtsh. chem. Ges. 59, 284. 1925. — O. HAHN, Zur Frage nach der Existenz des Ekacäsiums. Naturwissenschaften 14, 159. 1926. — L. MEITNER und K. FREITAG, Über die α -Strahlen des ThC + C' und ihr Verhalten beim Durchgang durch verschiedene Gase. Zeitschr. f. Physik 37, 481. 1926. — K. PHILIPP, Die weitreichenden α -Strahlen beim aktiven Niederschlag des Thoriums. Zeitschr. f. Physik 37, 518. 1926. — L. MEITNER, Einige Bemerkungen zur Isotopie der Elemente. Naturwissenschaften 14, 719. 1926. — O. HAHN und O. ERBACHER, Über die Einheitlichkeit des Zerfalls und die Halbwertszeit des Mesothor 2. Physikal. Zeitschr. 27, 531. 1926. — O. HAHN, Gesetzmäßigkeiten bei der Fällung und Adsorption kleiner Substanzmengen und ihre Beziehung zur radioaktiven Fällungsregel (nach gemeinsam mit Herrn O. ERBACHER und Frl. N. FEICHTINGER ausgeführten Versuchen). Ber. d. dtsh. chem. Ges. 59, 2014. 1926.

Abgeschlossene und im Druck befindliche Arbeiten: L. MEITNER und W. SANTHOLZER, Die Reichweiten der β -Strahlen von RaD und die pro Zentimeter erzeugte Ionenzahl. — L. MEITNER und N. REHL, Die Untersuchung der primären β -Strahlen und der Wahrscheinlichkeit der Absorption von γ -Strahlen nach der Geigerischen Zählmethode. — O. HAHN und M. BILTZ, Vorgänge beim Trocknen und Wiederwässern oberflächenreicher Niederschläge. — M. BILTZ, Emaniervermögen und Gelstruktur.

Im Gange befindliche Untersuchungen: Untersuchungen über den Rückstoß der Atome bei β -Strahlung. Absorptionsmessungen der γ -Strahlen des Radiums selbst. Untersuchungen über die Stellung des Aktiniums zur Uranreihe. Anwendungen der neuen radioaktiven Fällungs- und Adsorptionssätze.

Kaiser Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie, Berlin-Dahlem.

Direktor: FRITZ HABER.

Wissenschaftliche Mitglieder: 1. aktiv: HERBERT FREUNDLICH (Vertreter des Direktors), RUDOLF LADENBURG, MICHAEL POLANYI; 2. inaktiv: FRIEDRICH EPSTEIN, FERDINAND FLURY, JAMES FRANCK, GERHARD JUST, FRITZ KERSCHBAUM.

Gesamtzahl der wissenschaftlich Arbeitenden: 55.

Veröffentlichungen: [Dem Titel ist die Bezeichnung der Abteilung des Instituts zugefügt, aus der die Abhandlung hervorgeht (D.A. = Abt. des Direktors; A₁, A₂, A₃ Abteilungen der Mitglieder FREUNDLICH (1), LADENBURG (2), POLANYI (3)). Die Abhandlungen 45, 46, 47 schildern Untersuchungen, die Frl. Prof. v. WRANGELL früher als wissenschaftlicher Gast des Instituts ausgeführt hat.] 1. P. ARENDT und H. KALLMANN, Über den Mechanismus der Aufladung von Nebelteilchen. Zeitschr. f. Physik 35, 421. 1926. D.A.

- 2. SOFIE BERKMAN und H. ZOCHER, Die optische Anisotropie der gefärbten Sole von mercurisulfosalicylsäurem Natrium. *Ambronn-Festschrift. Kolloidchem. Beih.* **23**, 292. 1926. A₁. — 3. H. BEUTLER, ST. v. BOGDANDY und M. POLANYI, Über Lumineszenz hochverdünnter Flammen. *Naturwissenschaften* **14**, 164. 1926. A₃. — 4. E. BOEHM und K. F. BONHOEFFER, Über die Gasreaktionen des aktiven Wasserstoffs. *Zeitschr. f. physikal. Chem.* **119**, 385. 1926. D.A. — 5. K. F. BONHOEFFER, Über die Eigenschaften des aktiven Wasserstoffs. *Zeitschr. f. Elektrochem.* **31**, 521. 1925. D.A. — 6. K. F. BONHOEFFER und S. LOEB, Über Wasserstoffsuperoxydbildung aus Knallgas durch optisch angeregte Quecksilberatome. *Zeitschr. f. physikal. Chem.* **119**, 474. 1926. D.A. — 7. K. F. BONHOEFFER und W. STEINER, Über das Adsorptionsspektrum des Jodwasserstoffs im Ultraviolett. *Zeitschrift f. physikal. Chem.* **122**, 287. 1926. D.A. — 8. G. ETTISCH, Zur Frage der Fraktionierung der Serumproteine, II. *Biochem. Zeitschr.* **171**, 454. 1926. A₁. — 9. G. ETTISCH und W. BECK, Zur Frage der Fraktionierung der Serumproteine, I. *Biochem. Zeitschr.* **171**, 443. 1926. A₁. — 10. G. ETTISCH und W. BECK, Zur Frage der physikalisch-chemischen Charakterisierung der Proteine. *Naturwissenschaften* **14**, 487. 1926. A₁. — 11. G. ETTISCH und W. BECK, Zur Frage der Fraktionierung der Serumproteine, III. *Biochem. Zeitschr.* **172**, 1. 1926. A₁. — 12. H. FREUNDLICH, Über Adsorption. *Cellulosechemie* **7**, 57. 1926. A₁. — 13. H. FREUNDLICH und W. BECK, Die Sensibilisierung durch Albumine und Pseudoglobuline aus normalem und Immunserum. *Biochem. Zeitschr.* **166**, 190. 1925. A₁. — 14. H. FREUNDLICH und L. L. BIRCHUMSHAW, Über das thixotrope Verhalten von Aluminiumhydroxydgelen. *Kolloidzeitschr.* **40**, 19. 1926. A₁. — 15. H. FREUNDLICH und VERA BIRSTEIN, Über das Gelten der TRAUBESCHEN Regel bei der Koagulation hydrophober Sole. *Kolloidchem. Beih.* **22**, 95. 1926. A₁. — 16. H. FREUNDLICH und VERA BIRSTEIN, Über einige Eigenschaften der BLAUSCHEN Komplexsalze. *Ambronn-Festschr. Kolloidchem. Beih.* **23**, 27. 1926. A₁. — 17. H. FREUNDLICH und H. COHN, Über die Eigenschaften alkalischer Kieselsäuresole. *Kolloidzeitschr.* **39**, 28. 1926. A₁. — 18. H. FREUNDLICH und H. DANNENBERG, Über die zeitliche Veränderung der Strömungsdoppelbrechung in Solen mit nichtkuguligen Teilchen. I. *Zeitschr. f. physikal. Chem.* **119**, 87. 1926. A₁. — 19. H. FREUNDLICH und H. DANNENBERG, Über die zeitliche Veränderung der Strömungsdoppelbrechung in Solen mit nichtkuguligen Teilchen. II. *Zeitschr. f. physikal. Chem.* **119**, 96. 1926. A₁. — 20. H. FREUNDLICH und H. NEUKIRCHER, Über den Einfluß der Wasserstoffionenkonzentration auf die Viskosität und Elastizität von Gelatinelösungen. *Kolloid-Zeitschr.* **38**, 180. 1926. A₁. — 21. H. FREUNDLICH, H. NEUKIRCHER und H. ZOCHER, Über die Elastizität und Strömungsdoppelbrechung in Solen mit nichtkuguligen Teilchen. I. *Kolloid-Zeitschr.* **38**, 43. 1926. A₁. — 22. H. FREUNDLICH, H. NEUKIRCHER und H. ZOCHER, Über die Elastizität und Strömungsdoppelbrechung in Solen mit nichtkuguligen Teilchen. II. *Kolloid-Zeitschr.* **38**, 48. 1926. A₁. — 23. H. FREUNDLICH und H. JORES, Über die Viskosität und Elastizität von Seifenlösungen. *Kolloidchem. Beih.* **32**, 16. 1926. A₁. — 24. H. FREUNDLICH und H. KROEPFELIN, Über die Kinetik der Umwandlung von Halogenalkylaminen in heterocyclische Verbindungen. IV. *Zeitschr. f. physikal. Chem.* **122**, 39. 1926. A₁. — 25. H. FREUNDLICH und SHUKICHI MITSUKURI, Über die Koagulation von Alkaliblau-Tannin-Solen durch Elektrolyte. *Kolloid-Zeitschr.* **39**, 123. 1926. A₁. — 26. H. FREUNDLICH und A. PARIS, Zur Frage der langsamen Hydrolyse des Kaliumpentachlororutheniats. *Kolloid-Zeitschr.* **40**, 16. 1926. A₁. — 27. H. FREUNDLICH und A. ROSENTHAL, Über die Geschwindigkeit der Sol-Gel-Umwandlung von konzentrierten Eisenoxysolen. *Zeitschr. f. physikal. Chem.* **121**, 463. 1926. A₁. — 28. H. FREUNDLICH und O. SCHIKORR, Über die durch kolloiden Schwefel beschleunigte Umwandlung der Maleinsäure in Fumarsäure. *Kolloidchem. Beih.* **22**, 1. 1926. A₁. — 29. F. HABER, Über die Hydroxyde des Aluminiums und des dreiwertigen Eisens. *Naturwissenschaften* **13**, 1007. 1925. D.A. — 30. F. HABER, Über den Stand der Frage nach der Umwandbarkeit der chemischen Elemente. *Naturwissenschaften* **14**, 405. 1926. D.A. — 31. F. HABER, Über die Grenzgebiete der Chemie. *Naturwissenschaften* **14**, 849. 1926. D.A. — 32. F. HABER, J. JAENICKE und F. MATTHIAS, Über die angebliche Darstellung „künstlichen“ Goldes aus Quecksilber. *Ber. d. dtsh. chem. Ges.* **59**, 1641. 1926. D.A. — 33. F. HABER, J. JAENICKE und F. MATTHIAS, Über die angebliche Darstellung „künstlichen“ Goldes aus Quecksilber. *Zeitschr. f. anorg. u. allg. Chem.* **153**, 153. 1926. D.A. — 34. H. KAUSKY, Über Reaktionsleuchten. *Zeitschr. f. physikal. Chem.* **120**, 230. 1926. A₁. — 35. H. KAUSKY, Vom Wesen einiger sechsgliedriger Siliciumverbindungen. *Zeitschr. f. Elektrochem.* **32**, 349. 1926. A₁. — 36. H. KAUSKY und H. THIELE, Die Herstellung von völlig sauerstofffreiem Stickstoff. *Zeitschr. f. anorg. u. allg. Chem.* **152**, 342. 1926. A₁. — 37. H. KALLMANN, Über die chemische Reaktion von Gasen. *Naturwissenschaften* **14**, 427. 1926. D.A. — 38. H. KALLMANN und H. MARK, Über einige Eigenschaften der Compton-Strahlung. *Naturwissenschaften* **13**, 1012. 1925. D.A. — 39. H. KALLMANN und H. MARK, Über einige Eigenschaften der Comptonstrahlung. *Zeitschr. f. Physik* **36**, 119. 1926. D.A. — 40. H. KALLMANN und H. MARK, Über die anomale Dispersion im Gebiet der Röntgenstrahlen. *Naturwissenschaften* **14**, 649. 1926. D.A. — 41. H. KOPFERMANN und R. LADENBURG, Elektrooptische Untersuchungen am Natriumdampf. (Anormale elektrische Doppelbrechung; Starkeffekt an der Resonanzstrahlung.) *Ann. d. Phys.* (4) **78**, 659. 1925. A₂. — 42. R. LADENBURG, Die diamagnetische und die paramagnetische Drehung der Polarisationssebene. *Zeitschr. f. Phys.* **34**, 898. 1925. A₂. — 43. R. LADENBURG, H. KOPFERMANN und A. CARST, Untersuchungen über die anomale Dispersion angeregter Gase. *Sitzungsber. d. preuß. Akad. d. Wiss., Physik.-mathem. Kl.* **24**, 255. 1926. A₂. — 44. M. POLANYI, Verformung von Metallkristallen und verformter Zustand. *Ber. d. Fachausschüsse d. Ver. dtsh. Eisenhüttenleute. Werkstoffausschuß, Ber. Nr. 85 v. 26. Febr. 1926.* A₃. — 45. M. v. WRANGELL, Colorimetrische Methode zur schnellen Bestimmung von Phosphorsäure in sehr verdünnten Lösungen. *Landwirtschaftl. Jahrb.* **63**, 669. 1926. — 46. M. v. WRANGELL und W. HAASE, Über den Phosphorsäuregehalt natürlicher Bodenlösungen. *Landwirtschaftl. Jahrb.* **63**, 707. 1926. — 47. M. v. WRANGELL und E. KOCH, Die Löslichkeitsgesetze in ihrer Anwendung auf tertiäre Phosphate. *Landwirtschaftl. Jahrb.* **63**, 677. 1926. — 48. H. ZOCHER, Über die optische Anisotropie selektiv absorbierender Stoffe und über mechanische Erzeugung von Anisotropie. *Naturwissenschaften* **13**, 1015. 1925. A₁. — 49. H. ZOCHER, Die optischen Methoden zur Untersuchung der Anisotropie in Kolloiden. *Kolloid-Zeitschr.* **37**, 336. 1925. A₁.
- Im Druck befindliche Arbeiten:* ST. v. BOGDANDY, J. BOEHM und M. POLANYI, Herstellung molekularer Gemenge. A₃. — ST. v. BOGDANDY und M. POLANYI, Schnellanalyse von Messing. A₃.

**Kaiser Wilhelm-Institut für Kohlenforschung,
Mülheim-Ruhr.**

Direktor: FRANZ FISCHER.

Gesamtzahl der wissenschaftlich Arbeitenden: 10.

Veröffentlichungen: H. TROPSCH und E. DITTRICH, Über die von Halbkoks bei verschiedenen Temperaturen abgegebenen flüchtigen Bestandteile. Brennstoff-Chemie 6, 301. 1925. — H. BROCHE und Th. BAHR, Über das Ölbitumen und das Festbitumen der Steinkohle. Brennstoff-Chemie 6, 349. 1925. — F. FISCHER und H. TROPSCH, Notiz über die Reduzierbarkeit der Kresole nach dem Verfahren von BERGIUS. Brennstoff-Chemie 7, 2. 1926. — H. BROCHE, Über die normale Zusammensetzung des Leichtöles von Steinkohlenurteer. Brennstoff-Chemie 7, 37. 1926. — F. FISCHER und H. TROPSCH, Die Erdölsynthese bei gewöhnlichem Druck aus den Vergasungsprodukten der Kohlen. Brennstoff-Chemie 7, 97. 1926; vgl. ferner Ber. d. dtsh. chem. Ges. 59, 830, 832 u. 923. 1926. — F. FISCHER und P. DILTHEY, Über die Auswaschung der Kohlensäure aus industriellen Gasen bei gewöhnlichem Druck. Brennstoff-Chemie 7, 277. 1926. — F. FISCHER und H. TROPSCH, Über die Reduktion und Hydrierung des Kohlenoxyds. Brennstoff-Chemie 7, 299. 1926. — F. FISCHER und P. DILTHEY, Über die direkte Gewinnung von reinem Schwefel aus schwefelhaltigen Gasen mit Hilfe von Kupfersalzlösungen. Brennstoff-Chemie 7, 300. 1926.

Weitere Veröffentlichungen: F. FISCHER, Neuere Forschungen zur Entstehung der Kohlen. Zeitschr. der dtsh. geolog. Ges. 77, 534. 1925; Liquid fuels from water gas. Industr. a. engineer. chem. 17, 574. 1925; The coking and swelling constituents of coal. Industr. a. engineer. chem. 17, 707. 1925; Kohle und Öl in Amerika. Bericht über meine Studienreise. Berlin: Gebrüder Bornträger 1925.

Das Institut ist augenblicklich mit der weiteren Ausarbeitung der Erdölsynthese bei gewöhnlichem Druck und anderer damit zusammenhängender Fragen beschäftigt.

Schlesisches Kohlenforschungsinstitut der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft, begründet von der Fritz von Friedländer-Fuld-Stiftung, Breslau.

Direktor: FRITZ HOFMANN.

Gesamtzahl der wissenschaftlich Arbeitenden: 8.

Veröffentlichungen: Die wissenschaftlichen Originalarbeiten des vergangenen Jahres sind in Band II der „Mitteilungen aus dem Schlesischen Kohlenforschungsinstitut der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft“, Verlag Gebr. Bornträger 1925 (250 Seiten) erschienen. FRITZ HOFMANN und PAUL DAMM, Die Pyridin-Extraktion ober-schlesischer Steinkohle und ihre vorläufigen Ergebnisse. II. Teil. — FRITZ HOFMANN und MYRON HEYN, Über feste Phenole im Steinkohlenurteer. Teil I bis III. — LUDWIG RHEIN-FELDER, Das Verfahren von Dr. F. BERGIUS in seiner Anwendung auf Steinkohlen-teere. — FRITZ HOFMANN, Studien über Polymerisationsvorgänge. — KURT VOGT, Über die Einwirkung von Natriumäthylat auf 1—4 Dibromadipinsäure-diäthylester und über Polymerisate von Muconsäureestern. — FRITZ HOFMANN und PAUL DAMM, Über 1—3-Dihydrobenzol, seine Derivate und seine Polymerisationsprodukte. — MANFRED DUNKEL, Reinigung von Rohbenzol. Teil I bis IV. — MYRON HEYN, Vorschläge zur Ausführung von Verkokungsproben. — Magistratsoberbaurat SCHREIBER, Die Errichtung des Schlesischen Kohlenforschungsinstitutes. — WOLFGANG GROTE, Der technische Erweiterungsbau des Schlesischen Kohlenforschungsinstitutes. — MANFRED DUNKEL, Zer-

legen von Kohlen nach dem spezifischen Gewicht. — WOLFGANG GROTE, Über die Verschmelzung der Kohlen im Großbetrieb. — MANFRED DUNKEL, Destillation von Urteer, Pech und Kohle mit überhitztem Wasserdampf im Vakuum. — FRITZ HOFMANN, Probleme der Kohlenforschung. — FRITZ HOFMANN, Von der Kohle zum Kautschuk.

Weitere Veröffentlichungen: MANFRED DUNKEL und MYRON HEYN, Welche Aussichten bietet das Bergin-Verfahren für die deutsche Ölversorgung? Naturwissenschaften 13, 1021—1024. 1925. — MANFRED DUNKEL und MYRON HEYN, Untersuchung eines Berginöls aus niederschlesischer Kohle. Teil I. Brennstoff-Chemie 1926, S. 20—25. Teil II. Brennstoff-Chemie 1926, S. 81—87. Teil III. Brennstoff-Chemie 1926, S. 245 bis 250. — MANFRED DUNKEL, Brikettieren von ober-schlesischer Steinkohle ohne Bindemittel. Zeitschr. d. Oberschles. Berg- u. Hüttenmänn. Ver. 65, 360 bis 365. 1926.

Noch nicht abgeschlossene Untersuchungen: Studien über rationelle Verkokung ober-schlesischer Steinkohle im Versuchsofen eigener Konstruktion. — Benzol-raffination ohne chemische Raffiniermittel. — Fortsetzung und Ausbau früherer Arbeiten des Instituts über die Extraktion ober-schlesischer Steinkohlen sowie über die Aufklärung ihres Chemismus. — Studien über chemischen Kohle-Abbau. — Petrographische Untersuchungen an schlesischen Kohlen und Koks mit Hilfe von An- und Dünnschliffen. — Polymerisationsstudien an Gasen und Flüssigkeiten mit Versuchen unter hohen Drucken. — Ausmittlung neuer Katalysatoren.

Kaiser Wilhelm-Institut für Eisenforschung, Düsseldorf.

Direktor: FRIEDRICH KÖRBER.

Auswärtiger Mitarbeiter: SCHNEIDERHÖHN.

Wissenschaftlicher Gast: FRITZ WÜST.

Gesamtzahl der wissenschaftlich Arbeitenden: 28.

Veröffentlichungen.

1. In den „Mitteilungen“ des Instituts erschienen: E. SIEBEL und F. KÖRBER, Versuche über die Anstrengung und die Formänderungen gewölbter Kesselböden mit und ohne Mannloch bei der Beanspruchung durch inneren Druck. I. Bericht. 7, 10. Liefg.; II. Bericht. 8, 1. Liefg. — A. POMP und R. WIJKANDER, Einfluß der Ausbildungsform des Zementits auf die Härtebarkeit des Stahles. 8, 2. Liefg. — E. SIEBEL und A. POMP, Der Zusammenhang zwischen der Spannungsverteilung und der Fließlinienbildung an Kesselböden mit und ohne Mannloch bei der Beanspruchung durch inneren Druck. 8, 3. Liefg. — A. POMP und H. SCHWEINITZ, Der Herbert-Pendelhärteprüfer und seine Eignung für die Werkstoffprüfung. 8, 4. Liefg. — H. SCHMIDT und W. LIESEGANG, Fluchtlinientafel für das sichtbare Spektralgebiet der Wienschen Strahlungs-gleichung. 8, 5. Liefg. — H. SCHMIDT und E. FURTH-MANN, Über den Einfluß der Linienabsorption bei Messungen mit Gesamtstrahlungs-pyrometer. 8, 6. Lfg. — F. WÜST, Über den Einfluß von Oxydationsvor-gängen auf den Hochofenprozeß. 8, 7. Liefg.

2. In anderen Zeitschriften erschienen: A. POMP, Akkordfestsetzung und Selbstkostenberechnung in Kaltwalzwerken. Stahl und Eisen 46, 183. 1926. — F. KÖRBER, Schmelzen, Erstarren und Sublimieren. Handbuch der Physik von H. GEIGER und K. SCHEEL, Bd. X, S. 60. Berlin 1926. — H. BREDEMEIER, Beitrag zur Polymorphie des Eisens. Zeitschr. f. anorg. u. allg. Chem. 151, 109. 1926.; Kurzer Beitrag zur thermo-dynamischen Behandlung des Auftretens von Mischungslücken und Verbindungen in festen Lösungen binärer

Systeme. Zeitschr. f. anorg. u. allg. Chem. **154**, 405. 1926. — A. POMP, Erfahrungen mit elektrischen Blankglühöfen. Ber. d. Fachausschüsse d. Ver. dtsh. Eisenhüttenleute. Walzwerksausschußbericht Nr. 43. 1926. — F. WEVER, Zur Konstitution des Portlandzement-Klinkers. Zement **15**, 220. 1926; Der Hochfrequenz-Induktionsofen. Stahl und Eisen **46**, 533. 1926. — F. KÖRBER, Silicide des Eisens. Zeitschr. f. Elektrochem. **32**, 371. 1926; Über Ätzfärbungen von Eisen-Siliciumlegierungen. Zeitschr. f. anorg. Chem. **154**, 267. 1926. — F. WEVER, Über zwei Beispiele rückläufiger Gleichgewichtslinien in anisotropen binären Systemen. Zeitschr. f. anorg. Chem. **154**, 294. 1926. — W. LUYKEN und E. BIERBRAUER, Die Ermittlung der wirtschaftlich günstigsten Anreicherung auf graphischem Wege — ein Beitrag zur Frage rationaler Betriebsgestaltung in Erzaufbereitungen. Metall u. Erz **23**, 249. 1926; Zur Frage der rechnerischen Erfassung des Aufbereitungserfolges. Metall u. Erz **23**, 261. 1926. — H. SCHMIDT, Die Eichung optischer Betriebspyrometer. Stahl und Eisen **46**, 1258. 1926. — F. WEVER und W. REINECKEN, Beiträge zur Kenntnis des Systems Eisen-Zinn. Zeitschr. f. anorg. Chem. **151**, 349. 1926.

Arbeiten, die sich zur Zeit in *Bearbeitung*, zum Teil bereits in *Druck* befinden:

A. Abteilung für mechanische Materialprüfungen. Einfluß der Probenbreite auf den Kraftverlauf beim Kerschlagversuch. — Verfestigung metallurgischer Werkstoffe beim Zug- und Druckversuch. — Kaltziehen nahtloser Stahlrohre. — Modellversuche an Kesselböden. — Kritische Untersuchungen über die Bedeutung der Streckgrenze als Güte- und Abnahmeprobe. — Abgekürztes Prüfverfahren zur Ermittlung der Gleitgrenze von Eisen und Stahl bei erhöhter Temperatur.

B. Physikalische Abteilung. Über die Röntgen-Emissionsspektren der polymorphen Modifikationen des Eisens. — Beiträge zur Kenntnis der Struktur deformierter Metalle. — Über die Abkühlung von Körnern und Umwandlungen.

C. Metallographische Abteilung. Rißbildungen und Anfrassungen an Dampfkessелеlementen.

D. Metallurgische Abteilung. Entschwefelung des Gußeisens durch alkalische Schlacken. — Vergleichende Untersuchungen des Kupolofenschmelzens mit und ohne Kohlenstaub-Zusatzfeuerung. — Einfluß der mechanischen und thermischen Vorbehandlung auf die elektrische Leitfähigkeit des Eisens, Kupfers und Aluminiums.

E. Chemische Abteilung. Kritische Untersuchung der Verfahren zur Rückstandsbestimmung in Eisen und Stahl.

F. Erzaufbereitungs-Abteilung. Technische und wirtschaftliche Höchstleistung in der Erzaufbereitung und ihre Beziehung zueinander. — Zusammenfassende Bearbeitung für die systematische Erfassung des technischen und wirtschaftlichen Anreicherungs Erfolges. — Aufbereitungsversuche mit Eisenmanganerzen der Braunsteinbergwerke Dr. Geier.

Noch nicht abgeschlossene Untersuchungen: 1. Vergleichende Untersuchungen über die mechanischen Eigenschaften von Kesselbaumaterialien bei erhöhter Temperatur. — Kaltwalzen von Band Eisen und Bandstahl. — 2. Untersuchungen über binäre Zustandsdiagramme des Eisens. — Gesamtstrahlungsmessungen fester Körper. — Verfahren zur Bestimmung von Gastemperaturen. — Bestimmung spezifischer Wärme metallurgisch wichtiger Stoffe. — Untersuchungen über den Verlauf metallurgischer Reaktionen im Hochfrequenzofen. — 3. Untersuchung der Schwindung und Warmrißbildung von Stahlformguß. — 4. Unter-

suchung über die Diffusion von Wasserstoff in Eisen. — Entstehung der Beizblasen. — 5. Die Bedeutung der reduzierenden Röstung für die magnetische Anreicherung von Eisenerzen.

Kaiser Wilhelm-Institut für Metallforschung, Berlin-Dahlem.

Direktor: WICHARD VON MOELLENDORFF.

Stellvertretender Direktor und wissenschaftliches Mitglied: OTTO BAUER.

Gesamtzahl der wissenschaftlich Arbeitenden: 11.

Veröffentlichungen: K. WEISSENBERG, Die Transformationseigenschaften der Objekte und ihre systematische und physikalische Bedeutung. Zeitschr. f. Physik **34**, 406. 1925; Die geometrische Strukturtheorie der Krystalle. Zeitschr. f. Physik **34**, 42. 1925; Die Analyse des Krystallbaues. Zeitschr. f. Physik **34**, 433. 1925. — G. SACHS und E. SEIDL, Örtlicher Massenausgleich unter der Wirkung örtlich angreifender Kräfte in Technik und Geologie. Naturwissenschaften **13**, 1032/40. 1925. — O. BAUER und H. ARNDT, Das Verhalten einiger Metalle und Legierungen gegenüber der Einwirkung von Plastilin und freiem Schwefel. Mitt. a. d. Materialprüfungsamt u. d. Kaiser Wilhelm-Inst. f. Metallforsch. zu Berlin-Dahlem. Sonderheft II, S. 16. 1926. — E. SCHIEBOLD und G. SACHS, Graphische Bestimmung der Gitterorientierung von Krystallen mit Hilfe des Laueverfahrens. Zeitschr. f. Kristallogr. **63**, 34–48. 1926. — G. SACHS, Einige Beobachtungen an Aluminium und Aluminiumlegierungen. Zeitschr. f. Metallk. **18**, 209–12. 1926; Werkstoffprüfung und Werkstoffeigenschaften. Bemerkungen über die Bedeutung des Zugversuches. Zeitschr. d. Ver. dtsh. Ing. **69**, 1926; Anwendung der Röntgenstrahlen für die Werkstoffuntersuchung. Zeitschr. d. Ver. dtsh. Ing. **69**, 1926. — F. v. GÖLER und G. SACHS, Gefüge und Festigkeitseigenschaften von reinstem Aluminium. Zeitschr. f. Metallk. **18**, 1926.

Im Druck befindliche Arbeiten: O. BAUER und H. ARNDT, Die Wirkung verschiedener Desoxydationsmittel auf kupferoxydhaltiges Kupfer. — O. BAUER und M. HANSEN, Das Erstarrungs- und Umwandlungsschaubild der Kupfer-Zink-Legierungen. — O. BAUER und O. VOLLENBRUCK, Die Härte der Kupfer-Zink-Legierungen. — G. FIEK und G. SACHS, Steigerung und Festigkeitseigenschaften von T-Trägern. — W. KUNTZE und G. SACHS, Der Zugversuch am Flachstab. — G. SACHS, Versuche zum Walz- und Schmelzvorgang; Beitrag zum Härteproblem. — F. v. GÖLER und G. SACHS, Walz- und Rekristallisationstextur von flächenzentrierten Metallen. — R. KARNOP und G. SACHS, Die Festigkeitseigenschaften von Aluminiumkrystallen bei Zugversuchen; Rekristallisationsversuche an Aluminiumkrystallen. — E. SCHIEBOLD und G. RICHTER, Studien über Zugversuche.

Noch nicht abgeschlossene bzw. in **Vorbereitung** befindliche Arbeiten: Korrosionsversuche mit Aluminiumlegierungen. — Röntgenographische Untersuchungen über die Gitterkonstanten der Gold-Silber-Legierungen. — Die Umwandlung des β -Messings. — Festigkeits- und Rekristallisationsversuche an Gold-Silber-Legierungen. — Das Verhalten von Gußkupfer bei Verarbeitungsvorgängen.

Kaiser Wilhelm-Institut für Faserstoffchemie, Berlin-Dahlem.

Direktor: REGINALD OLIVER HERZOG.

Gesamtzahl der wissenschaftlich Arbeitenden: 17.

Veröffentlichungen: R. O. HERZOG, Zur Erkenntnis der Cellulosefaser. Ber. d. dtsh. chem. Ges. **58**, 1254 bis 1262; Fortschritte in der Erkenntnis der Faserstoffe.

Zeitschr. f. angew. Chem. **39**, 297–302; The Nature of the Structure of Cellulose and its Significance in Chemical Transformations. Journ. physical chem. **30**, 457–469; Zur Viscosereifung. Papierfabrikant **24**, Sonderheft, S. 94–97. — G. LASKI und S. TOLKSDORF, Eine einfache Absorptionsmethode in Ultrarot. Naturwissenschaften **14**, 488. — R. O. HERZOG, Bemerkung zu der Mitteilung von E. OTT: Röntgenometrische Untersuchungen an hochpolymeren organischen Substanzen zum Zwecke einer Abgrenzung des Molekulargewichtes derselben. Physikal. Zeitschr. **27**, 378–379. — R. O. HERZOG und H. W. GONELL, Über Kollagen. Collegium 1926, S. 189. — R. O. HERZOG und D. KRÜGER, Über die Dispergierbarkeit organischer Kolloide, Naturwissenschaften **14**, 599. — R. O. HERZOG und G. LASKI, Die ultraroten Absorptionsspektren der Cellulose im Gebiet der Fluoriddispersion. Zeitschr. f. physikal. Chem. **121**, 136–142. — R. O. HERZOG, X-ray Investigations on Cellulose. Paper Trade Journ. **83**, 52–55; Fortschritte in der Erkenntnis der Faserstoffe. Papierfabrikant **24**, 137–142. — R. O. HERZOG und H. W. GONELL, Zur Kenntnis der Seidenbeschwerung. Zeitschr. f. angew. Chem. **39**, 380–381. — R. O. HERZOG, Röntgenspektrographischer Vergleich von Lichenin und Cellulose. Zeitschr. f. physiol. Chem. **152**, 119–124. — H. W. GONELL, Röntgenographische Studien in Chitin. Zeitschr. f. physiol. Chem. **152**, 18–30. — R. O. HERZOG, Über die Streifigkeit von Geweben, Gewirken usw. aus Kunstseide. Mellands Textilber. **7**, 43; Die Kunstseideindustrie. Mellands Textilber. **7**, 21–22. — A. HILLMER, Über die Löslichkeit von Lignin in Phenolen. Cellulosechemie **6**, 169. 1925. — R. O. HERZOG, X-ray Investigations on Cellulose. Pulp and Paper, Juni 1926, S. 649; The Cellulose Symposium. Pulp and Paper, Juni 1925, S. 665; Anwendung der Röntgenspektrographie für die Untersuchung kolloider Systeme. Kolloid-Zeitschr. **37**, 355–358; Fortschritte in der Erforschung der Faserstoffe. Umschau **29**, 1030–1033; Bemerkung zu: Reifung der Viscose unter besonderer Berücksichtigung der kolloidchemischen Veränderung, von RUD. BERNHARDT. Kunstseide **7**, 261–282. — R. O. HERZOG und D. KRÜGER, Depolymerisation oder Dispergierung der Cellulose? Naturwissenschaften **13**, 1040–1042. — R. O. HERZOG, Zur Erkenntnis der Vorgänge bei der Gewinnung von Kunstfasern nach dem Viscoseverfahren. Papierfabrikant **23**, Sonderheft, S. 115–117. — R. O. HERZOG und K. WEISSENBURG, Das Molekül im Krystall. Kolloid-Zeitschr. **37**, 23–24. — D. KRÜGER, Über die Teilchengröße von Holzcellulose. Papierfabrikant **23**, 767. 1925. — R. O. HERZOG, Über die Quellung der Cellulose. Kolloid-Zeitschr. **39**, 98–107; Methodische Untersuchungen an Viscoselösungen. Kolloid-Zeitschr. **39**, 252–262. — W. GORDON, Zur Theorie der Kontraktion der Mercerisation. Kolloid-Zeitschr. **39**, 107–110. — R. O. HERZOG, Der kristalline Aufbau von Acetyl- und Nitrocellulose. Helvetica chim. acta **1**, Mai 1926. — R. O. HERZOG und D. KRÜGER, Diffusionsversuche an Lösungen von Cellulose in Kupferaminlösung. Kolloid-Zeitschr. **39**, 250–262. — M. v. LAUE und H. MARK, Die Zerstreuung inhomogener Röntgenstrahlen an mikrokristallinen Körpern. Akademieberichte 1926. — W. BASCHE und H. MARK, Struktur der Verbindungen vom Typus MeXO_2 . Zeitschr. f. Kristallogr. 1926. — H. MARK und W. STEINBACH, Struktur und Doppelbrechung des Hg_2Cl_2 . Zeitschr. f. Kristallogr. 1926. — E. A. HAUSER und H. MARK, Über die Struktur gedehnter Kautschukproben. 2. Mitteilung. Kolloidchem. Beih. 1926. — W. EHRENBURG und H. MARK, Anomale Dispersion von Röntgenstrahlen. Zeitschr. f. Physik 1926; Natürliche

Breite der Röntgenemissionslinien. Zeitschr. f. Physik 1926. — H. KALLMANN und H. MARK, Eigenschaften der Comptonstrahlung. Zeitschr. f. Physik 1926. — H. MARK und E. POHLAND, Gitter des CO_2 . Zeitschr. f. Kristallogr. 1926.

Im Druck befindliche Arbeit: R. O. HERZOG und W. JANCKE, Über Kollagen II. Ber. d. dtsh. chem. Ges.

Kaiser Wilhelm-Institut für Lederforschung, Dresden.

Direktor: MAX BERGMANN.

Gesamtzahl der wissenschaftlich Arbeitenden: 15.

Veröffentlichungen: M. BERGMANN, Über den hochmolekularen Zustand von Kohlenhydraten und Proteinen und seine Synthese. Zeitschr. f. angew. Chem. **38**, 1141. 1925. — M. BERGMANN und F. STATHER, Umlagerungen peptidähnlicher Stoffe. 7. Mitteilung. Umwandlung eines cystinhaltigen Diketopiperazins. Zeitschr. f. physiol. Chem. **152**, 189. 1926. — M. BERGMANN und L. ZERVAS, Über die Aldehydverbindungen der Aminosäuren und ihre präparative Verwendung. Zeitschr. f. physiol. Chem. **152**, 282. 1926; Collegium 1926, Nr. 675, S. 294. — M. BERGMANN und F. STERN, Über Dehydrierung von Aminosäuren. Liebigs Ann. d. Chem. **448**, 20. 1926. — M. BERGMANN und F. STATHER, Über isomere Dioxopiperazine: Iso-3-methylen-6-isobutyl-2,5-dioxopiperazin. Liebigs Ann. d. Chem. **448**, 32. 1926. — M. BERGMANN und H. ENSSLIN, Über isomere Dioxopiperazine Allo-3-methylen-2,5-dioxopiperazin und Allo-3-methylen-6-methyl-2,5-dioxopiperazin. Liebigs Ann. d. Chem. **448**, 38. 1926. — M. BERGMANN, Über den hochmolekularen Zustand der Proteine und die Synthese proteinähnlicher Piperazin-Abkömmlinge. Naturwissenschaften **13**, 1045. 1925; Collegium 1925, Nr. 667, S. 555. — M. BERGMANN und M. GERTH, Über isomere Alkylverbindungen des Cyclohexanol-(2)-on-(1). Liebigs Ann. d. Chem. **448**, 48. 1926. — M. BERGMANN und E. KNEHE, Über ein assoziierendes Hexosan. Liebigs Ann. d. Chem. **448**, 76. 1926. — M. BERGMANN und F. STATHER, Studien zum Äscher-vorgang: Über die Veränderung von Keratinen durch Alkalien. Collegium 1926, Nr. 674, S. 249.

Im Druck befindliche Arbeiten: M. BERGMANN, E. KANN und A. MIEKELEY, Über Dehydrierung des Asparagins und seine Verwindung in Brenztraubensäure. Liebigs Ann. d. Chem. — M. BERGMANN und H. KÖSTER, Über Arginin und seine Umwindung in Ornithin. Zeitschr. f. physiol. Chem. — M. BERGMANN, F. STERN und CH. WITTE, Über neue Verfahren der Synthese von Dipeptiden und Dipeptid-Anhydriden. Liebigs Ann. d. Chem. — M. BERGMANN und E. KNEHE, Über die individuelle Atomgruppe des Insulins. Liebigs Ann. d. Chem. — M. BERGMANN, A. MIEKELEY und E. KANN, Über verschiedene Typen von Aminosäureanhydriden und ihr Verhalten gegen Gerbstoffe und Farbstoffe. Biochem. Zeitschr. — M. BERGMANN, Allgemeine Strukturchemie der komplexen Kohlenhydrate und der Proteine. Vortrag auf Einladung der Deutschen Chemischen Gesellschaft gehalten auf der Versammlung der Deutschen Naturforscher und Ärzte, Düsseldorf. (Erscheint in den Ber. d. dtsh. chem. Ges.)

Es ist beabsichtigt, die in verschiedenen Zeitschriften verstreuten Instituts-Veröffentlichungen der beiden letzten Berichtsjahre in einem Sammelband zusammenzufassen, welcher den an den Arbeiten des Instituts interessierten Kreisen zugänglich gemacht werden soll.

Im Gang befindliche Untersuchungen: Über den Aufbau der Eiweißstoffe und anderer hochmolekularer Naturstoffe. — Über die Veränderung, welche die

Hautsubstanz und die Haarsubstanz unter der Einwirkung verschiedener Chemikalien erleidet. — Technologische Arbeiten.

Kaiser Wilhelm-Institut für Silikatforschung, Berlin-Dahlem.

Direktor: WILHELM EITEL.

Wissenschaftliche Mitglieder: FRANZ WEIDERT, HERMANN MARK.

Gesamtzahl der wissenschaftlich Arbeitenden: 13.

Veröffentlichungen: Über die Arbeiten des Instituts liegen bereits einige Publikationen fertig abgeschlossen vor; eine Reihe vorläufiger Mitteilungen schließen sich dem an, auch eine Veröffentlichung über das Pyrosol-Phänomen in Schlacken, Salzschnmelzen, Mineralien usw. (gemeinsam von R. LORENZ und W. EITEL in Buchform erschienen, Leipzig: Akademische Verlagshandlung 1926).

Im Gang befindliche Untersuchungen: 1. Untersuchung der Krystallstruktur des Disthens, Andalusits und Sillimanits. 2. Im Zusammenhang damit thermische Versuche bei sehr hohen Temperaturen, welche die Schmelzgleichgewichte im Tonerde reichen Teil des Systems $\text{SiO}_2\text{--Al}_2\text{O}_3$ betreffen. 3. Untersuchungen über Carbonatsysteme mit Doppelsalzen vom Typus des Dolomits. 4. Arbeiten betr. Verhalten der Pyrosole und Silikatschnmelzen mit kolloidalen Einlagerungen bei hohen Temperaturen. 5. Erforschung einiger für die Probleme der Konstitution der Gläser grundlegend wichtiger Silikatsysteme.

Kaiser Wilhelm-Institut für Physik, Berlin.

Direktor: ALBERT EINSTEIN.

Stellvertretender Direktor: MAX v. LAUE.

Das Institut unterstützt aus seinen Fonds die physikalisch-wissenschaftliche Arbeit in allen Teilen des deutschen Sprachgebietes. Aus seinem Personaletat verleiht es eine Reihe Stipendien an junge Forscher, um diesen rein wissenschaftliche Arbeiten zu ermöglichen. Es sind im Berichtsjahre solche Stipendien verliehen worden auf Antrag von BORN, Göttingen, FÜCHTBAUER, Rostock, MIE, Freiburg und SCHAEFER, Marburg. Aus seinem Sachetat beschafft es physikalische Apparate, welche auf Antrag an einzelne Forscher ausgeliehen werden, aber stets Eigentum des Kaiser Wilhelm-Instituts bleiben.

Arbeiten, welche aus den Mitteln des Kaiser Wilhelm-Instituts für Physik unterstützt worden sind: M. BORN und BOLLNOW, Zur Gittertheorie des Rutils. *Naturwissenschaften* 1925, H. 25. — M. BORN und P. JORDAN, Zur Quantentheorie periodischer Vorgänge. *Zeitschr. f. Physik* 33, 7. 1925; Zur Quantenmechanik. *Zeitschr. f. Physik* 34, 11/12. 1925. — O. F. BOLLNOW, Zur Gittertheorie der Krystalle des Titanoxys, Rutil und Anatas. *Zeitschr. f. Physik* 33, 10/11. 1925. — FRITZ EBERT, Die Anomalien der Pulveraufnahmen nach der Debye-Scherrer-Methode und die experimentelle Prüfung der Strukturvorschläge für Graphit. Dissertation Greifswald 1925. — ULRICH GERHARDT, Eine Anwendung der Methode des Michelsonschen Sterninterferometers auf die Messung kleiner Teilchen. Dissertation Berlin 1925. — G. HOFFMANN, Über den Streueffekt der γ -Strahlen im Wasser und den Ursprung der durchdringenden Strahlung im Meeresniveau. *Physikal. Zeitschr.* 27, 291–297. 1926; Über den Comptoneffekt bei γ -Strahlen. *Zeitschr. f. Physik* 36, H. 4. 1926; Registrierbeobachtungen der Höhenstrahlung im Meeresniveau. *Ann. d. Physik* 80, Nr. 16. 1926. — OTTO KLEMPERER, Über Geschwindigkeitsverluste von Kathodenstrahlen in Metallfolien. *Zeitschr. f. Physik* 34, H. 5/7. 1925. — RICHARD KONRAD, Über die Streuungsabsorption von Wasserstoffkanalstrahlen beim Durchgang durch Wasserstoff und Helium. *Zeitschr. f. Physik* 35, H. 2. 1925. — FRITZ KIRCHNER, Über die Leuchtdauer der Röntgenstrahlen. *Ann. d. Physik* 78, 4. 1925; Bemerkung zur Arbeit von G. HAGEN über den Comptoneffekt. *Ann. d. Physik* 78, 4. 1925. — A. KNIPEKAMP, Über die Anwendbarkeit von Entladungsröhren mit Edelgasfüllung als Photometer. Dissertation Berlin 1926. — FRITZ KIRCHNER, Über den Comptoneffekt und lichtelektrischen Effekt an polarisierten Röntgenstrahlen. *Physikal. Zeitschr.* 27, 385–388. 1926. — ERICH NIES, Über den Einfluß tiefer Temperaturen auf die Reflexion von Röntgenstrahlen an Kalkspat. Dissertation Berlin 1925. — A. REIMANN, Über die Photolumineszenz des Benzols und einiger Derivate in verschiedenen Aggregat- und Lösungszuständen. Dissertation Berlin 1926. — G. C. SCHMIDT, Über Ionenstrahlung. *Ann. d. Physik* 80, 14. 1926. — JOH. THIELE, Thermostrome bei Elektrolyten. *Physikal. Zeitschr.* 1925, S. 321–329. — STEUBING, Neue Untersuchungen im elektrischen Feld. *Physikal. Zeitschr.* 26, 915. 1925. — ERNST WAGNER, Versuche über Polarisation von spektral zerlegter Brunsstrahlung. *Ann. d. Physik* Januar 1926.

Kaiser Wilhelm-Institut für Strömungsforschung, verbunden mit der Aerodynamischen Versuchsanstalt, Göttingen.

Direktor: LUDWIG PRANDTL.

Stellvertretender Direktor und wissenschaftliches Mitglied: ALBERT BETZ.

Gesamtzahl der wissenschaftlich Arbeitenden: 20.

Die wichtigsten **Veröffentlichungen** in Zeitschriften usw.: PRANDTL und TIETJENS, Kinematographische Strömungsbilder. *Naturwissenschaften* 1925, S. 1050. — PRANDTL, Erste Erfahrungen mit dem rotierenden Laboratorium. *Naturwissenschaften* 1926, S. 425; Bericht über neuere Turbulenzforschung. In „Hydraulische Probleme“. Berlin: V.D.I.-Verlag 1926. — BETZ, Über die Vorgänge an den Schaufelenden von Kaplan turbinen. In „Hydraulische Probleme“. Berlin: V.D.I.-Verlag 1926; Windenergie und ihre Ausnutzung durch Windmühlen. Verlag Vandenhoeck & Ruprecht; Mechanik flüssiger und luftförmiger Körper. „Hütte“, des Ingenieurs Taschenbuch, 25. Aufl., 1925, S. 332. — ACKERET, Grenzschichtabsaugung. *Zeitschr. d. Ver. dtsh. Ing.* 1926, S. 1153. — SCHRENK, Versuche an einer Kugel mit Grenzschichtabsaugung. *Zeitschr. f. Feinmech.* 1926, S. 366. — TIETJENS, Kinematographische Strömungsaufnahmen von rotierenden und nichtrotierenden Zylindern. *Jahrb. d. WGL.* 1925. Beiheft 3 d. *Zeitschr. f. Feinmech.* 1925, S. 100. — NIKURADSE, Untersuchung über die Geschwindigkeitsverteilung in turbulenten Strömungen. Göttinger Dissertation 1923; Forschungsarb. d. Ver. dtsh. Ing. 1926, H. 281. — BLENK, Der Eindecker als tragende Wirbelfläche. Göttinger Dissertation 1923; Auszug in *Zeitschr. f. angew. Mathem. u. Mech.* 1925, S. 36. — DÖNCH, Divergente und konvergente turbulente Strömungen mit kleinen Öffnungswinkeln. Göttinger Dissertation 1925; Forschungsarb. d. Ver. dtsh. Ing. 1926, H. 282.

Von den eigenen Veröffentlichungen des Instituts ist Heft 4 der „Vorläufigen Mitteilungen“ erschienen mit 2 Beiträgen: ACKERET, BETZ und SCHRENK, Versuche an einem Flügel mit Grenzschichtabsaugung. — SCHRENK, Oberflächenrauigkeit auf Tragflügeln. — Von den „Ergebnissen der Aerodynamischen Versuchsanstalt“ ist die ziemlich umfangreiche III. Lieferung mit zahlreichen Einzelbeiträgen zur Zeit in Druck.

In *Vorbereitung* befindliche Darstellungen: PRANDTL, Gleichgewicht und strömende Bewegung der Flüssigkeiten und Gase; für das Physik-Lehrbuch von MÜLLER-POUILLET. — BETZ, Tragflügel und hydraulische Maschinen; für das Handbuch der Physik. — ACKERET, Gasdynamik für das Handbuch der Physik. — Ferner Abhandlungen von TOLLMÉN, Berechnung turbulenter Ausbreitungsvorgänge (erscheint in Zeitschrift f. angew. Mathem. u. Mech.); FLACHSBART, Neuere Untersuchungen über den Widerstand von Kugeln; Profilwiderstandsmessungen nach der BETZschen Impulsmethode. — SEIFERTH, Untersuchung eines Windradflugzeuges; Untersuchung eines Savonius-Rotors. — SCHRENK, Absaugeversuche mit dicken Strebenprofilen; Systematische Versuche mit Joukowsky-Profilen. Sämtlich für die Zeitschr. f. Flugtechnik u. Motorluftschiffahrt vorgesehen.

Im Gang befindliche Untersuchungen: 1. Abteilung für Strömungsforschung: Versuche über Kavitation, über die Strömung an rotierenden Zylindern, über die Entstehung der Turbulenz in Röhren, über die turbulente Geschwindigkeitsverteilung in Kanälen von nicht kreisförmigem Querschnitt, Messungen der Geschwindigkeitsverteilung und des Druckabfalls in Kanälen mit rauhen Wänden, Untersuchungen mit Überschallgeschwindigkeitsströmungen. 2. Aerodynamische Versuchsanstalt (neben den laufenden Versuchen für die Industrie): Studien über die Zusammenwirkung von Propellern mit den Tragflügeln und dem Rumpf des Flugzeugs; Grenzschichtmessungen an Flügeln und ähnlichen Objekten; Versuche über die Ausbreitung des Windschattens hinter irgendwelchen Objekten; Fortsetzung der Versuche über Grenzschichtabsaugung; Studium der Strömung in gekrümmten Kanälen; Winddruckmessungen an Gebäudemodellen.

Kaiser Wilhelm-Institut für deutsche Geschichte, Berlin.

Direktor: PAUL KEHR.

Gesamtzahl der wissenschaftlich Arbeitenden: 10.

Arbeiten: a) Germania sacra. Unter ständiger Mitarbeit von Dr. WENTZ, Brandenburg, Dr. DIESTELKAMP, Magdeburg, Dr. MEINERT, Speier, und mit Beihilfe der D.Dr. SCHMIDT und OHNESORGE. — b) Korrespondenz Kaiser Karls V. Unter ständiger Mitarbeit von Dr. WALSER. — c) Kaiser Wilhelm-Briefe. Unter ständiger Mitarbeit von Dr. SCHULTZE, Dr. GRANIER und Dr. SCHUSTER.

Druckfertig ist Band III der Kaiser Wilhelm-Briefe (Schweriner Briefe) von Staatsarchivrat Dr. JOH. SCHULTZE; zum Druck vorbereitet der I. Band der Germania sacra (Mark Brandenburg).

Institut für ausländisches öffentliches Recht und Völkerrecht, Berlin, mit Zweigstelle Trier.

Direktor: VIKTOR BRUNS.

Wissenschaftliche Berater: HEINRICH TRIEPEL, RUDOLF SMEND.

Wissenschaftliche Mitglieder: LUDWIG KAAS, Leiter der Zweigstelle Trier; FRIEDRICH GLUM.

Gesamtzahl der wissenschaftlich Arbeitenden: 18.

Veröffentlichungen: FR. SCHILLER, Der Eintritt des Deutschen Reiches in den Völkerbund als Rechtsfrage. Arch. d. öffentl. Rechts, n. F. 11, S. 41—70.

Institut für ausländisches und internationales Privatrecht, Berlin.

Direktor: ERNST RABEL.

Wissenschaftliche Berater: ERNST HEYMANN, HEINRICH TITZE, MARTIN WOLFF.

Gesamtzahl der wissenschaftlich Arbeitenden: 6.

In *Bearbeitung* befindet sich eine Darstellung der

Gesetzgebung und Rechtsprechung in Mittel-, Süd- und Westeuropa.

Hydrobiologische Anstalt der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft, Plön (Holstein).

Leiter: AUGUST THIENEMANN.

Gesamtzahl der ständig wissenschaftlich Arbeitenden: 4; vorübergehend an der Anstalt tätig: 10.

Veröffentlichungen: A. THIENEMANN, Die Binnengewässer Mitteleuropas. Bd. I der Sammlung: Die Binnengewässer. Stuttgart: E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung 1926; Limnologie. Eine Einführung in die biologischen Probleme der Süßwasserforschung. Jedermanns Bücherei. Breslau: Ferdinand Hirth 1926; Das Leben der Binnengewässer. Eine methodologische Übersicht und ein Programm. Abderhaldens Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden IX, 2, S. 653—680; Ein empfindlicher Indicator für Veränderungen im Chemismus der Binnengewässer. Naturwissenschaften 13, 868—869; „Pfisters Mühle.“ Ein Kapitel aus der Geschichte der biologischen Wasseranalyse. Verhandl. naturhist. Ver. preuß. Rheinlande u. Westfalens 82, S. 315—329; Wilhelm Raabe und die Abwasserbiologie. Mitt. d. Ges. d. Freunde Wilhelm Raabes 1925, Nr. 4, Sep. S. 1—8; Zwei tiergeographische Probleme aus unserer Bach- und Quellauna. Mikrokosmos 19, 126—131; Holopedium gibberum in Holstein. Zeitschr. f. wiss. Biol., Abt. A: Zeitschr. f. Morphol. u. Ökol. d. Tiere 5, 755—776; Insekten aus norddeutschen Quellen mit besonderer Berücksichtigung der Dipteren. Dtsch. Entomolog. Zeitschr. 1926, S. 1—50; Die Bedeutung des Laacher Sees für die Tierkunde und Seenkunde. „Aus Natur und Heimat“ 1, 42—49; Führt die Tierwelt wirklich einen Vertilgungskrieg gegen die Pflanzenwelt? Der Naturforscher 3, 225—228; Hydrobiologische Untersuchungen an den kalten Quellen und Bächen der Halbinsel Jasmund auf Rügen. Arch. f. Hydrobiol. 17, 221—336; Der Nahrungskreislauf im Wasser. Verhandl. d. dtsch. zool. Ges. 1926, S. 29—79. — FR. LENZ, Im Kaukasus und in der Kirgisiensteppe. Verhandl. d. Int. Ver. Limnol. 3, 47—53. — J. LUNDBECK, Die Bodentierwelt norddeutscher Seen. Arch. f. Hydrobiol. Suppl.-Bd. 3; Ergebnisse der quantitativen Untersuchungen der Bodentierwelt norddeutscher Seen. Zeitschr. f. Fischerei 24, 1; Die Bedeutung der Bodentiere für die Fischerei. Mitt. d. Fischereiver. f. d. Prov. Brandenburg 18, 3. — E. WASMUND, Biocoenose und Thanatocoenose. Biosoziologische Studie über Lebensgemeinschaften und Totengesellschaften. Arch. f. Hydrobiol. 17, 1—116. — G. PETERSEN, Hydrogeologische Studien auf Jasmund (Rügen). Arch. f. Hydrobiol. 16, 361—398. — J. HAUER, Drei neue Lepadellaarten aus den Kiemenhöhlen des Flußkrebsses. Arch. f. Hydrobiol. 16, 459—464. — W. KLIE, Entomostriken aus Quellen. Arch. f. Hydrobiol. 16, 243—301.

Im Druck befindliche Arbeiten: A. THIENEMANN u. a., Das Salzwasser von Oldesloe. II. Teil. Mitt. d. Geogr. Ges. u. Nat.-Mus. Lübeck. — FR. LENZ, Chironomiden aus dem Balatonsee. Archivum Balaticum L. Bd.; Limnologische Laboratorien. Abderhaldens Handbuch d. biologischen Arbeitsmethoden IX, 2; Salzwasser-Chironomus. Mitt. d. Geogr. Ges. u. Nat.-Mus. Lübeck; Stratiomyidenlarven aus dem Salzwasser. Mitt. d. Geogr. Ges. u. Nat.-Mus. Lübeck; Die Chironomiden-Metamorphose in ihrer Bedeutung für die Systematik. Verhandl. d. 1. Wandervers. dtsch. Entomol. zu Halle; Die Larve der Mycetophilide Gnoriste apicalis Mg. als Quellbewohner. Verhandl. d. 1. Wandervers. dtsch. Entomol. zu Halle.

Noch nicht abgeschlossene Untersuchungen: Die

Verbreitung der glazial-marinen Reliktenkrebse in Norddeutschland. — Die Litoralfauna norddeutscher Seen, insbesondere kalkarmer Seen. Limnologie holsteinischer Strandseen. Die Chironomidenfauna der norddeutschen Seen. Die Entomotraken der norddeutschen Seen. Chironomiden-Metamorphosen.

In der limno-chemischen Abteilung sind zunächst folgende Fragen in Angriff genommen: 1. Allgemeine Übersicht über Menge und Verteilung der nur spurenweise im Wasser enthaltenen Nährstoffe. 2. Trifft es auch für die baltischen Seen zu, daß — wie für die Schweizer Seen behauptet — die Nitrate in den obersten Wasserschichten zeitweise völlig vom Phytoplankton aufgezehrt werden? 3. Welche Einflüsse bedingen das Abbrechen von Phytoplankton-, insbesondere Diatomeen-Wucherungen? Prüfung der voneinander abweichenden Auffassungen der einzelnen Forscher. 4. Besteht die mehrfach vertretene Ansicht zu Recht, daß die Verschiedenheit der Phytoplanktonquantität in den einzelnen Seen durch den größeren oder geringeren Gehalt des Seewassers an Stickstoff- und Phosphorsäureverbindungen bedingt wird?

Biologische Station in Lunz (Niederösterreich) (Kupelwiesersche Stiftung).

Leiter: FRANZ RUTTNER.

Besuch durch auswärtige Gäste: Es waren 51 Personen durch zusammen 168 Wochen an der Station wissenschaftlich tätig, darunter 27 Teilnehmer eines dreiwöchentlichen, als Kolleg der Wiener Universität abgehaltenen hydrobiologischen Kurses.

Veröffentlichungen: BREHM und RUTTNER, Die Biocönos der Lunzer Gewässer. Internat. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr. 1926. — F. RUTTNER, Über den Gaswechsel unter den Lichtbedingungen größerer Seetiefen. Planta 1926; Bemerkungen über den Sauerstoffgehalt der Gewässer und dessen respiratorischen Wert. Naturwissenschaften 1926. — L. GEITLER, Über Chromatophoren und Pyrenoide bei Peridineen. Arch. f. Protistenkunde 1926; Zwei neue Chrysophyceen und eine neue Syncyanose aus dem Lunzer Untersee. Arch. f. Protistenkunde 1926. — F. STEINECKE, Die Zweischaligkeit im Membranbau der Zygmenalen und ihre Bedeutung für die Phylogenie der Conjugaten. Arch. f. Botanik 1926; Die Gipskristalle der Closterien als Statolithen. Arch. f. Botanik 1926; Algologische Notizen. Arch. f. Botanik 1926. — O. STORCH, Über den Fangapparat eines Ostracoden. Verhandl. d. dtsh. zool. Ges. 1926.

Begonnene oder fortgeführte Untersuchungen: GAMS, Wasserburg, Aufnahme der Vegetationskarte und pollenanalytische Studien. — GEITLER, Wien, Fortpflanzung der Diatomeen. — KRAWANY, St. Pölten, Die Trichopterenfauna des Gebietes. — STEINECKE, Königsberg, Mikroflora der Moore. — ZIH, Debrecen, Bakteriologische Untersuchungen des Wassers der Seen. — v. PORTHEIM, Wien, Insulinnachweis in submersen Gewächsen. — STORCH, Wien, Nahrungsaufnahme der Kopepoden-Nauplien. — WALTER, Heidelberg, Bestimmung der Verdunstungsgröße. — RUTTNER, Lunz, Versuche über die Assimilation der Bicarbonatkohlensäure durch submerse Gewächse.

Vogelwarte Rossitten, Rossitten (Kurische Nehrung).

Leiter: JOHANNES THIENEMANN.

Veröffentlichungen: Bericht über den Vogel-

beringungsversuch in den Jahren 1923 und 1924. Journ. f. Ornithologie 74, 60ff. 1926.

In *Bearbeitung* befindet sich ein Buch des Leiters der Anstalt über seine 25jährige Tätigkeit auf der Vogelwarte Rossitten. Ausgeführt sind Versuche über den Orientierungssinn der Zugvögel, über Erwachen und Erlöschen des Zugtriebes sowie über die Schnelligkeit des Vogelzuges.

Deutsches Entomologisches Museum der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft, Berlin-Dahlem.

Leiter: WALTHER HORN.

Ausländische Gäste: 3.

Veröffentlichungen: HORN, On four new Cicindela of the neotropical region. Revista Chilena de Historia Natural 1925; Über 16 alte und neue Cicindeliden der Welt. Entomol. Blätter 1925; Two new Cicindelinae from Ceylon. The Entomologist's Record 1925; Coleopterorum Catalogus: Carabidae: Cicindelinae. 1926; Über die Genese von Cicindela hybrida- und campestris-Formen sowie die Cicindeliden-Fauna von Uganda und den „Vacarias“ von Matto Grosso. Entomolog. Mitt. 1926; Über den Verbleib der entomologischen Sammlungen der Welt (ein Beitrag zur Geschichte der Entomologie). Supplementa Entomologica 1926; Über die Notlage der systematischen Entomologie, mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in Deutschland, und Reformvorschläge. 3. Internationaler Entomologen-Kongreß, Zürich 1925. 1926; Über die Geschichte der ältesten Entomologie und den Einfluß des Christentums in seinen ersten Jahrhunderten. 3. Internationaler Entomologen-Kongreß, Zürich 1925. 1926. — J. J. KIEFFER, Neue Chironomiden aus dem Deutschen Entomologischen Institut zu Berlin-Dahlem. Entomolog. Mitt. 1926. — NAVAS, B. P. LONGINOS, Trichoptera, Megaloptera und Neuroptera aus dem Deutschen Entomologischen Institut zu Berlin-Dahlem. — M. PIC, H. SAUTERS Formosa-Ausbeute: Mordellidae, Lycidae, Cantharidae. — SCHMITZ, H. SAUTERS Formosa-Ausbeute: Phoridae.

Die erste bibliographische Aufgabe, welche sich das Museum gestellt hat, ist eine völlige Neubearbeitung der klassischen „Bibliotheca Entomologica“ von HAGEN.

Die meteorologischen Observatorien auf dem Sonnblick (3106 m) bei Gastein und dem Obir (2140 m) bei Klagenfurt.

Leiter: ARTUR WAGNER.

Die meteorologischen Beobachtungen auf beiden Observatorien wurden im Ausmaße einer meteorologischen Station erster Ordnung ohne Unterbrechung weitergeführt; die Aufzeichnungen werden an der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien bearbeitet und in deren Jahrbüchern veröffentlicht.

Am Sonnblick hielt sich diesen Sommer durch 4 Wochen Herr Dr. F. ALBRECHT aus Potsdam auf, um sowohl Strahlungsmessungen als auch Untersuchungen über Wassergehalt und Tropfengröße in Wolken anzustellen; die Ergebnisse sollen demnächst publiziert werden.

In der Umgebung des Sonnblicks wurden drei Totalisatoren, und zwar in der Seehöhe von rund 2000, 2500 und 3000 m aufgestellt, mit welchen die Abhängigkeit der Niederschlagsmenge von der Seehöhe bestimmt werden soll.

Emil Kraepelin †.

Von JOHANNES LANGE, München.

Am 7. Oktober 1926 starb in seinem einundsiebzigsten Lebensjahre EMIL KRAEPELIN, der Schöpfer der modernen Psychiatrie, an den Folgen einer lange zurückreichenden Coronarsklerose, deren Mahnungen er nie anerkannt hatte. Er wurde mitten aus einem Planen und Schaffen herausgerissen, wie es in diesem Alter nahezu ohne Beispiel ist. Unmittelbar vor seinem Tode hatte er die grundlegende Umarbeitung eines großen Teiles seines Lehrbuches beendet; im Wirken für seine eigenste Schöpfung, die Deutsche Forschungsanstalt für Psychiatrie (Kaiser-Wilhelm-Institut), hatte er gerade im letzten Jahre seines Lebens Außerordentliches zustande gebracht; am Ende seines Todesmonats gedachte er eine in allen Einzelheiten aufs peinlichste vorbereitete, dem Studium der vergleichenden Psychiatrie und der Paralyse bestimmte Forschungsreise nach Indien und Ceylon anzutreten; er war voll von neuen wissenschaftlichen und organisatorischen Plänen: kurz, sein Tod bedeutet schon rein wissenschaftlich einen Verlust an allergrößten Zukunftswerten, nicht bloß, wie es gemeinhin in seinem Alter zu sein pflegt, den Hingang einer Persönlichkeit, deren Bedeutung in einem abgeschlossenen Werke liegt.

Daß KRAEPELIN gewesen ist, dafür legt die Entwicklung der Psychiatrie als Wissenschaft in der ganzen Welt lebendiges Zeugnis ab, und, bei aller Skepsis hinsichtlich der bleibenden Bedeutung eines Einzelschaffens, kann man sich nicht wohl vorstellen, daß die wesentlichen Forschungsergebnisse KRAEPELINS einmal vergessen werden sollten. — Seine erste und ihn sein ganzes Leben begleitende Vorliebe gehörte der Botanik. Als Student wurde er dann einer der ersten und eifrigsten Schüler W. WUNDTs, dessen naturwissenschaftlich-psychologische Methoden er späterhin auch auf psychiatrische Fragestellungen übertrug. Eine rein naturwissenschaftliche Betrachtungsweise war es auch, die, von unbestechlicher Beobachtungsgabe und unbeirrbarem Wahrheitsdrang getragen, KRAEPELINS Bedeutung für die Psychiatrie begründete. Vor ihm suchte man die Seelenstörungen nach oberflächlichen psychischen Krankheitserscheinungen einzuteilen, etwa nach der vorwiegenden Stimmung, nach dem Vorhandensein oder Fehlen von Wahnideen, und erhielt so dauernd wechselnde Gruppen, deren Glieder nichts oder wenig miteinander zu tun hatten; jeder hatte sein eigenes Lehrgebäude; ja, vereinzelt glaubte man nur eine Form von Geisteskrankheit annehmen zu sollen, die unter den verschiedensten Bildern verlaufen könne. Die klinische Forschungsweise KRAEPELINS, die, auf KAHLBAUMS wenig beachtete Ansätze

zurückführend, die Gesamtheit der erreichbaren Gegebenheiten jedes Einzelfalles, Ursachen, Krankheitserscheinungen, Verlauf, Ausgang, Leichenbefund, in Rechnung setzte, führte, neben einer Fülle anderer Ertragnisse, zur Aufstellung zweier großer Gruppen im Bereiche der „endogenen“, d. h. ohne sichtbare äußere Ursachen auftretenden Geistesstörungen, des manisch-depressiven Irreseins und der Dementia praecox bzw. Schizophrenie, deren grundsätzlicher Unterschied heute zu den Grundtatsachen psychiatrischen Denkens und Forschens geworden ist.

Wird die Systematik KRAEPELINS als seine Hauptleistung gern vorangestellt, so liegt deren wesentliche Bedeutung doch in der Vertiefung unseres gesamten psychiatrischen Wissens. Symptomatologie wie Ursachenlehre wurden in der gleichen Weise von dieser neuen Systematik befruchtet, die letztlich auch erst die gesamte jüngste Entwicklung, zum Teil unter lebendiger Mitwirkung KRAEPELINS, möglich gemacht hat. Nur dort, wo man von den Tatsachen abirrte und sich Gedankenspielerien überließ, ging er nicht mit. Bis zum Schluß war seine Haltung eine rein naturwissenschaftliche, wie er denn noch in seiner letzten Behandlung der organischen Psychosen allenthalben das voranstellte, was zähl-, meß- und wägbare, was wirklich greifbar und beweisbar war.

Seine und seiner Schüler Arbeiten bahnten den psychiatrischen Hilfswissenschaften, die bis dahin neben der Psychiatrie ihr Dasein geführt hatten, den Weg. KRAEPELIN selbst zog NISSL und ALZHEIMER und späterhin SPIELMEYER, die Begründer und Fortsetzer der Histopathologie des Nervensystems, in seinen Kreis. PLAUT war, als er seine grundlegenden serologischen Arbeiten schuf, sein engster Mitarbeiter und ist es zuletzt mit JAHNEL, bis zum Ende gewesen. RÜDINS genealogische Untersuchungen wurden von ihm von allem Anfang an entscheidend gefördert. Leider nur allzu kurze Zeit wirkte auf BRODMANN im Verein mit den genannten Forschern. Sie alle folgten nicht bloß dem Rufe seiner machtvollen Persönlichkeit, sondern dem großen Gedanken, der die Forschungsanstalt für Psychiatrie ins Leben gerufen hatte als eine Stätte, die reiner Forschung dienen und so zahlreichen Spezialgelehrten als möglich eine sorgenlose und von Vorlesungs- und Verwaltungslasten freie wissenschaftliche Tätigkeit im Dienste der Psychiatrie gewährleisten soll. KRAEPELIN hat diese Anstalt im Kriege als den Erfolg ganz vorwiegend seiner eigenen organisatorischen und Werbetätigkeit, welche eine Anzahl uneigennütziger Gönner gewann, zunächst als reine Stiftungsanstalt

ins Leben gerufen, dann aber, eine Leistung von noch größerer Bedeutung, über Inflation, Zusammenbruch und große Verluste hinweg am Leben und lebensfähig erhalten und schließlich durch den Anschluß an die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und die Gewinnung eines großen Teiles der Baukosten für ein eigenes Heim für die Zukunft gesichert. Nur wer die unendlichen Schwierigkeiten, mit denen KRAEPELIN zu kämpfen hatte, einigermaßen überblickt, kann ermessen, welche ganz ungewöhnliche Leistung damit vollbracht ist.

Es ist hier nicht der Raum, auf weitere Einzelheiten einzugehen. Eine Fülle von Arbeiten psychiatrischen, psychologischen, philosophischen, forensischen, aber auch sozialen und politischen Inhalts sowie ein unermüdlicher Kampf gegen den von ihm auf rein wissenschaftlichem Wege als

unbedingt schädlich erkannten Alkohol kennzeichnen die Bahn, die KRAEPELIN gegangen.

KRAEPELIN war ein ausgezeichnete Lehrer von eindringlicher Sachlichkeit, dessen Vorlesungen zahllose Schüler nicht bloß ihr psychiatrisches Wissen, sondern vor allem wesentliche Grundlagen wissenschaftlichen Denkens, hoher Berufsauffassung und sittlichen Ernstes danken, und aus dessen in der 9. Auflage soeben erscheinenden Lehrbuch sich die ganze Welt belehrt hat.

Dem Banne seiner einfachen, klaren, gewaltigen Persönlichkeit vermochte sich so leicht niemand zu entziehen, der in seinen Bereich kam. Und selbst seine Gegner — sein zielsicheres gerades Denken und Handeln mußte vielfach auf Widerstand stoßen — erkannten neidlos die überragende Bedeutung des Mannes, dessen Freundschaft seine Freunde glücklich machte.

Übersicht über den geologischen Aufbau Afrikas.

Von E. KRENKEL, Leipzig.

I.

Als tiefstes, durch starke Abtragung erschlossenes Stockwerk seines geologischen Baues gibt Afrika das **afrizidische Grundgebirge** zu erkennen.

Das Material der Afriziden¹⁾ besteht aus *archaischen* und *algonkischen Sedimenten*. Zu diesen gesellen sich jedoch *Intrusionen* von so gewaltigem Umfange, daß sie nun auf weiten Strecken neben den zurückstehenden, von ihnen metamorphisierten Schichtreihen als das eigentliche Grundgerüst Afrikas erscheinen. Kaum sieht man im östlichen Afrika, wo Grenzen zwischen diesen breit zu Tiefe ausladenden, ineinander verfließenden Batholithen zu ziehen wären. Wie langgestreckte schmale Inseln aber schwimmen im westlichen Südafrika die kümmerlichen, stark gefalteten Reste der Marydaleschichten — ja vielleicht auch Überbleibsel noch älterer, einem allerfrühesten Grundgebirge angehörender, mehrfach umgewandelter Sedimente — in den Gneisgraniten, ähnlich wie weiter im Osten im Betschuanalande die durch Überschiebungsbau mit dem Gneisgranit verknüpften, gefalteten Streifen der Kraaipanserie.

Trotz tiefer Entblößung uralter Massen sind in Afrika Gesteine nicht gefunden worden, die auf eine Herkunft aus der *Erstarrungskruste* der Erde deuten könnten.

Es wurde versucht, das *Alter* einzelner afrizidischer Gesteine mit physikalischen Methoden zu bestimmen. Wichtige Parallelen zu anderen ältesten Rumpfkernen der Erde zeigten sich. Die Bleimethode — Pb/U in Zirkon — ergab für das Alter gewisser Biotit-Gneise in Mozambique, daß sie den prähuronischen laurentischen Gesteinen Nordamerikas entsprechen, gewisse granulitische

Granite aber im Alter den mittelpräkambrischen Graniten in Indien, Skandinavien und Kanada gleichstehen. Damit steht das präkambrische Alter sehr vieler, tektonisch gleichartig gelagerter Grundgebirgsgesteine nicht nur in Mozambique, sondern auch in Ost- und Südafrika fest.

Die **Auffaltung der Afriziden** umfaßt eine Reihe von großen, durch lange Ruhepausen getrennten Bewegungsperioden. Die Afriziden erscheinen uns zwar heute als *höhere tektonische Einheit*. In ihrem innersten Wesen aber bestehen sie aus Einzelbauten, die in kaum mehr erkennbarer (oder vielleicht erst sehr viel später bei reiferer Forschung entwirrbarer) Weise zu jener verschweißt wurden. Blicke in weit zurückliegende Zeiten tektonischer Umgestaltungen auf der Erde eröffnen sich uns.

Doch scheint es heute bereits möglich zu sein, im *zentralen Ostafrika* innerhalb der gesamten Afriziden **drei Hauptgebirgsbildungen** auszuscheiden, die von besonderer Wichtigkeit sind:

a) Es erlitten die *archaischen* Gesteinsreihen dieses Gebietes ihren frühesten, sicher erkennbaren Aufstau am *Ende des Archäicums*. Diese *Protoafriziden* bildeten ein Gebirge von sehr erheblicher Ausdehnung, das sich, soviel bisher bekannt ist, in keiner Richtung gegen völlig ungefaltete Regionen abgrenzen läßt. Allerdings schalten sich Strecken, so im küstennahen Ost-Afrika, ein, die nur ein geringes Maß der Faltung zu flachen Wellungen zeigen. Ob es sich in solchen Arealen um eine Art von Vorland der afrizidischen Faltung handelt, oder um nur weniger bewegte Zwischenstücke innerhalb der Protoafriziden, mag dahingestellt bleiben.

In die protoafrizidische Gebirgsbildung einbezogene Gesteinsreihen sind z. B. die Usambara- und die Turoka-Serie Ostafrikas, einzelne der verschiedenen, unter sich noch kaum recht vergleichbaren Gruppen des Swazilandsystems Südafrikas.

b) Eine zweite Hauptfaltung folgt im *unteren Algonkium*. Altalgonkische Gesteine liegen über weiten Räumen des östlichen Afrikas diskordant über dem abgetragenen Faltensockel der Protoafriziden.

¹⁾ Die Afriziden umfassen die Gesamtheit der bis gegen das Paläozoicums in Afrika aufgefalteten Regionen.

Diese frühafgonkische Hauptfaltung der Afziden ergrieff Schichtmassen von häufig recht grobklastischen Sedimenten, die aus der Abtragung des älteren Gebirges hervorgingen: Krystalline Quarzite, Quarzitglimmerschiefer der Massai-Serie Ostafrikas treten im Faltungsbilde hervor. In regionaler Trennung sind Gebiete zu erkennen, wo diese altafgonkischen Gesteine noch eine erhebliche Metamorphose erfuhren, und andere, wo kaum eine Veränderung an ihnen festzustellen ist.

Diese *Mesofziden* schmiegen sich entweder der protoafzidenischen Faltung an oder sie haben die Neigung, mit ihren jüngeren Faltenachsen diagonal, ja fast quer das Streichen des älteren Untergrundes zu kreuzen und sich mit ihm zu vergittern. Lange Zonen mit in gewissen Grenzen schwankendem Ostweststreichen zeichnen sie aus. Eine solche große Ostwestzone durchzieht den Norden der Massai-Steppe bis an den Ostrand des Zentralgranites. Eine andere verläuft im Osten und im Süden des Viktoriassees. Die Uluberge in Britisch-Ostafrika gehören hierher. Auch im nördlichen Mozambique ist eine solche Ostwestzone festgestellt.

Eine prachtvolle *Scharung zweier Äste* des mesofzidenischen Gebirges ist im westlichen Südafrika, nahe am Oranje, zwischen den Orten Kheis und Prieska, entblößt. Diese Kheis-Scharung ist später wiederholt tektonisch aufgelebt. In der Beuge beider Äste endet die viel jüngere, durch große Lagerungskomplicationen: Schuppungen, Überschiebungen, ausgezeichnete *Doornbergzone*.

Die mesofzidenischen Ketten sind umfassender zerstört als die protoafzidenischen und nur unter günstigen Umständen erkennbar geblieben, so bei besonders tiefer Einfaltung oder bei Versenkung an Brüchen.

c) Eine *dritte Hauptfaltung* erlebten die Afziden im *oberen Algonkium*. Das obere Algonkium läßt sich in Ostafrika in das *Kinga- und Karagwe-System* teilen. Das Kingasystem verrät in allen seinen Arealen deutlich die neofzidenische Faltung. Auch sie besaß, wie die älteren Faltungen, ein erhebliches Maß an bewegender Kraft. Ihre Faltengebiete schmiegen sich, je nach den regionalen Bedingungen, den vorgeschaffenen Afziden an. Jedoch war ihr Faltungsfeld beschränkter als das der früheren Faltungen.

Den *Neofziden* gehören an in Ostafrika das Gebiet der Kingaschichten im Kingagebirge, das Manjoemagebirge im Westen des Tanganjikasees. Mit ihrer Entstehung war im wesentlichen der Bau der Afziden vollendet.

Schwächere Nachklänge ergriffen in beschränkteren Gebieten einzelne Schichtkomplexe auch des *Karagwesystems*. So haben die Karagweschichten des Zwischenseegebietes westlich des Viktoriassees einen leichten Faltenwurf erfahren.

Über diesen neofzidenisch gefalteten Gesteinen folgen diskordant und fast ungefaltet gleichfalls fossilere Schichtkomplexe, wie die Kundelungu- und Spungaberaschichten Ostafrikas, die Matsap(-Waterberg)-Schichten Südafrikas, die bereits zum tiefen Altpalaeozoicum neigen.

Übersichtlich zusammengefaßt erfuhr das Grundgebirge Ostafrikas folgende Hauptfaltungen:

- a) die *Protoafziden* werden aufgefaltet am Ende des Archäicums,
- b) die *Mesofziden* im Altalgonkium,
- c) die *Neofziden* im Oberalgonkium, und zwar in einer älteren kräftigeren Phase, die das

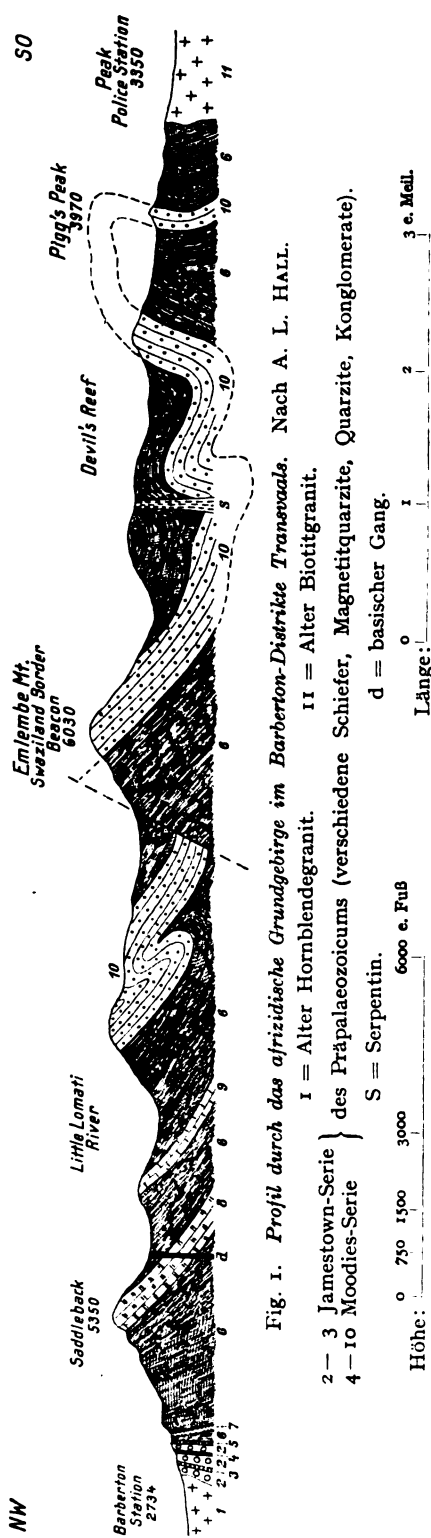


Fig. 1. Profil durch das afzidenische Grundgebirge im Barberton-Districte Transvaal. Nach A. L. HALL.

I = Alter Hornblendegranit.

II = Alter Biotitgranit.

2-3 Jamestown-Serie } des Präpalaeozoicums (verschiedene Schiefer, Magnetitquarzite, Quarzite, Konglomerate).

4-10 Moodies-Serie } des Präpalaeozoicums (verschiedene Schiefer, Magnetitquarzite, Quarzite, Konglomerate).

d = basischer Gang.

S = Serpentin.

Länge: 0 1 2 3 e. Meil.

Kingasystem bewegte, und in einer jüngeren schwächeren, gegen Ende des Algonkiums, der auch das Karagwesystem zum Teil noch unterworfen wurde. Schlußstein der gesamten Afriziden-Faltung ist ihr schwächerer Ausklang im unteren Altpalaeozoicum.

Ob sich die beiden ersten Hauptfaltungen wie die letztere in einzelne Phasen zerlegen werden lassen, deren Bestehen wohl anzunehmen ist, dafür besteht vorläufig wenig Aussicht.

Gern wird das Streichen der Afriziden als *meridional* bezeichnet. Aus dieser meridionalen Richtung wurden sogar weitreichende Schlüsse für den Urgebirgsbau der Erde gezogen. Gewiß ist ein um die Nordsüdrichtung pendelndes Streichen ihrer Falten zu verzeichnen. Aber diese Ausschläge erreichen doch sehr erhebliche Größen. Ja, sehr bedeutsame, die nordsüdlich verlaufenden an Breite bei weitem übertreffende Zonen des Grundgebirges in ONO.-, WNW.- ja in OW.-Richtung stellen sich ein.

Jedenfalls ist *dringend* davor zu warnen, immer nur die Großzügigkeit und Einfachheit des afrizidischen Grundgebirges über ganz Afrika hin zu betonen. Die tatsächlich beobachteten Faltungsrichtungen widersprechen einem schematisch-großzügigen Bau. In präkambrischen Zeiten hat sich ebensogut wie in jüngeren Erdperioden der Faltungsvorgang viel eher lokalisiert, als unendliche Gebiete mit gleichen Streichrichtungen überspannt. Zu betonen ist weiter die geringe Kenntnis großer Strecken des Grundgebirges, so im westlichen Afrika, ferner die Schwierigkeit, selbst in dem ähnlich gebauten Ost- und Südafrika die alten fossilfreien Formationen zu vergleichen und damit auch gleichwertige Faltungsperioden aufzustellen. Daneben ist die Möglichkeit nicht von der Hand zu weisen, daß in dem dem Atlantischen Ozean anliegenden westlichen Afrika präkambrische Formationen auch von jüngeren Faltungen ergriffen worden sind, die vorläufig nicht recht abzusehen sind.

Im großen ganzen scheint in Ost- und Südafrika Übereinstimmung der großen Faltungsperioden zu herrschen, im einzelnen aber doch lokale zeitliche Abweichungen vorhanden zu sein.

Die Faltungen der Afriziden waren begleitet von *gewaltigen Intrusionen vorwiegend saurer Magmen*. So drang z. B. in ihrer Gefolgschaft der Zentralgranit auf, der im Süden des Viktoriassees einen der ausgedehntesten Granitaufbrüche Afrikas einnimmt. Er zerriß und störte den vorgeschaffenen Faltenbau, wurde selbst aber noch von faltenden Einwirkungen betroffen. Das gleiche gilt für den Betschuanagranit Südafrikas.

Im ganzen läßt sich sagen, daß die *zeitliche Folge der Eruptivgesteine* im Bereiche des entstehenden afrizidischen Grundgebirges in engster Verknüpfung steht mit dem Abwandel seiner Werdeakte, z. B. in Ostafrika. Noch in der geosynklinalen Zeit der Protoafriziden drangen dort diabatische Magmen auf; in den Hauptfaltungsphasen bildeten sich gneißige Gesteine; gegen Abschluß jener brachen Granite hervor. Es ist dasselbe große organische Entwicklungsbild, das

sich in den jüngeren Faltengebirgen der Erde wiederholt. Ebenso wie in Ostafrika gestalteten sich die Eruptionsverhältnisse der Protoafriziden im westlichen Südafrika.

Tabelle der afrizidischen Gebirgsbildungen (Versuch).

Westliches Südafrika:	Mittleres Ostafrika:
1. Kräftige Gebirgsbildung am Ende des Archaicums = Protoafriziden.	
Hochmetamorphe Gesteine = Oranjeserie (älteste Teile der „Marydale-Gruppe“)	Hochmetamorphe Gesteine: Usambara-Turokaserie
Intrusion des Betschuana-granits.	Intrusion des Zentralgranits.

Große Einrumpfung.

2. Kräftige Gebirgsbildung im Altagonkium = Meso-afriziden.

Mehr oder weniger metamorphe, zum Teil fast unveränderte Gesteine (Teile der Marydale-Gruppe, Kaai- und Wilgenhoutdriftschichten; Kraaipanformation).	Metamorphe Gesteine der Massaiserie.
Intrusion des Uppington-granits.	„Ulugurugranite“.

Große Einrumpfung.

3. Leichtere Gebirgsbildungen im Oberalgonkium bis ins tiefe Altpalaeozoicum.

Neoafriziden.

a) Ventersdorpphase Diskordanz	a) Kingaphase Diskordanz
b) Transvaalphase Diskordanz	b) Karagwephase Diskordanz
c) Matsapphase Diskordanz	c) Kundelunguphase Diskordanz

Große Einrumpfung.

Karruformation.

4. Faltung der Kapiden (mehrphasig).

II.

Wir verlassen das afrizidische Grundgebirge und werfen einen Blick auf die **Formationen des afrikanischen Algonkiums**.

Im afrikanischen Algonkium sind eine Anzahl von Formationen wohl zu trennen, deren Gesamtmächtigkeit z. B. in Südafrika 15 000 m erreicht. In Südafrika können folgende große Gruppen zum Algonkium gerechnet werden: Das Witwatersrandsystem, das Ventersdorpsystem und das Transvaalsystem. Diese drei sind meist durch wichtige Diskordanzen voneinander getrennt.

Das *Witwatersrandsystem*, im südlichen Transvaal und in Oranje verbreitet, folgt diskordant über einer alten Abtragsfläche des protoafrizidischen Gebirges. Seine tiefere Abteilung ist quarzitisch-schiefzig ausgebildet, die obere dagegen enthält reichlich Sandsteine und Konglomerate. Zu dieser oberen Abteilung gehört die *Main-Bird-Serie* mit den goldhaltigen Konglomeraten am Witwatersrand. Die Mächtigkeit beider Abteilungen mag 8000 m sein. Ein Äquivalent des Witwatersrandsystems in Natal könnte die petrographisch ähnliche *Pongolaserie* sein.

Das *Venterdorpsystem* ist zwar nicht die älteste, aber doch eine der wichtigsten, vorwiegend aus vulkanischen Gesteinen bestehenden Formationen Afrikas. Sie enthüllt uns eine Zeit immer und immer wieder erneuerter vulkanischer Ausbrüche von meist basischen Gesteinen und von sehr ansehnlicher Massenförderung. Sie läßt sich in einem nordostgestreckten Streifen verfolgen, der vom Oranje zwischen Prieska und Upington bis zu den Dwarsbergen in Transvaal zieht. Es ist bemerkenswert, daß aus überwiegenden *Vulkaniten bestehende Formationen* sich in Süd- und Ostafrika unter Verlagerung ihrer Zentren in verschiedenen Erdperioden bis ins Quartär wiederholen.

Das *Transvaalsystem* bedeckt von allen algonkischen Systemen Südafrikas das größte Areal. Es zeigt in seiner Mitte die Kalke und Dolomite des *Campbellrandes*, die während einer weit über das vorbestehende Festland vorgreifenden marinen *Ingression* abgesetzt wurden. In der oberen Transvaalformation, unmittelbar unter den Ongeluk-Laven, wurde ein *Tillit* — verfestigte Moränen einer Eiszeit — gefunden, der auch im kleinen Namalande (Numees-Serie über den Kaigaschichten) in ähnlicher geologischer Lage auftritt.

Eine sehr charakteristische Note erhält das Transvaalsystem durch ein im mittleren Transvaal gelegenes, 280 englische Meilen von Ost nach West langes und 160 M breites Feld intrusiver Gesteine, den *Bushveld-Igneous-Complex*, der vielleicht erst in Post-Waterbergzeit aufgedungen ist. Die intrusive Masse erscheint als Lopolith¹⁾, dessen Fuß gebildet wird von tieferen Gliedern des Transvaalsystems, während sein Dach aus dessen jüngsten Schichten (Rooiberg-Quarziten) besteht. Der Bushveld-Komplex erbaut sich aus verschiedenen Gesteinen, wahrscheinlich Differentiationen ein und desselben Magmas, und zwar aus: Sodagraniten („rotem Granit“) im Zentrum und basischen Gesteinen (Diabas, Norit, Gabbro, Pyroxenit) in den peripheren und tiefen Teilen. In diesen basischen Gesteinen liegen die großen *Platin*-Vorkommen des Potgietersrust-Lydenburg-Distriktes. Kräftige Kontaktmetamorphose zeichnet die umgebenden Gesteine aus. Intrusionen von Nephelinsyenit, so die des Pielsandsberges, waren die Ausklänge der großen vulkanischen Phase.

III.

Das *Palaeozoicum* bringt für Klein- und Niederafrika bis tief in die Sahara, ja den Sudan, vorstoßende *marine Transgressionen des Silur- Devon- und Karbonmeeres*. Das Kambrische Meer dagegen gewann nur den Rand des, seit Beginn des Palaeozoicums nie wieder völlig überfluteten Festlandskernes Syabiens am Toten Meere, und die Küste Westmarokkos, so zwischen Casablanca und Rabat.

Als Gegenstück zu Nordafrika wird das südliche *Kapland* während kurzer Zeit vom *Devonmeere*, die *Omanküste* Arabiens vom *Karbonmeere* bespült. Die flächenhaften Binnentransgressionen des Palaeozoicums über Niederafrika finden eine auffällige Parallele in denen der Kreidezeit, die Randtransgressionen des Devons (Bokkeveldschichten) und Perms (Eurydesmenschichten) am Längsblock Afrikas in denen des Mesozoicums.

¹⁾ Lopolith bezeichnet einen Körper intrusiver Gesteine von bestimmter Erscheinungsform (schüsselartige Decke).

Mittel- und Südafrika waren im Palaeozoicum auf weiten Flächen Festland.

Die paläozoischen Sedimente Nordafrikas sind gefaltet worden zu *kaledonischen und varistischen Gebirgen*¹⁾. Diese paläozoischen Gebirge haben den Golf von Guinea nicht erreicht. Nach Norden aber knüpfen sie unter der Region der in anderer Richtung streichenden, jüngeren Atlasfalten hinweg die Verbindung zu den Kaledoniden und Varistiden Südeuropas. Im Untergrunde Nordwestafrikas bilden die Varistiden wohl einen großen, westwärts sehenden Bogen, der die „*Sahariden*“²⁾ von kaledonischem Alter überwältigt und überkreuzt. Die varistische Auffaltung verlief, soweit sie sich bisher erkennen läßt, in zwei Phasen.

Diese paläozoischen Gebirgsbewegungen waren ebenso wie in Europa von *intrusiven Vorgängen* begleitet. Hier lauern mancherlei Schwierigkeiten in der Abtrennung der durch beide geschaffenen krystallinen Gesteine von denen des Vorpalaeo-*zoicums*.

Aus keinem anderen Teile Afrikas ist eine paläozoische Faltung sicher bekannt geworden. Doch wird von einer solchen im Sudan, in Deutsch-Südwestafrika — Faltung der Konkipformation — gesprochen. Es handelt sich in ihnen wohl um algonkische Bewegungen, oder um Ausklänge solcher an der Grenze Algonkium-Palaeozoicum.

Aus der paläozoischen Zeit Afrikas wäre vielleicht noch zu erwähnen die flächenkleine *permische Randtransgression* über Deutsch-Südwestafrika, vielleicht auch über Südwestmadagaskar, die immerhin gewisse paläogeographische Rückschlüsse erlaubt.

IV.

Die Kenntnisse über die *mesozoischen Erlebnisse* Afrikas beschränken sich — mit einigen sehr wichtigen Ausnahmen — fast ganz auf seine gegenwärtigen Küstensäume.

Diese *Küstensäume* sahen *Randüberflutungen* aus allen Afrika umgebenden Meeren. Sie beginnen im Norden und Osten Afrikas in der *Trias*. Reste triasischer Marinsichten liegen in Nordmadagaskar, in Somalien am Djuba, auf der Halbinsel Musandim in Oman, am Toten Meere, am Rande der Sahara. *Jura* und *Kreide* greifen tiefer landein. Am schärfsten dringen sie in Ostafrika vor auf Arabien und Abessomalien. Der *Westen* kennt keinen marinen Jura, mit der wichtigen Ausnahme

¹⁾ Die *Kaledoniden* sind das älteste der post-algonkischen (besser vielleicht postkambrischen) Faltengebirge der Erde, die mit Ausgang des Silurs vollendet waren; sie sind besonders aus dem Nordwesten Europas bekannt, aber sehr viel weiter verbreitet. Die *Varistiden* sind das nächst jüngere Faltengebirgssystem, dessen älteste Bewegungen im Oberdevon einsetzen, deren letzte in das Perm fallen.

²⁾ „*Sahariden*“ nannte E. Suess die Kaledoniden der Westsahara; sie fallen nicht mit den älteren Afriken zusammen, obgleich diese Ansicht vertreten wurde.

der Kapverden, wohl aber wiederholte Bepflungen des Kreidemeeres. Der Norden Afrikas steht unter den Einwirkungen des Tethysmittelmeeeres. Er allein zeigt in einzelnen mesozoischen Schichten die bathyale Facies eines tiefen geosynklinalen Meeres. In der *turonen Oberkreide* aber setzt die umfangreichste Binneningression, die der Kontinent kennt, vom Mittelmeere und vom Golfe von Guinea her Sudan und Saharien unter Wasser.

die Karruzeit. *Glazialperioden* begraben Teile des südlichen und mittleren Afrikas unter ausgedehnten Massen von Inlandseis. Die Geschichte der oben genannten Perioden zeigt uns weiter mächtige Ablagerungen im *Kongobecken*. Sie entstammen wohl einem permisch-mesozoischen Binnenmeere von erheblicher Ausdehnung. Dies fand seine Füllung vom Westen her aus dem südlichen Atlantischen Ozeane.

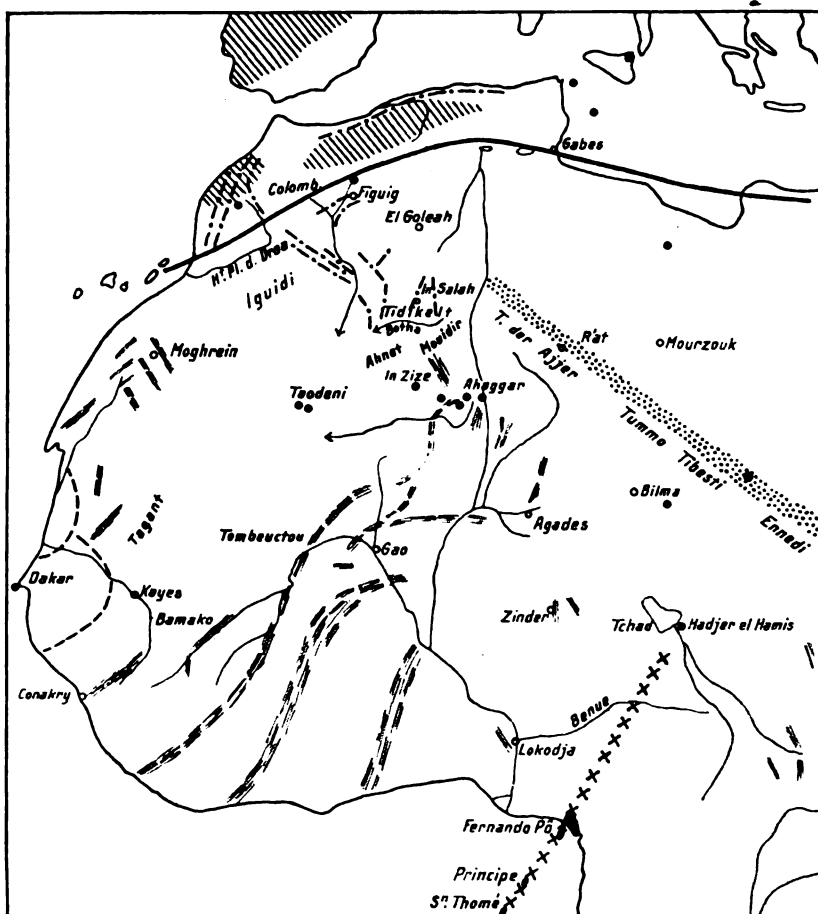


Fig. 2. Geologische Strukturlinien Westafrikas.

Fein gestrichelt: Streichrichtungen der Afziden (der Gebirge vorpaläozoischen Alters).
 - · - · - : Streichrichtungen der paläozoischen Gebirge, insbesondere der Varisciden.
 — : Südgrenze der alpidischen, mesozoisch-tertiären Faltungszone.

/// : Meseta-Stücke.

· · : Tertiär-quartäre Vulkane.

x x x : Kamerun-Linie, begleitet von jungvulkanischen Gesteinen (meist nicht eingezeichnet).

· · · · : Tibesti-Schwelle (Hebungsschwelle junger Entstehung in erythreischer Richtung).

Zusammengestellt nach verschiedenen Autoren, insbesondere FLAMMAND.

Die oberkarbonisch-permische und mesozoische Geschichte des Inneren dagegen zeigt uns einmal die Bildung der terrestrischen *Karruschichten*. Sie verkleiden in großer Dicke den Süden Afrikas und ziehen in Ausläufern bis gegen Abessinien. Ein intensiver wiederholter Vulkanismus belebt

Oft wurde von einem *Wüstenklima* des inneren Afrikas während des Mesozoicums gesprochen. Weder die allgemeinen physikalischen und geologischen Zustände des Kontinents noch Einzel-tatsachen sprechen überzeugend für diese Annahme.

Während des Mesozoicums erstet das **Kapgebirge**, das heute nur den kümmerlichen Rest eines versunkenen großen Gebirgsgürtels darstellt. Es besteht aus einem ostwestlich gerichteten Hauptstamm, einem östlichen und westlichen Nebenast, die der indischen und atlantischen Küste Südafrikas parallel ziehen.

Ein Wiederaufleben des westlichen Astes, der am Kamiesberge endet, wird neuerdings für die südliche Namib Deutsch-Südwestafrikas angenommen. Dort ist die Namaformation, die der Transvaalformation des übrigen Südafrika entspricht, in Falten gelegt. Diese Faltung soll im Alter derjenigen der *Kapiden* entsprechen.

Über deren Alter sind nun die Ansichten noch geteilt. Die Faltung erfolgte wohl in verschiedenen Perioden während Oberperm und Kreide; die Hauptphase aber mag rhätisch sein.

wegungen heute noch an. Besonderheiten der Dichte und magnetischen Lagerung statten die tiefen Gräben aus, die *Zerrungsrisse* der Erdkruste sind. Kräftige *Erdbeben* finden in ihnen ihre Herde.

Unter diesen ostafrikanischen Gräben nehmen eine wichtige Stellung der *erythreische* und *adische Graben* ein, in deren breite Senken die jüngeren Schachtelgräben des Roten Meeres und des Golfes von Aden eingebettet sind. In Ostafrika aber ist hier besonders der große Grabenzug zu nennen, der Njassa-, *Tanganjika*- und Kiwusee enthält.

Schließlich überschüttet ein *kräftiger Vulkanismus*, mit den jungen Zerbrechungen des Kontinentalblockes verbunden, große Gebiete Afrikas mit seinen Erzeugnissen. Schon gegen Ende der Kreide fließen in Südwestarabien und Abessoma-

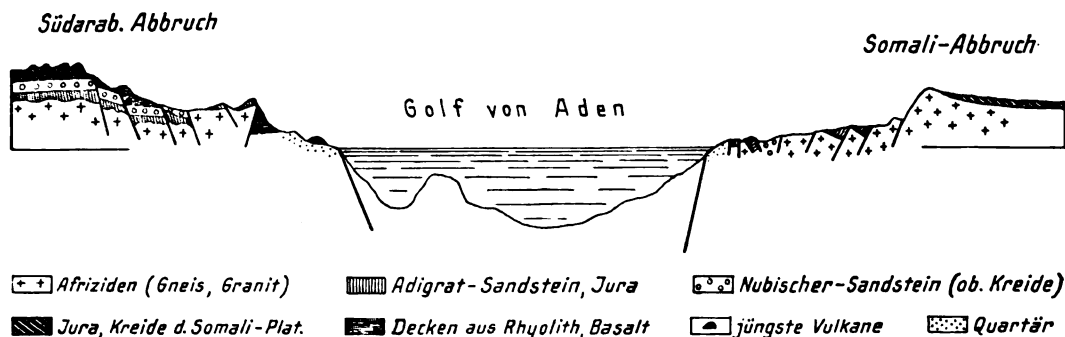


Fig. 3. Querschnitt durch den Graben von Aden.

Der breite Zerrgraben von Aden, im Norden vom Staffellabruch Südarabiens, im Süden von dem des Somaliplateaus flankiert, birgt in sich den schmälern und jüngeren Schachtelgraben des wassererfüllten Golfes von Aden. (Stark überhöht; Länge ca. 450 km.)

V.

Aus der *tertiären und quartären Geschichte* Afrikas wären als Angelpunkte diese hervorzuheben.

Nordafrika sieht die Entstehung des *Atlas- und Syrischen Bogens* als Teilglieder des mediterranen Faltengürtels. Ihre ersten Faltungen liegen bereits im Mesozoicum. Ihre Bewegung geht auf die afrikanische Urmasse, die sie erzwingt. Atlas und Syrischer Bogen hängen sich an die Gebirge Südeuropas und Kleinasien an. Der Atlas verlängerte sich in den Atlantik, umschlang vielleicht in einem Bogen den Norden Westafrikas.

Kleine Faltenzonen am *Senegal* und *Niger* entstanden gleichzeitig mit der mediterranen Gebirgsbildung, und aus gleichen Ursachen. Diese Faltenzonen haben in ihrer regionalen Einordnung Ähnlichkeit mit dem Strange der saxonischen Falten von Nordwestdeutschland bis zum Kaspischen Meere.

Weiter bilden sich die einzigartig ausgedehnten *ostafrikanischen Bruchzonen und Gräben*. Ihre früheste Anlage fällt in das Untertertiär. In einzelnen Teilen dauern die einsenkenden Be-

lien weite Decken aus. Ein neuer stärkerer Vulkanismus erwacht im Untertertiär. Er sucht vor allem Ostafrika, Madagaskar und Abessomalien heim. Doch auch im Sudan, in der Sahara äußert er sich, schon in der Oberkreide aufflammend. In wenigen tätigen Essen, so den Kiwuvulkanen, dem Karthala von Großkomoro, dem Piton de la Fournaise Réunions, dem Kamerunberge, nur leben die vulkanischen Kräfte Afrika fort. Sie förderten ganz überwiegend *Alkaligesteine*.

Die im Tertiär entstehenden *Landverbindungen* zwischen Nordafrika und Eurasien ermöglichen den Austausch von Säugetierfaunen.

Während der Eiszeit der Nordhemisphäre sieht Afrika eine *Pluvialzeit* und eine größere *Vergletscherung* seiner Hochgebirgsinseln. Tief unter den gegenwärtigen Gletscherzungen liegende Endmoränen wurden am Kilimandscharo, Kenja und Ruwensori gefunden.

Die *Umrißformen* aber, mit denen das afrikanische Festland sich zur Gegenwart darbietet, erhielten seit dem Tertiär ihre Prägung. Seine Küsten werden entweder als Flexuren gedeutet, so in Südafrika, oder als Abbrüche.

seiner Meeresumrahmung. Das *Raumgitter* der marinen und kontinentalen Becken, der untermeerischen und festländischen Schwellen leuchtet in seiner *Gesetzmäßigkeit* hervor,

Das somalische und erythreische Bausystem sind uralter Entstehung. Sie brechen bis in die jüngste Geschichte Afrikas wie alte, unheilbare Wunden der Kruste immer von neuem wieder hervor. Beide beherrschen das Baubild ganz Afrikas, Osten wie Westen und die Mitte. Sie lassen sich ebenso im Kagebirge wie in den eurasiatischen Gebirgsgürteln wieder erkennen, wenn auch in jenen Umformungen der verschiedensten Art verschleiern über sie hinweggriffen. *Einzelbeispiele* für beide ergeben sich aus der regionalen Geologie Afrikas in Fülle. Im Untergrunde der Sahara und des *Sudans* z. B. ist das somalische System von großer Wichtigkeit.

Aber nicht nur die afrikanische Kontinentalmasse steht unter ihrem Zwange. Diese großen formenden Kräfte greifen auch auf Tausende von Kilometern Entfernung von deren Rändern *bis in die Tiefsee* des Atlantischen und Indischen Ozeans hinaus.

Eine Karte der Oberflächenformen der Afrika umgebenden Meeresräume zeigt nämlich das überraschend scharf herausspringende Überwiegen ganz weniger, jene umreißender Richtungen. Unschwer ergibt sich in diesen Richtungen das sich durchschneidende und überkreuzende *Gitter der Leitlinien* unseres somalischen und erythreischen Gestaltungsprinzips zu erkennen¹⁾. Schon gegenwärtig lassen die für tektonische Auswertungen — sowohl nach ihren Lotungsgrundlagen, wie in ihrer geologischen Auffassung — noch wenig brauchbaren Tiefseekarten diese wichtigen Züge des ozeanischen Bodenreliefs mit genügender Klarheit herauslesen. Daraus ergibt sich für uns:

Die Einwirkung der beiden für Afrika erkannten Bauprinzipien auf die Kontinentalmasse *gleichet* den aus den umgebenden flächenweiten Meeresböden herausleuchtenden Erscheinungen *so sehr*, daß:

einmal an der Gleichheit der tektonischen Kräfte hier wie dort nicht zu zweifeln ist,

zum anderen aber auch, das der Arbeit dieser Kräfte unterworfenen Gesteinsmaterial im wesentlichen eine *Einheit* darstellen muß.

Das trockene Festland Afrikas unterscheidet sich in den Bauregeln und Bauformen *in nichts* von seinen, von Ozeanwasser überdeckten Nachbarflächen. *Festland und Meeresboden sind hier wenigstens eine stoffliche Einheit*. Der Meeresboden rund um Afrika ist keine Entblößung der Simasphäre! Er ist vielmehr ein niedergesunkener, in sich zerbrochener Abkömmling der afrikanischen Salisphäre, mit deren blutsverwandten Gesichtszügen. Diese niedergebröckelten Schollen eines einst umfangreicheren Afrika stehen mit ihrer Muttermasse noch in unlösbarem Verbands. Sie sind nicht von ihr über weite Entfernungen hin abgetriftet.

VII.

Den Nordrand Afrikas umkleiden Europa und Asien.

¹⁾ l. c. S. 7.

So muß hier auch die **geologische Verknüpfung** der afrikanischen und der eurasiatischen Kontinentalmasse gestreift werden.

Beide werden verkettet durch Zonen aufgefalteten Krustenmaterials. Solche verkittenden Zonen entstanden bereits zur Zeit der caledonischen und varistischen Gebirgsbildung, besonders klar verfolgbar aber während der mesozoisch-neozoischen. Letztere verkörpern sich im *mediterranen* oder *afrasischen Kettengebirgsgürtel*.

Seine Gebirge erwachsen aus der Geosynklinale der *Tethys*. Sie schied als von West nach Ost gestrecktes, reich gegliedertes Mittelmeer die afrikanische und eurasiatische Kontinentenmasse.

Diese letzteren stehen im *Widerspiel* zueinander. Sie glitten und gleiten auf das sie trennende Mittelmeer zu. Afrika verfolgt dabei im großen ganzen eine nördliche, doch leicht nach Nordwesten abgelenkte Bewegung, Eurasien aber eine südliche Bahn mit südwestlichem Einschlag. Sie bewegen sich nicht geraden Weges auf den Schichttrog der Tethys zu, sondern schieben sich mehr aneinander vorüber.

Die Bewegung der beiden gewaltigen Krustenfelder gegen die Tethys erzeugt die *scharfe Faltung* und Zusammenstauchung der in ihr niedergeschlagenen Sedimente, die von intrusiven Vorgängen begleitet wird. Die starren Krustenfelder drängen sich unter die geosynklinalen, leicht beweglichen und abhebbaren Schichtdecken, die schließlich vielfach über den Vorderrand der Starrschollen hinübertreten müssen.

So wird durch die *gegensätzlichen Bewegungen* der eurasiatische Gebirgsstrang zwangsweise geboren, dessen Nordrand Eurasien, dessen Südrand Afrika und Indien begleitet. Sein Nordsaum, so die europäischen Alpen, zeigt — scheinbar — aktive Bewegungstendenz nach Norden, sein Südoststamm, so der Atlas und der Syrische Bogen, nach Süden, also aus der mediterranen Geosynklinale heraus. In Wahrheit sind alle seine Bewegungen nur passive, erzwungen von den gegen den orogenen Trog der Tethys vorwandernden Krustenschollen.

Nord- und Südgrenze der eurasiatischen Gebirge stoßen an ihre Kontinente mit einem breiten Rande *mariner neritischer Sedimente*. Eindeutig klar ist das zu verfolgen über das ganze afrikanische Ufer der Tethys, wo neritische Schichtreihen den Afrika zugewandten Fuß des Atlas und der syrischen Gebirge begleiten, weniger klar aber am Gegenufer infolge nachträglicher tektonischer Reduktion und der großen Überschiebungen dorthin.

Die Außenflanken des eurasiatischen Gebirgsstranges *ebben* mit ihren Bewegungswellen allmählich aus. Ständig leichter und seichter werdende Faltenwellen strömen aus seinem stürmisch bewegten Innern auf den marinen, immer dünner sie überkleidenden Sedimentmantel der Kontinente hinauf. Schließlich klingen sie vor ruhigen Tafelschollen in auseinandertretenden

Büscheln und einsamen Falten aus. Dieses Aus-tönen der mediterranen Faltung ist wieder am afrikanischen Ufer der Tethys prachtvoll zu erkennen, vom atlantischen Rande Afrikas bis zum äußersten Eck der nordsyrischen Tafel, dann entlang dem iranischen Gebirgsrande. Nurmehr ganz leise Verbiegungen der Sedimenthaut, oft zwischen ungefaltete Tafelstreifen eingestreut, stehen als letzte Vorposten des mediterranen Faltungsgürtels auf dem afrikanischen Kontinent. So zwischen Atlas und Saharatafel, zwischen syrischem Bogen und Innersyrien, so vor den Iranketten die einsamen mesopotamischen Faltenzüge.

Die Afrika gegenwärtig noch berührenden Teile des *zweiseitig* gebauten eurasiatischen Orogens¹⁾ gehören seinem südlichen, durchaus selbständigen Hauptstrang an, dem der *Dinariden*²⁾. Innerhalb des — gegenüber seinen Vorfaltungsfelde stark eingeeengten — Kettengebirgsgürtels selbst aber deutet die Art und Weise des Verlaufes seiner großen, mannigfach gebogenen und verschlungenen Leitlinien an, daß ihm Umformungen, Zerknitterungen, Schleppungen im Widerspiel zwischen afrikanischem und eurasiatischen Krustenfeld reichlich widerfahren. Die Bogenform vieler Stücke, denen der „Gibraltarbogen“ nur fälschlich beigezeichnet wird, weist vor allem auf solche Schleppungen hin.

Alle *Bewegungsbilder* in den mediterranen, Afrika und Eurasien verknüpfenden Gebirgen aber mögen sich dieser Vorstellung über ihre Ursachen unterordnen:

Die — aus den archaischen Gebirgen als Rumpfröste überlieferten, nur fälschlich sogenannten — *Urschollen* der Erdrinde, die als ausgedehnte, in sich versteifte Tafeln zwischen sich die Pressungs-bänder der Faltengebirge zusammenschieben, werden von einer *magmatischen Unterlage getragen*. Diese beharrt nicht in steter Ruhe, sondern steht unter einer gewissen Wanderneigung. Die Abkühlung der Erde ist es, die ihr physikalisches und chemisches Gleichgewicht stört. Diese Temperatur- und Stoffstörungen aber setzen sich in Strömungen des Magmas um. Seine langsamen Verlagerungen werden noch von der Rotation und den Gezeiten der Erde beeinflusst. Mit ihnen verträgt das Magma auf seinem Rücken die Rindenfelder der Erde, und bewegt sie gegen einander.

Es ist selbstverständlich, daß diese sich über Perioden der Erdgeschichte erstreckenden, langsamen Verschiebungen von Rindenschollen *nicht* nur auf die zwischen ihnen eingeschalteten, Schicht-erfüllten Tröge einwirken. Sie lösen auch im Inneren der Kontinente erhebliche Veränderungen aus, die sich vor allem in Zerreißen, und in Lageänderungen größerer und kleinerer Teil-

stücke eines Krustenfeldes kundtun. Gerade dafür aber bietet Afrika gute Beispiele.

VIII.

Zum Schlusse dieser Übersicht mögen zwei *Vorstellungskreise* berührt werden, die sich mit der geologischen Umbildung eines einst sehr viel größeren zum heutigen Afrika befassen.

Scheint zur Schöpfung von Faltungsgürteln Beweglichkeit von Rindenfeldern erforderlich, so wird deren Ausmaß sicherlich überschätzt, würde den Annahmen WEGENERS über das **Ab-triften** Südamerikas und Indiens von dem — relativ weniger beweglichen — Afrika gefolgt. Dieses Abwandern setzte mit WEGENER zu einem Teile im Alttertiär, zum anderen in noch jüngeren Zeiten ein und führte in kurzen Zeitspannen zu sehr beträchtlichen Lageänderungen der in der simatischen Unterlage treibenden *salischen Blöcke*.

Zwei Annahmen aus WEGENERS Gedankenkomplex sollen besprochen werden, da sie die regional-geologische Stellung Afrikas zu seinen Nachbarn im Osten und Westen behandeln, die *atlantische Spalte* und der *vorderindische Zusammenschub*.

Mittels der *atlantischen Spalte*, deren einzelne Strecken in verschiedener Zeit entstanden, lösten sich Süd- und Nordamerika in WEGENERS Annahme vom zurückbleibenden Europa-Afrika.

Die bisher zur Beurteilung dieser Ansicht verfügbaren geologischen Tatsachen aus Westafrika und dem östlichen Südamerika zeugen nicht für sie. Weder die Struktur des afrikanischen und brasilianischen Grundgebirges, weder Tektonik, Alter und Lage der (fälschlich) als sehr eng zusammengehörig betrachteten Gebirge des Kaplandes und der Sierras der Provinz Buenos Aires, noch die auf der Brasilmasse nicht wiederzuerkennenden Züge der jungen Faltungszone am Niger, der auf Kamerun beschränkten Effusivregion, der afrikanischen Vorkommen von Oberkreide und Alttertiär sprechen im Sinne WEGENERS.

Die Formen ferner des atlantischen Meeresbodens im Westen Afrikas erinnern in ihrer unruhigen Gestalt nicht an die bei simatischen Entblösungen zu fordernde Schlichtheit, sondern an die Morphogenie des benachbarten Festlandes. Er gibt sich durch sie als ursprünglicher Bestandteil der abgesunkenen Oberkruste zu erkennen. Beachtenswert sind in diesem Zusammenhange auch die kleinen Inseln inmitten des Atlantik, wie St. Helena, Aszension, Tristan d'Acunha, in deren vulkanischen Auswurfsmassen sich Bruchstücke der an der Erdoberfläche verbreiteten Gesteine finden.

Die *Eruptivgesteine* weiterhin zu beiden Seiten des Atlantik zeigen nicht im mindesten so enge Verwandtschaft, daß aus ihr die Zerspaltung einst einheitlicher *comagmatischer Provinzen* in nun durch Abtrift geschiedene Teile zu folgern ist. Die Summe der bisher bekannten Einzeltatsachen aus der Verbreitung der Eruptivgesteine am Atlantischen Ozean — so das *einseitig afrikanische* Vorkommen von Alkaligraniten in Nigrien und Dahomé, von Gesteinen der Charnokitreihe in Liberia und Oberguinea, von jungen Effusiven wie Nepheliniten, Leuzititen, Hauyngesteinen im innersten Winkel des Guineagolfes — spricht gegen die Trifthythese.

Ebensowenig lassen sich auf der indischen Flanke Afrikas Landverschiebungen beträchtlichen Umfanges geologisch beweisen. Der harmonische, von einem

¹⁾ Ein *Orogen* ist eine durch gebirgsbildende (orogetische) Bewegungen erzeugte höhere bauliche Einheit.

²⁾ Als *Dinariden* wurden diejenigen Teile des alpidischen Faltensystems zusammengefaßt, die von einer gegen Süden (also auf Afrika zu) sehenden Bewegung beherrscht werden. Doch sollte der wenig glückliche Name durch einen besseren ersetzt werden.

lemurischen Zusammenschub nicht beeinflusste Verlauf der kaledonischen und varistischen, die Süd- und Nordkontinente der östlichen Halbkugel bis nach Australien verknüpfenden Gebirge streitet gegen die angenommenen Krustenverlagerungen.

Die Summe der geologischen Tatsachen von den Rändern des Atlantik und Indik, wohl auch aus der Tiefe dieser Meere, ist *nicht vereinbar* mit dem Gedanken einer Abwanderung von Schollen aus Afrika über tausende von Kilometern seit dem Eozän. —

In scharfem Gegensatz zu WEGENER betrachtet KOBER als für die geotektonische Gliederung Afrikas und der angrenzenden Ozeangebiete von ausschlaggebender Bedeutung einen „**orogenen Ring**“, der als ununterbrochener Faltungswall die Kontinentalmasse umpanzert. Dieser orogene Ring umfaßt einmal die mediterranen Faltenzüge zwischen Gibraltarge und Indusmündung. Von jener aber verlängert sich sein westlicher Ast über den Atlantischen Rücken, von dieser sein östlicher über den Westindik, bis beide weit südwärts des Kaplandes den Faltungskreis schließen. Mit Ausnahme des mediterranen Stückes sind alle Teile dieses orogenen Ringes unter den Ozean gesunken. Dem Boden des Atlantischen und Indischen Ozeans lastet nun ein *versenktes junges Orogen* auf.

Die Zeugnisse für einen geschlossen Afrika umrundenden orogenen Ring sind so hypothetisch, daß es unmöglich ist, sich mit der Vorstellung seines einstigen Bestehens zu befreunden. Gegen die von KOBER angenommene Abzweigung des östlichen Astes seines orogenen Ringes aus den iranisch-indischen

Falten spricht aber — neben dem Bau der Indusketten selbst — mit aller Deutlichkeit die Bodengestaltung im *nördlichen Arabischen Meere*. In diesem vermittelt zwischen dem Omanbogen einer-, dem Indusbogen andererseits ein markanter, sich genau in deren Streichen einschaltender *untermeerischer Rücken*. Er verkittet diese beiden Teilbögen zu einem prachtvoll geschwungenen Vorbogen der vorderasiatischen Hauptfaltenzüge. Sollte nun quer über diesen so schön geschlossenen Oman-Indusbogen der orogene Ring in den Indik hinausziehen? Deutet man diese Brücke nicht hinweg, so fällt mit ihrer Anerkennung zunächst der Ostast des orogenen Ringes und damit dieser auch als Ganzes.

Auch die Synthetiker des eurasiatischen Gebirgsbaues, wie ARGAND und STAUB, zeichnen in ihren Karten am Omangolfe den geschlossenen Zug seiner Ketten, ohne einen in den Indik strebenden Ast eines orogenen Ringes abzuzweigen.

Nicht der orogene Ring schreibt den tektonischen Stil Afrikas vor. Nirgends im afrikanischen Bauwerk zeigen sich Spuren einer seiner angenommenen Linienführung angepaßten, *konzentrischen* regional-geologischen Gliederung.

Die Summe der geologischen Erscheinungen, die sich in Afrika und in den umgebenden Meeresräumen beobachten oder wenigstens mutmaßen lassen, — so Gestalt und Oberflächenformung des Kontinents, die leitenden tektonischen Züge, die vulkanischen Erscheinungen, Erdbeben- und Massenstörungszonen, ferner das Relief der Ozeane — ist vielmehr im allgemeinen rückführbar auf die *Herrschaft des somalischen und erythreischen Baugesetzes*.

Bernhard Riemann und die Mathematik der letzten hundert Jahre¹⁾.

Von R. COURANT, Göttingen.

Funktionen reeller Veränderlicher.

Indem ich nun dazu übergehe, einige besonders wichtige Gebiete des RIEMANNschen Wirkens mehr im einzelnen zu besprechen, beginne ich zunächst mit der Funktionentheorie; allerdings nicht mit der Theorie der Funktionen einer komplexen Variablen, an die man heute beim Namen RIEMANN zuerst denkt, sondern mit der Theorie der reellen Funktionen, die ebenfalls RIEMANN wichtige Impulse verdankt.

Kaum eine andere Gedankenbildung ist so typisch für den Unterschied zwischen der antiken griechischen und der modernen Mathematik wie der Funktionsbegriff. Während in der alten Mathematik — wie sie bis vor kurzem dem Schulunterricht völlig den Stempel aufgedrückt hat — der individuelle Einzelfall vorherrschte, betrachtet der moderne Mathematiker die einzelnen Gegenstände in systematischem Zusammenhange unter dem Gesichtspunkt der funktionalen Abhängigkeit. Die ganze Tragweite dieser Ideenbildung kann ich hier nicht beleuchten. Ich will nur andeuten,

¹⁾ Fortsetzung des Aufsatzes aus Heft 36, S. 813 bis 818.

daß naturgemäß in der geschichtlichen Entwicklung eine lange Zeit verging, ehe man sich zu voller begrifflicher Klarheit gegenüber dem Gedanken der Funktion durchgerungen hatte. Man war sich zunächst nicht einig darüber, was man allgemein unter einer Funktion $y = f(x)$ einer Veränderlichen x zu verstehen hätte, was eine „willkürliche Funktion“ sei usw. Zunächst knüpfte man den Funktionsbegriff an den expliziten analytischen Ausdruck und glaubte demgemäß, Funktionen, die in unserem heutigen Sinne graphisch gegeben sind, oder in verschiedenen Intervallen ganz verschiedenen analytischen Bildungsgesetzen genügen und beim Übergang von einem zum anderen Intervall Unstetigkeiten ausweisen, nicht eigentlich als Funktionen ansehen zu dürfen. Merkwürdigerweise entging den Mathematikern des 18. Jahrhunderts die Tatsache, daß man sehr wohl derartige Vorkommnisse in einfacher Weise analytisch darstellen kann, wenn man nur den Grenzbegriff geeignet heranzieht. Zum Beispiel hat die Funktion

$$f(x) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{1 + x^{2n}}$$

in dem Intervall $x^2 < 1$ überall den Wert 1, während sie in dem Gebiet $x^2 > 1$ den Wert 0 besitzt und für $x^2 = 1$ den Wert $\frac{1}{2}$ annimmt. Unsere Funktion ist also eine analytisch höchst einfach dargestellte typisch unstetige Funktion. Ein anderes charakteristisches Beispiel ist die Funktion

$$f(x) = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{\sin x}{1 + x^{2n}} + \frac{\cos x}{1 + x^{-2n}} \right)$$

welche im Intervall $x^2 < 1$ mit $\sin x$, im Gebiete $x^2 > 1$ mit $\cos x$ übereinstimmt, also in verschiedenen Gebieten ganz verschiedenen analytischen Gesetzen genügt.

Ähnliche Beispiele könnte man beliebig häufen. Aber die historische Entwicklung ging einen anderen Weg. Von der mathematischen Physik her wurde FOURIER zu Beginn des 19. Jahrhunderts darauf geführt, im heutigen Sinne willkürliche Funktionen nach trigonometrischen Funktionen zu entwickeln. Er gelangte so zu den berühmten nach ihm benannten Reihenentwicklungen, welche auf das deutlichste zeigen, daß man Funktionen auch dann in sehr übersichtlicher und arithmetisch gesetzmäßiger Weise darstellen kann, wenn das Bildungsgesetz der Funktion keineswegs einheitlich ist. Zum Beispiel wird die Funktion $y = f(x)$, welche im Intervall $-\pi < x < 0$ den Wert -1 , dagegen im Intervall $0 < x < \pi$ den Wert $+1$ besitzt, durch die FOURIERSche Reihe

$$f(x) = \frac{4}{\pi} \left(\frac{\sin x}{1} + \frac{\sin 3x}{3} + \frac{\sin 5x}{5} + \dots \right)$$

dargestellt.

Man muß sich die Wirkung der FOURIERSchen Entdeckung auf die mathematischen Gemüter als außerordentlich tiefgreifend vorstellen. Zum erstenmal erfährt der allgemeine Funktionsbegriff eine wesentliche entscheidende Klärung, und dies gerade im Zusammenhang mit den Anwendungen auf Physik, speziell die Wärmelehre. Man erkannte, daß die analytische Ausdrückbarkeit kein besonders ausgezeichnetes Charakteristikum für eine Funktion sei; und so war der Boden bereitet zu der begrifflichen Abstraktion, mit welcher kurz darauf DIRICHLET das Wesen der Funktion zu erfassen suchte. Er nannte einfach eine Funktion $y = f(x)$ jede auf Grund irgend einer Gesetzmäßigkeit einer in einem Gebiet willkürlich veränderlichen Größe x zugeordnete Größe y . Dieser DIRICHLETSche Funktionsbegriff ist natürlich viel zu vage und viel zu unbestimmt, um in seiner Allgemeinheit eine brauchbare Grundlage mathematischer Betrachtungen zu bilden. Ich spreche gar nicht davon, daß man die Unbestimmtheit, welche in dem Worte „gesetzmäßige Zuordnung“ liegt, zum Gegenstand einer Kritik machen kann und gemacht hat, einer Kritik übrigens, welche gerade wieder in unseren Tagen durch die interessanten Bemerkungen von BROUWER neu belebt worden ist. Ich meine nur, daß die Funktionen, welche der Mathematiker und erst recht der Phy-

siker, Techniker usw. braucht in irgend welchem Sinne „vernünftig“ sein müssen, und daß die Bedeutung der „pathologischen Funktionen“ vor allem in den rein logisch begrifflichen Aufschlüssen liegt, die sie uns über das Wesen der vernünftigen Funktionen liefern; wie auch in der Physiologie die Erforschung des pathologischen Organismus dem Verständnis des gesunden dient, und wie in der Physik das Experiment durch Erzeugung unwahrscheinlicher, künstlicher, „unnatürlicher“ Vorgänge das Wirken einzelner Faktoren zu isolieren gestattet und so Licht auf den Ablauf der natürlichen Vorgänge wirft.

Die ganze moderne Theorie der reellen Funktionen beschäftigt sich mit der Frage, welche Einschränkung man dem allgemeinen Funktionsbegriff auferlegen muß, damit er in dem einen oder anderen Sinn brauchbar wird, z. B. damit die Funktion differenzierbar oder integrierbar oder damit sie in eine FOURIERSche Reihe entwickelbar ist.

RIEMANN hat in diese Fragen durch seine Habilitationsschrift: „Über die Darstellbarkeit einer Funktion durch eine trigonometrische Reihe“ eingegriffen. Die Aufgabe, die er stellte, knüpft unmittelbar an die Leistungen von FOURIER und DIRICHLET an und fördert in weitgehender Weise die damals noch nicht bis in die letzten Feinheiten geklärte Frage, wie ausgedehnte Klassen von Funktionen man tatsächlich in FOURIERSche Reihen entwickeln kann. Zahlreiche Arbeiten, eine ganze Literatur, haben an diese Untersuchungen von RIEMANN angeknüpft, wie denn überhaupt die Theorie der FOURIERSchen Reihen seit dem Erscheinen der RIEMANNschen Habilitationsschrift sich zu einem reizvollen spezialistischen Arbeitsfelde ausgestaltet hat. Was aber über dieses Spezialgebiet hinaus von größter allgemeiner Bedeutung an RIEMANNS Habilitationsschrift war, das ist ein Punkt, der in dieser Arbeit gewissermaßen nur die Rolle einer Nebenbetrachtung spielt, obwohl er mit den Grundlagen der modernen Analysis aufs engste zusammenhängt. Ich meine die von RIEMANN gegebene allgemeine Definition und Diskussion des Integralbegriffes.

Der Integralbegriff, für stetige Funktionen unmittelbar anschaulich durch die Vorstellung des Flächeninhaltes gegeben, ist einer weitgehenden Ausdehnung auch auf unstetige Funktionen fähig, wenn man die ursprünglich anschauliche Definition ins Arithmetische übersetzt. Man teile das Integrationsintervall von a bis b in N Teile der Länge $\Delta x_1, \Delta x_2, \dots, \Delta x_n$, wähle in jedem Teilintervall einen beliebigen Zwischenwert: $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n$ und bilde die Summe

$$\sum_{v=1}^N f(\xi_v) \Delta x_v.$$

Wenn diese Summe einen Grenzwert hat, sobald man N über alle Grenzen wachsen und dabei die Länge Δx_i des längsten Teilintervalles gegen 0 streben läßt, und wenn ferner dieser Grenzwert

unabhängig von der Art der Intervalleinteilung und der Wahl der Zwischenwerte ist, so nennt man diesen Grenzwert das Integral der Funktion $f(x)$ über das Intervall $a \dots b$ und schreibt dafür $\int_a^b f(x) dx$.

Die eigentümliche Leistung von RIEMANN besteht nun nicht etwa in der Aufstellung dieser Definition, welche man heute kurz durch das Wort „RIEMANN-sches Integral“ bezeichnet, sondern in einer weitgehenden Diskussion der Tragweite dieser Begriffsbildung. Durch die Arithmetisierung des anschaulichen Integralbegriffes wird nämlich erreicht, daß eine große Klasse von unstetigen und für normales Empfinden pathologischen Funktionen integrierbar bleibt. Sie alle werden davon gehört haben, daß der Integralbegriff und das Problem seiner Ausdehnung auf möglichst weite Funktionenklassen gerade in der modernen Entwicklung der Theorie der reellen Funktionen im Mittelpunkt stehen. Durch eine einfache glückliche Idee ist es LEBESGUE gelungen, für den Integralbegriff eine Formulierung zu finden, die seine Anwendbarkeit über die von RIEMANN gefundenen Grenzen hinüber noch ausdehnt. Dieser Grundgedanke von LEBESGUE ist äußerst einfach und anschaulich verständlich. Stellen sie sich eine stetige Funktion $y = f(x)$ vor, für welche das Integral

$$\int_a^b f(x) dx$$

definiert werden soll. Anstatt von einer Einteilung des x -Intervalles auszugehen, können wir mit demselben Recht ein Stück der y -Achse, welches den Wertevorrat der Funktion $f(x)$ im Intervall $a \dots b$ enthält, in N Intervalle der Länge $\Delta y_1, \Delta y_2, \dots, \Delta y_N$ einteilen. Nunmehr verstehen wir unter $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_N$ irgendwelche Werte von y in dem betreffenden Intervall, unter $l_1, l_2, \dots, l_N$ die Gesamtlänge der x -Intervalle, für welche der Funktionswert $f(x)$ in das betreffende y -Intervall hineinfällt; dann wird man offenbar den durch das Integral ausgedrückten Flächeninhalt auch als Grenzwert der Summe

$$\sum_{v=1}^N \eta_v l_v$$

auffassen können, wenn N über alle Grenzen wächst und dabei die größte Intervalllänge Δy_i gegen 0 strebt. Der Vorteil dieser Integraldefinition ist der, daß man bei jeder Einteilung der y -Achse von vornherein ein Genauigkeitsmaß für die Güte der Approximation des Integrales durch die endliche Summe hat, und darin liegt das Geheimnis des Erfolges dieser von LEBESGUE herrührenden Wendung. Während bei stetigen oder nicht allzu unstetigen Funktionen die LEBESGUE Definition nicht mehr und natürlich auch nicht weniger leistet als die RIEMANNsche, zeigt es sich, daß der LEBESGUE-sche Integralbegriff noch auf weitere Klassen pathologischer Funktionen ausdehnbar ist als der RIEMANNsche. Sie wissen, daß um den Begriff

des LEBESGUESchen Integrales sich ein großer Teil der modernen Untersuchungen zur Theorie der reellen Funktionen gruppiert. Die Bedeutung dieser Dinge liegt, wie ich noch einmal hervorheben möchte, nicht etwa in irgendwelcher Anwendbarkeit solcher Funktionen, sondern in der Abrundung, welche der mathematische Funktionsbegriff überhaupt dadurch erfährt, ähnlich, wie die irrationalen Zahlen auch ohne unmittelbare praktische Bedeutung sind, aber doch ein unentbehrliches gedankliches Hilfsmittel zur Abrundung des Zahlbegriffes darstellen.

Um wieder auf RIEMANN zurückzukommen: Seine Habilitationsschrift war für ihn gewissermaßen nur eine Nebenarbeit, die erst nach seinem Tode publiziert wurde, und die er selbst trotz ihrer grundlegenden Bedeutung vor der Veröffentlichung zurückgehalten hat, vielleicht aus dem Gefühl, noch nicht in allen Einzelheiten diejenige Abrundung und Vollendung erreicht zu haben, die ihm als ideales Ziel vorschwebte. Man vergegenwärtige sich diese Tatsache angesichts des heutigen Zustandes, wo fast jeder Wissenschaftler seine Ergebnisse zu publizieren trachtet, noch bevor er sie selbst gründlich nach allen Richtungen durchdacht hat.

Funktionen einer komplexen Veränderlichen.

Unter den Arbeiten, die RIEMANN selbst veröffentlichte, sind die über Funktionen komplexer Variabler noch zu seinen Lebzeiten am meisten bekannt geworden und haben sich am schnellsten im allgemeinen Bewußtsein der mathematischen Welt durchgesetzt. Auch bei der Theorie der Funktionen komplexer Veränderlicher reichen die historischen Wurzeln weit ins 17. und 18. Jahrhundert zurück. Komplexe Zahlen als solche treten mit Notwendigkeit schon frühzeitig bei den Problemen der Algebra auf. Aber eine gewisse mystische Unklarheit, ein Mangel an wirklichem begrifflichem Verständnis der Operationen, die man mit diesen „unmöglichen“ Zahlen vornahm, drängte ihren Gebrauch lange Zeit zurück. Noch GAUSS in seinem Streben nach einwandfreier Klarheit und Unmißverständlichkeit hat in seiner berühmten Doktordissertation, wo er den ersten Beweis des Fundamentalsatzes der Algebra gab, geglaubt, man müsse dem Verständnis der Zeitgenossen durch Vermeiden des Imaginären entgegenkommen; so hat er den Fundamentalsatz ohne Erwähnung der komplexen Wurzeln einer Gleichung in der Form ausgesprochen, daß jede ganze rationale Funktion einer Variablen (mit reellen Koeffizienten) sich als Produkt von (reellen) linearen und quadratischen Faktoren darstellen läßt. GAUSS selbst ist es aber neben anderen gewesen, welcher endgültig den komplexen Zahlen in der Mathematik Bürgerrecht verschafft hat, indem er einwandfrei das Rechnen mit diesen komplexen Zahlen durch Bezugnahme auf geometrische Vorstellungen, die komplexe Zahlenebene, begründete, und Sie wissen, wie HAMILTON später diesen

Dingen die Wendung gegeben hat: Das Rechnen mit komplexen Zahlen ist nichts als eine bestimmte Rechnungsart mit Paaren reeller Zahlen.

In der Analysis begegnen uns komplexe Zahlen als unabhängige Veränderliche zuerst bei der Exponentialfunktion, wo die merkwürdige Formel

$$e^{i\varphi} = \cos \varphi + i \sin \varphi$$

seit EULER den Mathematikern geläufig war. Der Erfolg dieser Formel und die Annehmlichkeit ihrer Handhabung war so schlagend, daß man die ihr immerhin doch anhaftende Unklarheit gern in Kauf nahm. Die Formel verdankt ihre Entstehung der seinerzeit viel umstrittenen Frage, was man unter dem Logarithmus einer negativen Zahl zu verstehen habe und führte gleichzeitig mit ihrer Beantwortung zur Entdeckung der unendlichen Vieldeutigkeit der Logarithmusfunktion.

Frühzeitig bekannt war auch die merkwürdige Beziehung

$$\arctg x = \frac{1}{2} \log \frac{1 - ix}{1 + ix}.$$

Der Sinn aller dieser Formeln ist einfach der, daß die Potenzreihenentwicklungen für die Logarithmen bzw. die Exponentialfunktion formal zu den angegebenen Resultaten führen, wenn wir in diese Potenzreihen komplexe Argumente einsetzen und mit den komplexen Argumenten nach den bekannten Rechenregeln rechnen. An diese Tatsache hat später im 19. Jahrhundert WEIERSTRASS gewissermaßen angeknüpft, indem er die Theorie der analytischen Funktionen einer komplexen Variablen auf den Begriff der rationalen Rechenoperationen und der zugehörigen Grenzübergänge aufbaute; d. h. alle diejenigen Funktionen einer komplexen Veränderlichen betrachtete, welche sich als Grenzwerte ganzer oder gebrochener rationaler Funktionen ergeben.

Es war aber nicht dieser geradlinig an die Mathematik des 18. Jahrhunderts anschließende Weg, den CAUCHY, der große Begründer der modernen komplexen Funktionentheorie, zu Beginn des 19. Jahrhunderts einschlug. Es ist gerade das Charakteristische und Originelle an CAUCHYS Leistung, daß er in einer ganz anderen Richtung vorging. Wir verstehen diese Leistung am besten, wenn wir an DIRICHLETS Definition des Funktionsbegriffes denken. Ihr entsprechend würde man als komplexe Funktion $\zeta = u + iv = f(x)$ einer komplexen Veränderlichen $z = x + iy$ irgend eine komplexe Größe $u + iv$ verstehen, welche nach einem gegebenen Gesetze einer Größe z zugeordnet ist, wenn diese Größe z in einem vorgegebenen Gebiete der komplexen z -Ebene beliebig veränderlich ist. Mit anderen Worten, ebenso wie man das Rechnen mit komplexen Zahlen als ein Rechnen mit Paaren reeller Zahlen auffassen kann, hätte man die komplexen Funktionen als eine Zusammenfassung zweier Funktionen $u(x, y)$ und $v(x, y)$ zu verstehen. Natürlich wäre mit einer solchen allgemeinen Definition weder für die reine Theorie noch für die Anwendungen etwas getan, und alles

hängt davon ab, wie man diese neue Begriffsbildung einschränken wird, damit sie einen spezifischen Sinn erhält.

Die gewöhnliche Analysis, die Integral und Differentialrechnung, weist uns den Weg zu einer solchen Einschränkung.

Der große Fortschritt der modernen Mathematik beruht darauf, daß man mit den „vernünftigen“ Funktionen die Prozesse des Integrierens und Differenzierens vornehmen kann. Erinnern Sie sich an den Kernpunkt der Infinitesimalrechnung! Es handelt sich da um 3 Begriffe, einmal um den Begriff des Differentialquotienten, zweitens um den des bestimmten Integrals und drittens um den von dem letzteren begrifflich vollständig verschiedenen des unbestimmten Integrals, der Umkehrung des Differentialquotienten. Die entscheidende Tatsache der Infinitesimalrechnung ist nun, daß die beiden letzten Begriffe, bestimmtes Integral und unbestimmtes Integral, aufs engste miteinander zusammenhängen, indem nämlich das bestimmte Integral, als Funktion der oberen Grenze aufgefaßt, mit dem unbestimmten Integral übereinstimmt.

In der komplexen Funktionentheorie entsteht nun die Frage, ob man den allgemeinen vagen Funktionsbegriff so einschränken kann, daß für die komplexen Funktionen auch eine Differential- und Integralrechnung möglich wird. CAUCHYS Verdienst war, diese Frage gestellt und in positivem Sinne beantwortet zu haben. Zunächst werden wir verlangen, daß die Funktion $\zeta = f(z)$ differenzierbar sein soll, d. h. daß der Grenzwert

$$f'(z) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(z+h) - f(z)}{h}$$

existiert und unabhängig davon ist, in welcher Art die komplexe Größe h gegen 0 strebt. Die zweite Forderung erscheint ganz natürlich, wenn man sich daran erinnert, daß man bei den durch elementare Rechenausdrücke gegebenen reellen Funktionen $f(x)$ die Ableitung $f'(x)$ allein durch formale Operationen gewinnen kann (z.B. $f = x^n$, $f' = nx^{n-1}$), daß man also in jedem einzelnen Fall den Grenzübergang

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h) - f(x)}{h}$$

gar nicht durchzuführen braucht. Will man ähnliches von einer Funktion eines komplexen Arguments erwarten, so muß natürlich das Resultat des Grenzüberganges unabhängig sein von der Art, in der h gegen Null strebt. CAUCHY gab dieser Forderung die Form der später nach ihm und RIEMANN benannten Differentialgleichungen

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y}, \quad \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial v}{\partial x}.$$

Irgendein Paar von Funktionen $u(x, y)$ und $v(x, y)$ mit stetigen Differentialquotienten, welche diesen Gleichungen genügen, denken wir uns jetzt zu einer eigentlichen, wie man sagt *analytischen* Funktion $\zeta = f(z)$ zusammengefaßt.

Für eine solche Funktion kann man nun das unbestimmte Integral

$$\int f(z) dz = F(z)$$

definieren als eine analytische Funktion $F(z)$, für welche die Gleichung $F'(z) = f(z)$ gilt.

Man kann aber ebenso den Begriff des bestimmten Integrales aus der Theorie der reellen Funktionen auf eine komplexe Funktion übertragen, wenn man nur zwischen Anfangs- und Endpunkt des bestimmten Integrales noch irgendwie einen Integrationsweg wählt. Und nun ist es die entscheidende Entdeckung von CAUCHY, daß die oben-gestellte Forderung der Differenzierbarkeit die Gültigkeit des Fundamentalsatzes der Differential- und Integralrechnung auch für das komplexe Gebiet zur Folge hat; d. h. aus der Differenzierbarkeit, bzw. aus den CAUCHY-RIEMANNschen Differentialgleichungen folgt, daß das bestimmte Integral, als Funktion der oberen Grenze aufgefaßt, auch ein unbestimmtes Integral ist, mit anderen Worten, eine differenzierbare Funktion $F(z)$ darstellt, deren Differentialquotient gleich $f(z)$ ist. In dieser Aussage ist die Tatsache mit einbegriffen, daß das bestimmte Integral zwischen zwei festen Grenzen von dem Integrationswege unabhängig ist. Ich kann mich jetzt nicht damit aufhalten, die genaueren Voraussetzungen zu schildern, unter denen dieser fundamentale CAUCHYSche Integralsatz gilt. Er ist Ihnen allen wohlbekannt, und es handelt sich hier nur darum, ihn vielleicht in eine etwas andere Beleuchtung zu rücken. Mit ihm war die Differential- und Integralrechnung für komplexe Funktionen begründet, und Sie wissen, mit welcher erstaunlichen Vielseitigkeit und mit welchem großartigen Erfolge CAUCHY die von ihm geschmiedeten Hilfsmittel handhabte. Nebenbei möchte ich bemerken, daß, wie sich viel später herausstellte, GAUSS ganz unabhängig von CAUCHY das Wesen der komplexen Funktionen und insbesondere die Integration im Komplexen vollständig durchschaut hat. Ein später aufgefundener und nach GAUSS' Tode abgedruckter Brief vom 18. Dezember 1811 an BESSEL gibt darüber genauen Aufschluß (vgl. GAUSS' Werke Bd. VIII, S. 90ff.).

Die Differential- und Integralrechnung ist aber nicht die einzige Quelle für unsere heutige Funktionentheorie. Die beiden obigen CAUCHY-RIEMANNschen Differentialgleichungen vermitteln sofort die Beziehung zu ganz anderen, nach der Richtung der Physik hin liegenden Gebieten. Differenzieren wir die erste Gleichung nach x , die zweite nach y und addieren, so erhalten wir

$$\Delta u = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0,$$

und ganz entsprechend finden wir auch für die Funktion v , daß sie derselben Differentialgleichung $\Delta v = 0$ genügt. Diese Differentialgleichung, die sog. Potentialgleichung, ist wohl die wichtigste partielle Differentialgleichung, die in der Analysis betrachtet wurde. Sie hängt aufs engste mit zahl-

reichen Fragen der Physik zusammen. Ihr genügt das Geschwindigkeitspotential einer stationären Strömung einer zweidimensionalen inkompressiblen Flüssigkeit, die Temperatur einer stationären zweidimensionalen Wärmeströmung, das elektrostatische Potential zweidimensionaler Zustände, die Spannungsfunktionen der Elastizitätstheorie usw.; wir sehen hieraus, daß zwischen der Funktionentheorie und allen diesen physikalischen Gebieten ein enger Zusammenhang bestehen muß. Man kann diesen Zusammenhang sofort noch genauer erfassen, wenn man die leicht beweisbare Tatsache zu Hilfe nimmt, daß zu jeder der Potentialgleichung $\Delta u = 0$ genügenden Potentialfunktion sich eine sog. konjugierte Potentialfunktion v hinzukonstruieren läßt, die mit u durch die beiden obigen CAUCHY-RIEMANNschen Differentialgleichungen verbunden ist. Bedeutet u das Geschwindigkeitspotential einer Strömung, so daß die Kurven $u(x, y) = \text{const.}$ die sog. Niveaulinien der Strömung sind, so bedeutet v die sog. Strömungsfunktion, und die Kurven $v = \text{const.}$ werden die Stromlinien. Der Zusammenhang zwischen all diesen Vorstellungen mit der Funktionentheorie ist für beide Seiten von größter Fruchtbarkeit geworden, wie wir sogleich noch sehen werden.

Zuvor aber muß ich noch auf eine dritte Fragestellung hinweisen, die ebenfalls zur Funktionentheorie hinführt. Es ist das Problem der konformen, d. h. winkeltreuen Abbildung, welche z. B. in der Kartographie eine große Rolle spielt. Es handelt sich da etwa darum, ein Stück einer Ebene mit den rechtwinkligen Koordinaten x, y auf ein Stück einer anderen Ebene mit den Koordinaten u und v abzubilden; dann werden u und v Funktionen von x und y werden und — unter entsprechenden Stetigkeitsvoraussetzungen — erkennt man sehr leicht, daß diese Funktionen ebenfalls den CAUCHY-RIEMANNschen Differentialgleichungen genügen müssen. Also auch das Problem der konformen Abbildung führt unmittelbar auf die Funktionentheorie; die konforme Abbildung erweist sich als ein völlig adäquater geometrischer Ausdruck des Begriffes analytischer Funktionen einer komplexen Veränderlichen.

Alle diese Ansätze waren vorhanden, als RIEMANN mit seiner Dissertation und seinen weiteren funktionentheoretischen Arbeiten auf den Plan trat. RIEMANNs Bedeutung besteht nicht nur darin, daß er diese Gesichtspunkte zu einer großartigen Einheit zusammenfaßte und in ungeahnter Weise weiterführte, sondern daß er die Vielseitigkeit der Gesichtspunkte und Ideen mit dem Grundsatz verband, die Dinge nicht nur formal, sondern ihrem tiefsten Wesen nach begrifflich zu erfassen und ihre Zusammenhänge nach allen Seiten hin zu durchdringen. So gelang es ihm, mit seiner Funktionentheorie ein Werk von überwältigender Mannigfaltigkeit und Vielseitigkeit und doch innerer Einheitlichkeit zu schaffen, das mit Recht im Mittelpunkt des Universitätsunterrichtes der letzten Jahrzehnte gestanden hat.

Ich muß mich damit begnügen, einige typische Züge aus der RIEMANNschen funktionentheoretischen Gedankenwelt kurz zu zeichnen. Im Vordergrund stehen immer gewisse allgemeine sog. Existenzsätze, welche an die geometrische Auffassung anknüpfen und ein breites Fundament für den weiteren Aufbau der Gedanken liefern. Ich nenne vor allem das so berühmte RIEMANNsche Abbildungsprinzip, welches ich für den einfachsten und wichtigsten Fall folgendermaßen formulieren möchte:

Wenn in der Ebene der komplexen Variablen $z = x + iy$ ein beliebiges, von einer aus einem einzigen Zuge bestehenden doppelpunktfreien stetigen Kurve begrenztes Gebiet G , und in der Ebene der komplexen Variablen $\zeta = u + iv$ ein ebensolches Gebiet B gegeben ist, so gibt es immer eine analytische Funktion $\zeta = f(z)$, durch welche das Gebiet G auf das Gebiet B umkehrbar eindeutig und konform abgebildet wird. Dabei kann man in jedem der beiden Gebiete noch zwei einander entsprechende Punkte und in diesen einander entsprechende Richtungen willkürlich vorschreiben, wonach dann die analytische Funktion eindeutig bestimmt ist. Die Bedeutung dieses Abbildungssatzes ist nicht hoch genug anzuschlagen. Während sonst die analytischen Funktionen immer durch analytische Prozesse formaler Art definiert wurden, ist hier ein geometrisches Erzeugungsprinzip für komplexe Funktionen gegeben. Man zeichne einfach zwei solche Gebiete hin und hat dann implizite eine analytische Funktion definiert. Es ist gewissermaßen die Übertragung der graphischen Definition reeller Funktionen ins Komplexe.

Bevor ich Ihnen die funktionentheoretische Bedeutung des RIEMANNschen Satzes an Beispielen klarmache, will ich seine physikalische Bedeutung veranschaulichen, wobei wir selbstverständlich die Natur der Berandung unserer Gebiete als hinreichend vernünftig annehmen, etwa die Randkurven aus stückweise stetig gekrümmten Bögen zusammengesetzt denken. Es genügt für den Beweis und die Diskussion des RIEMANNschen Satzes, eines der beiden Gebiete, etwa das Gebiet G , als beliebig anzunehmen, dem anderen aber eine spezielle Gestalt zu geben, etwa die eines Kreises oder einer Halbebene.

Zu der Abbildung auf einen Kreis kommen wir physikalisch sofort folgendermaßen: Wir stellen uns dieses Gebiet G als eine dünne Hartgummiplatte vor, die wir oben und unten mit einer Schicht aus Stanniol bekleben, so daß beide Metallschichten längs der Randkurve miteinander zusammenhängen. Einen beliebigen Punkt O der Oberseite bringen wir nun in leitende Verbindung mit dem positiven Pol einer elektrischen Batterie, während wir den darunterliegenden Punkt O' der Unterseite mit dem negativen Pol der gleichen Batterie verbinden. Es wird sich dann eine stationäre elektrische Strömung in dem aus den beiden Belegungen bestehenden „Doppelgebiet“ bilden, wobei die Elektrizität vom Punkte O über den

Rand weg nach dem Punkte O' strömt. Aus Symmetriegründen ist es klar, daß der Strom senkrecht zur Randkurve fließt und daß folglich auf der Randkurve ein konstantes Potential, etwa $U = 0$, herrschen muß, wenn mit U das elektrostatische Potential bezeichnet wird, das im übrigen der Differentialgleichung $\Delta U = 0$ genügen muß. Die Kurven $U = \text{const.}$, die Äquipotentiallinien, werden sich um den Punkt O ringartig zusammenziehen, wenn die Konstante von 0 an wächst. Die Strömungskurven $V = \text{const.}$ werden dazu orthogonal verlaufen und senkrecht auf die Randkurve auftreffen. Man kann nun sehr leicht sehen, daß die Funktion U eine Potentialfunktion ist, welche am Rande des Gebietes verschwindet und im Punkte O eine logarithmische Unendlichkeitsstelle besitzt, sonst aber in G regulär bleibt. Es ist die sog. GREENsche Funktion des Gebietes G . Man überzeugt sich dann unschwer davon, daß die komplexe Funktion der Variablen $x + iy = z$

$$u + iv = e^{-(U + iV)} = f(z)$$

gerade die gewünschte konforme Abbildung des Gebietes G auf den Kreis vom Radius 1: $|\zeta| < 1$ liefert.

Übrigens könnten wir unsere mathematische Tatsache auch noch physikalisch auf andere Art, z. B. durch Modelle aus der Elastizitätstheorie, durch Strömung von Wärme oder auch durch Spannungszustände in einem Dielektrikum mit zylindrischer metallischer Begrenzung über unserem Gebiet als Querschnitt veranschaulichen.

Es ist vielleicht nicht unnütz, auf diese letztere Veranschaulichung noch mit einigen Worten näher einzugehen. Ich will dazu der besseren Verständlichkeit halber statt elektrische Spannungen in einem Zylinder zu betrachten lieber ein räumliches Gebiet G zur Veranschaulichung heranziehen. Denken sie sich also das Innere eines Raumes, etwa dieses Zimmers, mit einer elektrisch leitenden Schicht tapeziert und dann in irgend einem Punkt O dieses Raumes die elektrische Ladung e konzentriert, dann wird sich in dem Raum ein Gleichgewichtszustand der elektrischen Spannung herausbilden. Es würde nämlich die elektrische Ladung in O , wenn sie sich ungestört auswirken könnte, um sich herum ein elektrisches Potential verbreiten,

welches durch die Funktion $\frac{e}{r}$ gegeben ist, unter r den Abstand vom Punkte O verstanden. Die leitende Schicht auf den Wänden des umgebenden Raumes wird aber durch die Ladung in O beeinflusst, und das Feld dieser Influenzelektrizität zusammen mit dem primären Felde muß gerade die Eigenschaft haben, daß das Potential auf der gesamten Oberfläche des Raumstückes G einen konstanten Wert hat, den wir wegen der Freiheit einer additiven Konstante als Null annehmen können. So entsteht ein Potential, das im Punkte O eine charakteristische Unendlichkeitsstelle hat, auf der Oberfläche des Raumstückes G verschwindet und sonst in G regulär ist. Die Flächen gleichen

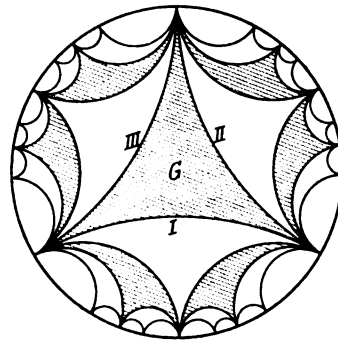
Potentials sind geschlossene um den Punkt O sich herumziehende Flächen, unter denen sich die Oberfläche von G als letzte befindet. Die so entstehende Potentialfunktion heißt die GREENSCHE Funktion des Gebietes G . Sie ist für das Potential in 3 Dimensionen genau das Analogon zu der GREENSCHEN Funktion in 2 Dimensionen, welche uns die konforme Abbildung vermittelt.

Was aber nutzt uns für die Theorie der Funktionen die Tatsache, die unser allgemeiner Existenzsatz ausdrückt? Mit der Kenntnis von der bloßen Existenz einer Funktion ist im Einzelfalle nicht viel gewonnen, wenn wir nicht die Möglichkeit haben, über ihre Eigenschaften irgend etwas auszusagen. Hier greift nun ein höchst fruchtbarer RIEMANNscher Gedanke ein, der mit einer in der Mathematik häufigen historischen Ungenauigkeit als das SCHWARZSCHE Spiegelungsprinzip bezeichnet wird. Man kann zwar im allgemeinen bei beliebiger Gestalt der Begrenzung über die graphisch definierten Funktionen nichts Wesentliches aussagen. Aber wenn diese Begrenzungen geradlinige oder kreisförmige Stücke enthalten, und zwar entsprechende solche Stücke sowohl auf der Begrenzung von G als auch auf der Begrenzung von B , dann gilt das folgende Symmetrieprinzip: Spiegelt man die Gebiete an den kreisförmigen Begrenzungsstücken (d. h. transformiert man die Gebiete an diesen Kreisen durch reziproke Radien), so erhält man neue Gebiete, welche vermöge derselben Funktion $f(z)$ aufeinander konform abgebildet sind. Man kann also die graphisch definierten Funktionen durch den geometrischen Prozeß der Spiegelung analytisch fortsetzen — den allgemeinen Begriff der analytischen Fortsetzung kann ich hier nicht entwickeln —. Dabei kann es geschehen, daß nach einfacher oder mehrfacher Wiederholung des Spiegelungsprozesses dieselben Teile der einen oder anderen komplexen Ebene mehrfach von den gespiegelten Bereichen bedeckt werden. Wir werden so ganz zwanglos zu dem Begriff der RIEMANNschen Fläche geführt, den ich trotz seiner einschneidenden Bedeutung hier nur eben kurz streifen kann.

Als einfachstes Beispiel für eine geometrische Erzeugung von Funktionen nennen wir die konforme Abbildung eines Rechteckes auf die Halbebene. Beide Gebiete haben geradlinige Begrenzungsstücke. Die Abbildungsfunktion läßt sich also immer weiter durch Spiegelung fortsetzen, und eine sehr einfache und anschauliche Diskussion liefert uns auf diese Art die elliptischen Integrale und elliptischen Funktionen, mit reellem Modul k und nicht nur alle wesentlichen Eigenschaften der betreffenden Funktionen sondern schließlich auch unter Zuhilfenahme einfacher elementarer funktionentheoretischer Tatsachen, gewissermaßen als Schlußresultat, die analytischen Ausdrücke.

Ein ebenso einfaches und noch interessanteres Beispiel liefert uns die konforme Abbildung des nebenstehend gezeichneten nullwinkligen Kreisbogendreieckes G auf die Halbebene. Dieses Kreis-

bogendreieck wird aus drei gleich großen einander berührenden Kreisbögen I, II und III gebildet, welche in ein und demselben Kreise, etwa in einem Kreise mit dem Radius 1 um den Nullpunkt in der z -Ebene liegen. Hier kann man durch fortgesetzte Spiegelung den Ausgangsbereich immer weiter vervielfältigen, wobei die gespiegelten Dreiecke immer kleiner und kleiner werden, sich gegen den Rand des Kreises $|z| \leq 1$ immer mehr andrängen und zusammen diesen Kreis vollständig ausfüllen. In der Figur sind diese Dreiecke abwechselnd schraffiert und weiß gelassen. Die Abbildungsfunktion des Kreisbogendreieckes auf die Halbebene läßt sich somit durch einen solchen unendlichen Spiegelungsprozeß in den ganzen Kreis hinein analytisch fortsetzen. Sie stellt im wesentlichen die berühmte sog. „Modulfunktion“ dar, und auch für sie kann man aus unseren geometrischen Konstruktionen ohne Schwierigkeiten alle wesentlichen Eigen-



schaften und zum Schluß sogar ihren analytischen Ausdruck herleiten.

Wenn ich diese Beispiele nur kurz skizzieren konnte, muß ich mich erst recht mit Andeutungen begnügen, indem ich von der Fortsetzung dieser Gedankengänge in der Weiterentwicklung der Theorie der automorphen Funktionen spreche. Es mag genügen, zu wissen, daß jede geometrische Symmetrie in dem Gebiete G ihr Gegenbild in einer analytischen Symmetrie bei der Abbildungsfunktion $f(z)$ haben muß, und daß dieser Gedanke zu der grandiosen Theorie der automorphen Funktionen geführt hat, welche später von SCHOTTKY, KLEIN und POINCARÉ entworfen und von anderen hervorragenden Mathematikern weitergeführt worden ist und mit ihren Gipfelpunkten, dem sog. Uniformisierungstheorem, gewissermaßen einen Abschluß der RIEMANNschen Funktionentheorie darstellt.

Auch nur andeuten kann ich hier die tiefen Zusammenhänge, die RIEMANN mit Hilfe der später nach ihm benannten RIEMANNschen Flächen zwischen der Funktionentheorie und der Geometrie aufgedeckt hat, insbesondere zwischen den topologischen Eigenschaften der RIEMANNschen Flächen und charakteristischen Anzahlen, die bei der algebraischen Funktion auftreten.

Daß die RIEMANNschen Gedanken sich nicht

ganz so schnell durchsetzten, wie es ihrer Bedeutung und durchschlagenden Kraft entsprach, lag vor allem an einem Mangel in RIEMANNS Existenzbeweisen, der sehr bald durch WEIERSTRASS aufgedeckt wurde. Ich habe in meinem Einleitungsvortrag von der lehrreichen und für die modernen Mathematiker äußerst wichtigen Entwicklung dieser Existenzbetrachtungen gesprochen und gesagt, daß das sog. DIRICHLETSche Prinzip, dessen RIEMANN sich bediente, nunmehr trotz aller ursprünglichen Kritik wieder voll zu Ehren gelangt ist, und daß heute der Bau der RIEMANNschen funktionentheoretischen Gedankenwelt fester gegründet dasteht als je. Auch die WEIERSTRASSschen Auffassungen, von deren Tendenz ich vorhin sprach, gliedern sich in zwangloser Weise in die RIEMANNschen Gedankengänge ein, bzw. bilden eine naturgemäße und notwendige Ergänzung von ihnen.

Es ist sehr lehrreich, der RIEMANNschen als DIRICHLETSches Prinzip bezeichneten Betrachtungsweise einige Aufmerksamkeit zu widmen. Für den Fall des Abbildungsprinzips kann man diesen RIEMANNschen Gedanken etwa folgendermaßen aussprechen: Um die beiden zueinander konjugierten Potentialfunktionen u und v zu finden, welche das Gebiet G auf den Kreis $u^2 + v^2 = 1$ abbilden, betrachte man die Gesamtheit aller im Gebiete G mit ihren ersten Ableitungen stetigen Funktionen $\varphi(x, y)$ und $\psi(x, y)$, welche der Nebenbedingung

$$\varphi^2 + \psi^2 = 1$$

auf dem Rande von G genügen. Wir suchen dann unter allen diesen Funktionenpaaren ein solches aufzusuchen, für welches das über G erstreckte Doppelintegral

$$\iint_G \left\{ \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x} - \frac{\partial \psi}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial y} + \frac{\partial \psi}{\partial x} \right)^2 \right\} dx dy$$

einen möglichst kleinen Wert erhält. Man erkennt leicht, daß dieser kleinste Wert gerade Null sein muß, und daß dann die entsprechenden das Minimum charakterisierenden Funktionen $\varphi = u$ und $\psi = v$ den CAUCHY-RIEMANNschen Differentialgleichungen genügen und die gewünschte konforme Abbildung liefern. In der Herleitung dieser Tatsache aus der Minimumeigenschaft der Funktionen u und v liegt keinerlei Schwierigkeit.

Die von WEIERSTRASS erhobenen Bedenken richten sich auch nicht hiergegen, sondern gegen die ohne Beweis gemachte Voraussetzung, daß es überhaupt einen solchen kleinsten Wert gibt. WEIERSTRASS macht die Bemerkung, daß man vernünftig klingende Minimumaufgaben stellen kann, bei denen man sich von der Nichtexistenz einer Lösung sofort überzeugt. Ein berühmtes solches Beispiel ist die Aufgabe, 2 Punkte P und Q einer Geraden durch eine möglichst kurze stetig gekrümmte Linie zu verbinden, welche in ihren Endpunkten auf der Geraden PQ senkrecht steht. Dieses Problem hat, wie Sie leicht sehen, keine Lösung, denn man kann die Länge der Verbin-

dungslinie so nahe wie man will, an die Länge der geradlinigen Strecke PQ heranbringen, aber diese Strecke selbst ist unter den Vergleichslinien nicht mehr zugelassen, weil sie der Nebenbedingung des Senkrechtstehens in den Endpunkten nicht genügt. Man sieht also, daß die RIEMANNsche Voraussetzung von der Existenz einer Lösung seines Minimumproblems einer näheren Begründung bedarf. Da RIEMANN eine solche Begründung nicht gegeben hatte und da es angesichts der WEIERSTRASSschen Kritik schwierig, ja hoffnungslos schien, diese Lücke auszufüllen, so wandte man sich von der RIEMANNschen Betrachtungsweise ab.

Und doch steckte in ihr ein so überzeugender Kern von Wahrheit, daß die geschichtliche Entwicklung nicht daran vorbeigehen konnte. Ich sagte schon in meinem ersten Vortrage, daß es HILBERT gelang, die Lücke bei RIEMANN auszufüllen, und daß an diese Dinge eine der wichtigsten und zukunftsreichsten Entwicklungen der modernen Analysis anknüpft, nämlich alle die Untersuchungen, die man unter dem Namen „direkte Methoden der Variationsrechnung und Analysis“ zusammenfaßt, und so sehen Sie, daß auch diesen RIEMANNschen Ideen lebendige Kräfte für die Gegenwart und Zukunft entsprungen sind.

Allerdings scheint es fast, als ob die großartige Entwicklung, welche die eigentliche allgemeine theoretische Funktionentheorie seit RIEMANN genommen hat, heute zu einem gewissen Abschluß gekommen sei, und als ob in der allgemeinen Funktionentheorie, (keineswegs in der Behandlung spezieller Funktionen), die wesentliche Arbeit getan ist. Demgegenüber darf uns eine scheinbar blühende funktionentheoretische Literatur der Gegenwart oder nahen Vergangenheit nicht täuschen, in der vergänglichen Modeströmungen wie dem programmatisch ausgesprochenen Bestreben, aus der Funktionentheorie die Heranziehung der Potentialtheorie zu verdrängen, eine übertriebene Bedeutung beigemessen wird.

Natürlich liegt der Gedanke nahe, die RIEMANNsche Funktionentheorie auf Funktionen mehrerer komplexer unabhängiger Veränderlicher zu übertragen, und in dieser Richtung sind zahlreiche kraftvolle Versuche gemacht worden. Aber diesen Versuchen stehen Schwierigkeiten entgegen, welche, wie mir scheint, in der Natur der Sache, in der Problemstellung selbst, liegen; eine rein äußerliche Verallgemeinerung entspricht nicht einer inneren zwingenden Notwendigkeit. Dies wird besonders klar, wenn man sich die Äquivalenz der Funktionentheorie mit den CAUCHY-RIEMANNschen Differentialgleichungen vor Augen hält. Diese stellen ein System von zwei partiellen Differentialgleichungen für die zwei unbekannten Funktionen u und v dar, ein sog. *bestimmtes* System, d. h. ein System mit ebenso vielen Gleichungen als Unbekannten. Wollen wir ähnliche Bedingungen für Funktionen von zwei komplexen Veränderlichen, wie die CAUCHY-RIEMANNschen Differentialgleichungen aufstellen, so werden wir aber stets

auf ein sog. *überbestimmtes* System von Differentialgleichungen geführt, d. h. auf ein System von mehr Differentialgleichungen als unbekannten Funktionen. Sie werden aus dieser Tatsache heraus schon verstehen, daß Komplikationen unnatürlicher Art dabei eintreten müssen. Es scheint daher, als ob, wie es auch wirklich in der neueren Entwicklung vielfach geschieht, die Theorie der Funktionen mehrerer komplexer Veränderlicher sich zunächst mehr an spezielle Beispiele und konkrete analytische Prozesse heften muß, als es die klassische Funktionentheorie bei einer unabhängigen Veränderlichen tut.

Wenn so auf der einen Seite die RIEMANNschen Theorien in ihrer Entwicklung einen gewissen Abschluß erreicht haben, so ist dies mit den Anwendungen der Theorie auf die verschiedenartigsten mathematischen und physikalischen Fragen noch keineswegs der Fall. Schon bei RIEMANN selbst finden wir die mannigfachsten Beziehungen zwischen der Funktionentheorie und anderen Gebieten aufgedeckt; vom rein mathematischen Standpunkte ist dabei die Theorie der Minimalflächen von Bedeutung, in welcher RIEMANN selbst gerade durch intensivste Benutzung dieser funktionentheoretischen Methoden große Fortschritte erzielt hat. Diese Flächen, physikalisch definiert, als Gleichgewichtslagen dünner in irgend einen Rahmen eingespannter Flüssigkeitshäute mit Oberflächenspannung, mathematisch als Flächen mit der mittleren Krümmung 0, sind seit den Anfängen der modernen Mathematik Gegenstand mannigfacher Untersuchungen gewesen, sowohl wegen ihrer physikalischen Bedeutung als auch wegen ihrer interessanten mathematischen Eigenschaften. Die wichtigste dieser letzteren ist die Tatsache, daß man sie in verschiedener Weise konform auf die Ebene abbilden kann; die Beziehung dieser verschiedenen konformen Abbildungen zueinander wird durch analytische Funktionen einer komplexen Veränderlichen vermittelt, und auf diesem Wege gelang es RIEMANN mit Hilfe der Funktionentheorie, eine Reihe der wichtigsten Probleme aus dem Gebiete der Minimalflächen anzugreifen und damit eine ganz neue Entwicklungsphase dieser wichtigen geometrischen Disziplin anzubahnen.

Über die weiteren Anwendungen, die RIEMANN von der Funktionentheorie auf lineare Differentialgleichungen und auch verschiedenartige einzelne physikalische Probleme gemacht hat, will ich hier nicht sprechen. Ich möchte nur darauf hinweisen, daß gerade in der heutigen Zeit die RIEMANNschen Methoden und Ideen zur konformen Abbildung sich immer mehr Eingang auch in den technischen Anwendungen der Mathematik verschaffen. Die moderne praktisch so wichtig gewordene Theorie der Flugzeuge bietet dafür das glänzendste Beispiel.

Neben den bis jetzt geschilderten bahnbrechenden funktionentheoretischen Untersuchungen stehen bei RIEMANN unvermittelt funktionentheoretische Entwicklungen von gänzlich anderem

Charakter, aber kaum weniger bewundernswert. RIEMANN war eben frei von jeder Einseitigkeit, und so stand ihm neben der unvergleichlichen Kraft begrifflicher Durchdringung auch im höchsten Maße die Fähigkeit zur Handhabung der mehr formalen rechnerischen Seiten der Mathematik zu Gebote. Schon in seinen eigentlichen großen funktionentheoretischen Arbeiten, insbesondere in seinen berühmten Untersuchungen über die ABELSchen Funktionen (und zwar in den von ihm selbst nicht veröffentlichten Teilen, die später nur durch Vorlesungsausarbeitungen bekannt wurden), müssen wir die geradezu virtuose Technik bewundern, mit der er das Hilfsmittel der Rechnung handhabt. Ich denke dabei vor allem daran, wie er die allgemeinen ϑ -Funktionen einführt und zur Lösung seiner Probleme verwendet, mit einer Kunst, die ihn auch auf dem Gebiet der mathematisch-rechnerischen Technik als einen Mann allerersten Ranges charakterisiert.

Aber in ein ganz anderes Gebiet führt uns die kleine, und doch so bedeutungsvolle Abhandlung über die Anzahl der Primzahlen unter einer gegebenen Größe. Diese wenige Seiten lange Arbeit, welche er der Berliner Akademie als Dank für seine frühzeitige Ernennung zum Mitgliede vorlegte, stellt einen Markstein in der Geschichte der sog. analytischen Zahlentheorie dar. Schon EULER hat in einem faszinierenden Kapitel seiner „Introductio in analysin infinitorum“ die Hilfsmittel der Analysis auf die Zahlentheorie angewandt. Seine Methode beruhte auf folgendem einfachen Gedanken: Wenn man irgendeine zahlentheoretische Funktion, etwa die Summe $S(n)$ der Teiler einer Zahl n , studieren will, so bilde man eine „erzeugende Funktion“ einer stetigen Veränderlichen, z. B. die Funktion

$$f(x) = \sum_{n=1}^{\infty} S(n)x^n \text{ oder } g(s) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{S(n)}{n^s}.$$

Wenn man funktionentheoretische Eigenschaften dieser Funktionen kennt, so kann man daraus auf die zahlentheoretische Funktion $S(n)$ Rückschlüsse ziehen. EULER beschränkt sich im wesentlichen auf die einfachsten formalen Operationen, die mit solchen erzeugenden Funktionen vorgenommen werden. Erst DIRICHLET hat zu Beginn des 19. Jahrhunderts in seinen klassisch gewordenen Arbeiten die feineren Hilfsmittel der Analysis und Funktionentheorie auf die aus zahlentheoretischen Fragen entspringenden Funktionen angewandt, und er hat dabei vorzugsweise nicht Potenzreihen der oben geschilderten Art in Betracht gezogen, sondern unendliche Reihen von dem Typus der auch bei EULER auftretenden aber heute allgemein nach RIEMANN benannten ζ -Funktion

$$\zeta(s) = 1 + \frac{1}{2^s} + \frac{1}{3^s} + \dots = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^s}.$$

Diese Funktion ist es, welche durch RIEMANNs Arbeit in den Vordergrund des Interesses der analytischen Zahlentheoretiker gerückt wurde, und

ich möchte mit einigen Worten Ihnen plausibel machen, worin die Bedeutung der ζ -Funktion für die Zahlentheorie besteht. Der Kern der Sache liegt in der schon EULER bekannten Produktzerlegung

$$\zeta(s) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^s} = \prod_p \left(\frac{1}{1 - p^{-s}} \right)$$

wobei rechts das Produkt über alle Faktoren der

Form $\frac{1}{1 - \frac{1}{p^s}}$ gebildet werden muß und p die

Reihe der Primzahlen durchläuft. Die Richtigkeit dieser Gleichung leuchtet sofort ein, wenn wir jeden dieser Faktoren in die geometrische Reihe

$$\frac{1}{1 - \frac{1}{p^s}} = 1 + \frac{1}{p^s} + \frac{1}{p^{2s}} + \dots$$

entwickeln, sodann alle diese Reihen miteinander multiplizieren und beachten, daß jede ganze Zahl n auf eine und nur eine Weise als Produkt von Primzahlpotenzen dargestellt werden kann. Um die Konvergenz unserer Reihen und Produkte zu sichern, muß man dabei voraussetzen, daß die Zahl $s = \sigma + it$ einen Realteil σ hat, welcher größer als 1 ist. Die obige Produktdarstellung der komplexen Funktion $\zeta(s)$ ist also gewissermaßen eine Zusammenfassung unendlich vieler zahlentheoretischer Relationen, nämlich der Primzahlzerlegungen aller ganzen Zahlen, in eine einzige analytische Formel. Daraus wird uns plausibel, daß die Betrachtung dieser analytischen Funktion für die Lehre von den Primzahlen tatsächlich eine große Bedeutung erlangen kann.

Eine Tatsache können wir aus der Produktformel sofort ablesen, nämlich daß es unendlich viele Primzahlen geben muß. Gäbe es nur endlich viele, so würde rechts ein Produkt stehen, das für jeden Wert von s einen bestimmten endlichen Wert hätte, z. B. auch für $s = 1$. Lassen wir aber s gegen 1 streben, so wird die linke Seite bekanntlich über alle Grenzen wachsen, und somit bedeutet die Annahme, daß es nur endlich viele Primzahlen gibt, einen Widerspruch.

Das eigentliche Primzahlproblem verlangt, die Anzahl $A(x)$ der unterhalb der Grenze x gelegenen Primzahlen anzugeben. Man kann sich sehr leicht davon überzeugen, daß eine genaue Angabe dieser Funktion $A(x)$ mit Hilfe elementarer Funktionen in brauchbarer Form unmöglich ist. RIEMANN greift nun dieses Problem mit höchster analytischer Kunst unter Verwendung der ζ -Funktion an. Die Formel, zu der gelangt, ist so verwickelt, daß man aus ihr nur mit Mühe theoretische Schlüsse ziehen kann, während sie für den praktischen Rechner, der nach den Restgliedern nicht fragt, gut brauchbar ist. Jedenfalls ist RIEMANNS Arbeit bahnbrechend geworden, denn sie hat die mannigfachsten Beziehungen zwischen der Funktionentheorie dieser speziellen ζ -Funktion und dem Primzahlproblem aufgedeckt. Noch heute

ist eins der wichtigsten und ungelösten Probleme aus diesem Gebiete der Beweis der sog. RIEMANNschen Vermutung, nämlich daß sämtliche nicht negative Wurzeln der ζ -Funktion den reellen Teil $\frac{1}{2}$ besitzen. RIEMANNS funktionentheoretische Behandlung der ζ -Funktion ist für viele spätere andere Untersuchungen ähnlicher Funktionen immer vorbildlich gewesen. Das Primzahlproblem selbst ist heute durch das Verdienst vieler an RIEMANN mehr oder weniger anknüpfender Forscher so weit geführt, daß man für die Funktion $A(x)$ einen einfachen asymptotischen Ausdruck hergeleitet hat. Man konnte nämlich die schon bei GAUSS und anderen auftretende Vermutung beweisen, daß die Zahl $A(x)$ asymptotisch gleich $\frac{x}{\log x}$ ist, d. h. daß der Quotient dieser beiden Funktionen mit wachsendem x gegen 1 strebt.

Die Anwendung der Funktionentheorie auf die Zahlentheorie ist immer eines der reizvollsten und merkwürdigsten Gebiete der Mathematik gewesen. Vielleicht gerade deswegen, weil, je feiner und raffinierter die angewandten analytischen Hilfsmittel sind und je merkwürdiger der Erfolg dieser Methoden erscheint, desto stärker das Gefühl bleibt, daß man die Dinge doch noch lange nicht vollständig enträtselt hat, weil mit dieser analytischen Methode der Nimbus des Geheimnisvollen verbunden ist, ein Nimbus, der sicherlich verschwinden wird, wenn es einmal gelingen sollte, die arithmetischen Dinge wirklich rein arithmetisch zu erfassen.

Mathematische Physik.

RIEMANNS Funktionentheorie ist ihren inneren Motiven nach, wie wir sahen, auf engste mit den Vorstellungen der mathematischen Physik verknüpft; aber auch in ganz anderen Gebieten und noch direkter hat RIEMANNS vielseitiger Geist die mathematische Physik mächtig vorwärtsgetrieben. Es liegt natürlich heute nahe, dabei zunächst an die jetzt als „RIEMANNsche Geometrie“ bezeichnete Disziplin und ihre Zusammenhänge mit der Relativitätstheorie zu denken. In seinem Habilitationsvortrage: „Über die Hypothesen, welche der Geometrie zugrunde liegen“ hat RIEMANN diese großartigen Gedanken entwickelt, denen erst nach Jahrzehnten volle Wirksamkeit beschieden war. Schon das Wort „Hypothese“ im Titel verrät den physikalischen Untergrund der Ideenbildungen. Die Geometrie erscheint nicht im KANTischen Sinne als Lehre von der reinen Anschauung, sondern als Wissenschaft, deren Zusammenhang mit der Erfahrung für ihren Aufbau entscheidend sein soll. Es ist hier nicht der Ort, diese RIEMANNsche Auffassung vom philosophischen Standpunkte aus zu diskutieren. Glücklicherweise ist jede mathematische Untersuchung, ebenso wie jede physikalische, ihrem Wesen nach stets unabhängig von irgendwelcher philosophischer Einstellung, wenn auch leider philosophische Vorurteile häufig genug

der Entwicklung wissenschaftlicher Gedanken hindernd in den Weg treten.

Ich darf heute eine gewisse Bekanntschaft mit RIEMANNS Geometrie voraussetzen und kann mich damit begnügen, die Hauptmomente zu charakterisieren. Es handelt sich um das Studium beliebiger durch unabhängige stetige Veränderliche $x_1, x_2, \dots$ charakterisierter Mannigfaltigkeiten und den in ihnen möglichen Maßbestimmungen. Die RIEMANNSche Idee war, eine solche Maßbestimmung auf die Betrachtung des „Unendlich Kleinen“ zu gründen, ganz im Einklang mit den physikalischen Vorstellungen der Nahewirkung. Man kann, dieser Auffassung entsprechend, nicht einfach die Entfernung zwischen 2 Punkten definieren, sondern muß sich zunächst damit begnügen, ein „Linien-element“ ds zu betrachten, welches RIEMANN vermöge einer homogenen quadratischen Differentialform

$$ds^2 = \sum a_{ik}(x_1, x_2, \dots) dx_i dx_k$$

ansetzt. Die Länge einer Linie in der Mannigfaltigkeit wird dann durch ein Integral über die Quadratwurzel dieser Differentialform geliefert. Alle wesentlichen Eigenschaften der Mannigfaltigkeit hängen aufs engste mit den Koeffizienten $a_{ik}(x_1, x_2, \dots)$ der Differentialform zusammen, und das Studium dieser Koeffizienten führt auf die berühmten RIEMANNSchen Invarianten, den Krümmungstensor usw. Sie wissen, wie diese Gedanken heute auf eine vierdimensionale Mannigfaltigkeit angewandt worden sind, zu deren Bestimmungsstücken neben den Raumkoordinaten noch die Zeit als vierte Koordinate gehört. Mit dieser RIEMANNSchen Theorie, die im übrigen die früheren nicht-euklidischen Geometrien umfaßt, war also schon seit dem Jahre 1854 (veröffentlicht wurde RIEMANNS Vortrag allerdings erst 1868 durch DEDEKIND), das mathematische Rüstzeug für die Entwicklung der heutigen Relativitätstheorie bereit gestellt. Aber es bedurfte doch einer langen Zeit bis EINSTEINS Genie die große physikalische Konzeption hatte, ohne welche auch RIEMANNS Geometrie nur ein interessantes spezielles mathematisches Kapitel hätte bleiben müssen. Immerhin muß uns heute die prophetische Sehergabe frappieren, welche aus den Schlußworten des RIEMANNSchen Habilitationsvortrages hervorleuchtet, und welche geradezu auf die heutige Relativitätstheorie zu zielen scheint. Ich möchte diese Worte hier zitieren:

„Die Frage über die Gültigkeit der Voraussetzungen der Geometrie im Unendlichenkleinen hängt zusammen mit der Frage nach dem inneren Grunde der Maßverhältnisse des Raumes.

Bei dieser Frage, welche wohl noch zur Lehre vom Raume gerechnet werden darf, kommt die obige Bemerkung zur Anwendung, daß bei einer diskreten Mannigfaltigkeit das Prinzip der Maßverhältnisse schon in dem Begriffe dieser Mannigfaltigkeit enthalten ist, bei einer stetigen aber anderswoher hinzukommen muß. Es muß also

entweder das dem Raume zugrunde liegende Wirkliche eine diskrete Mannigfaltigkeit bilden, oder der Grund der Maßverhältnisse außerhalb, in darauf wirkenden bindenden Kräften gesucht werden.

Die Entscheidung dieser Fragen kann nur gefunden werden, indem man von der bisherigen, durch die Erfahrung bewährten Auffassung der Erscheinungen, wozu NEWTON den Grund gelegt, ausgeht und diese durch Tatsachen, die sich aus ihr nicht erklären lassen, getrieben, allmählich umarbeitet; solche Untersuchungen, welche, wie die hier geführte, von allgemeinen Begriffen ausgehen, können nur dazu dienen, daß diese Arbeit nicht durch die Beschränktheit der Begriffe gehindert und der Fortschritt im Erkennen des Zusammenhangs der Dinge nicht durch überlieferte Vorurteile gehemmt wird.

Es führt dies hinüber in das Gebiet der Physik, welches wohl die Natur der heutigen Veranlassung nicht zu betreten erlaubt.“

Sie sehen daraus, wie tief RIEMANN selbst über diese physikalischen Fragen nachgedacht hat; er hat übrigens auch in seinem Manuskript noch die Bemerkung hinzugefügt, daß gerade diese Schlußausführungen einer weiteren Ausgestaltung bedürfen, ein Zeichen dafür, wie die Sache ihn beschäftigt hat.

Noch auf einen Punkt in der RIEMANNSchen Theorie möchte ich hinweisen. Welches ist der innere Grund dafür, daß man gerade eine *quadratische* Differentialform für die Maßbestimmung verwendet und das Linienelement nicht z. B. durch eine vierte Wurzel aus einer Differentialform vierter Ordnung mißt? Dieses Problem ist in verschiedenen Arbeiten u. a. von HELMHOLTZ und neuerdings von WEYL behandelt worden; die Begründung für den RIEMANNSchen Ansatz wird da in gewissen gruppentheoretischen Überlegungen gesucht und gefunden. Vielleicht darf ich darauf hinweisen, daß die Theorie der partiellen Differentialgleichungen, von der wir sogleich sprechen werden, uns noch einen ganz anderen, mehr physikalischen Grund, für die Bevorzugung der quadratischen Form aufzeigt. Der Ansatz einer quadratischen Differentialform bedeutet nämlich, daß in unserer Raum-Zeit-Mannigfaltigkeit als solcher das Licht keine Doppelbrechung erfährt.

Ich komme damit zu dem letzten Gegenstand, den ich in diesen Vorträgen zu erwähnen habe, nämlich auf die partiellen Differentialgleichungen der mathematischen Physik. Was RIEMANN hier geschaffen hat, ist uns manchmal nur in Form von Einschaltungen und Nebenbemerkungen in anderen Abhandlungen oder in Form von Notizen aus seinem Nachlaß zugänglich gemacht worden. Charakteristisch dafür ist die Auseinandersetzung der später berühmt gewordenen RIEMANNSchen Integrationsmethode in seiner Abhandlung: „Über die Fortpflanzung ebener Luftwellen von endlicher Schwingungsweite.“ Sehr lange hat es gedauert, bis diese RIEMANNSchen Ideen den Weg in das allgemeine

wissenschaftliche Bewußtsein der Mathematiker gefunden haben, und noch heute ist längst nicht alles, was RIEMANN über diese Dinge gewußt hat, restlos verstanden und bekannt. Es handelt sich hier vorzugsweise um die mathematische Theorie der Ausbreitungsvorgänge oder, mathematisch gesprochen, um hyperbolische partielle Differentialgleichungen, während die partiellen Differentialgleichungen der Funktionentheorie und der Potentialtheorie elliptischen Charakter tragen und dementsprechend, allgemein zu reden, stationären Vorgängen oder Gleichgewichtszuständen entsprechen.

RIEMANN hat in der oben genannten Arbeit eine Methode angegeben, welche im Falle von zwei unabhängigen Veränderlichen — eine Raumkoordinate und der Zeit t — die vollständige Lösung der partiellen Differentialgleichungen von Ausbreitungsvorgängen liefert, falls diese Differentialgleichungen linear und von zweiter Ordnung sind.

Diese Methode beruht auf dem Begriff der Charakteristiken, und ich möchte, ohne auf irgendwelche Einzelheiten einzugehen, zum Schluß noch etwas über die allgemeinen Zusammenhänge sagen, die sich hier zwischen verschiedenen mathematischen und physikalischen Disziplinen auf tun, wenn man im Geiste der RIEMANNschen Ideen bis zu einem moderneren Standpunkt weitergeht.

Betrachten wir etwa eine lineare partielle Differentialgleichung zweiter Ordnung für die Funktion $u(x_1, x_2, x_3, t)$ der 3 Raumkoordinaten x_1, x_2, x_3 und der Zeit t und nehmen diese Differentialgleichung der Einfachheit halber in der Gestalt

$$\sum_{i,k=1}^3 a_{ik}(x_1, x_2, x_3) \frac{\partial^2 u}{\partial x_i \partial x_k} = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}$$

an, wo die Koeffizienten a_{ik} nur Funktionen der 3 Raumkoordinaten x_1, x_2, x_3 sind und die quadratische Form $\sum a_{ik} h_i h_k$ als positiv definiert vorausgesetzt sei. Diese Differentialgleichung ist typisch für Ausbreitungsvorgänge mit endlicher Ausbreitungsgeschwindigkeit im Raume. Das einfachste Beispiel ist die klassische Wellengleichung

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial x_2^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial x_3^2} = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2},$$

zu welcher sich die MAXWELLSchen Gleichungen verhalten, wie die CAUCHY-RIEMANNschen Differentialgleichungen der Funktionentheorie zur Potentialgleichung in 2 Dimensionen.

Für solche partielle Differentialgleichungen wie die obige ist ein ganz wesentlicher Zug der, daß ihre Lösungen Unstetigkeitsflächen irgendwelcher Art besitzen können, welche sich mit der Zeit durch den Raum fortbewegen; z. B. Unstetigkeitsflächen, auf deren einer Seite die „Erregung“ u überall 0 ist, während sie auf der anderen Seite von 0 verschiedene Werte hat, oder auch Unstetigkeitsflächen für gewisse Ableitungen der Lösungen. Solche Unstetigkeitsflächen, die sich mit der Zeit durch den Raum hindurch bewegen,

bedeuten physikalisch Wellenfronten. Denken wir uns die Gleichung einer Wellenfront in der Form

$$\varphi(x_1, x_2, x_3) = t$$

geschrieben, so genügt diese Funktion φ der partiellen Differentialgleichung erster Ordnung

$$\sum a_{ik} \frac{\partial \varphi}{\partial x_i} \frac{\partial \varphi}{\partial x_k} = 1,$$

welche die zu der gegebenen Differentialgleichung gehörige charakteristische Differentialgleichung heißt; man sieht aus ihr, daß man z. B. zur Zeit $t = 0$ die Wellenfront beliebig vorschreiben kann, und daß dann der weitere Ablauf der Wellenfront durch die gegebene Differentialgleichung geregelt ist. Diese bewegten Wellenfronten pflegt man in der Theorie der partiellen Differentialgleichungen die zur Wellengleichung gehörigen charakteristischen Mannigfaltigkeiten zu nennen; die partielle Differentialgleichung erster Ordnung, die wir gefunden haben, wird in der Physik häufig mit einem häßlichen Namen, die Eikonalgleichung, benannt.

Zu ihr kann man nach den Regeln der Charakteristikentheorie partieller Differentialgleichungen erster Ordnung ein System von Raumkurven finden, ihre sog. Charakteristiken. Sie genügen einem System gewöhnlicher Differentialgleichungen, die wir hier nicht ausführen wollen.

Diese charakteristischen Kurven sind physikalisch nun gerade die Strahlen, längs derer sich unser Ausbreitungsvorgang fortpflanzt, also im Falle der Optik die Lichtstrahlen. Betrachten wir alle durch einen Punkt des Raumes gehenden Strahlen, so erhalten wir den durch diesen Punkt gehenden Lichtkegel oder charakteristischen Kegel, den wir als ein dreidimensionales Gebilde im vierdimensionalen x, y, z, t -Raum auffassen müssen.

Es ist äußerst zweckmäßig, die Geometrie dieser Lichtstrahlen, d. h. die zu der gegebenen Wellengleichung gehörige geometrische Optik in der Sprache einer RIEMANNschen Geometrie auszudrücken, bei welcher das Linienelement durch die Gleichung

$$ds^2 = \sum A_{ik} dx_i dx_k - dt^2$$

gegeben wird, wobei die Größen A_{ik} die zur Matrix der Größen a_{ik} inverse Matrix bilden, d. h. entstehen, wenn man die Größen a_{ik} in ein quadratisches Schema anordnet und aus diesem Schema zu jeder Größe die zugehörige Unterdeterminante durch die Gesamtdeterminante dividiert. Die Lichtstrahlen werden dann „Nulllinien“ dieser Maßbestimmung, d. h. Linien, für welche die Entfernung zwischen zwei beliebigen ihrer Punkte den Wert 0 hat.

Sie werden verstehen, daß die hier nur flüchtig skizzierten Zusammenhänge von großer Bedeutung sowohl für die Physik als auch für die mathematische Integrationstheorie der Wellengleichung sein müssen. Gerade in der letzten Zeit haben die Fortschritte der Quantentheorie gezeigt, daß mathematische Überlegungen dieser Art ganz wesentlich

zur Klärung der prinzipiellen physikalischen Fragen dienen, im Gegensatz zu einer schon im Abklingen begriffenen Modeströmung, welche feinere mathematische Theorien für die moderne theoretische Physik als entbehrlich einschätzte.

Ich muß mir versagen, auf diese Dinge hier näher einzugehen. Nur auf einen Punkt möchte ich noch hinweisen: Ganz ähnliche Zusammenhänge wie für partielle Differentialgleichungen zweiter Ordnung gelten auch für partielle Differentialgleichungen vierter und höherer Ordnung sowie für Systeme von partiellen Differentialgleichungen. Wir erhalten aber dann als charakteristische Differentialgleichung erster Ordnung nicht mehr partielle Differentialgleichungen, die quadratisch in den Ableitungen der Funktion φ sind, sondern solche, bei denen diese Ableitungen in vierter oder entsprechend höherer Potenz vorkommen. Dem entspricht es dann, daß die von einem Punkt des Raumes ausgehenden Lichtkegel nicht mehr nur aus einem Mantel bestehen, sondern aus zwei oder entsprechend mehr Mänteln, und diese Tatsache drückt sich in der Sprache der

Wellenoptik so aus, daß bei einem derartigen physikalischen Phänomen Doppelbrechung herrscht. Halten Sie das mit der Bemerkung zusammen, daß solchen Differentialgleichungen keine Maßbestimmung mit einem quadratischen Linienelement mehr entsprechen würde, sondern eine Maßbestimmung, bei der das Linienelement durch die vierte Wurzel aus einer Differentialform vierter Ordnung oder entsprechend kompliziertere Ausdrücke gegeben wird, so werden Sie meine vorhin ausgesprochene Bemerkung über den RIEMANNschen Ansatz verstehen. Dieser Ansatz entspricht eben der physikalisch-experimentellen Beobachtung, daß in unserem tatsächlichen leeren Raum keine Doppelbrechung herrscht.

Ich habe mich mit meinen letzten Ausführungen vielleicht ein wenig weiter von RIEMANN entfernt, als es meinem Thema entspricht, und so möchte ich schließen mit dem Ausdruck der Überzeugung, daß von allen RIEMANNschen Erbstücken die mathematische Physik dasjenige ist, das für die Gegenwart und nächste Zukunft den reichsten Erfolg verspricht.

Zuschriften.

Der Herausgeber hält sich für die Zuschriften nicht für verantwortlich.

Über die Charakterisierung der Hexosemonophosphorsäuren und ihr Verhalten bei der zellfreien Gärung.

Neben der Hexosediphosphorsäure von HARDEN und YOUNG, („HARDEN-YOUNGSche Säure“¹⁾) bildet sich nach der Entdeckung von HARDEN und ROBISON²⁾ bei der Gärung im Hefepreßsaft zu einem recht beträchtlichen Teil Hexosemonophosphorsäure („ROBISONsche Säure“), die nach den Untersuchungen ROBISON³⁾ sich durch starke Rechtsdrehung auszeichnet ($[\alpha]_D^{20}$ ca. + 25°), und deren Hydrolysenprodukte auf Grund ihres Osazons, ihrer optischen Drehung und Reduktion ein Gemisch von Fructose und Glucose mit Überwiegen der letzteren zu sein scheinen, wobei aber durch die Spaltung eine Veränderung und teilweise Zerstörung der Zucker eintreten. Die ROBISONsche Säure unterscheidet sich deutlich von der früher von NEUBERG⁴⁾ durch partielle Hydrolyse aus der HARDEN-YOUNGSchen Säure erhaltenen Hexosemonophosphorsäure („NEUBERGSche Säure“), die ähnlich wie ihr Ausgangsprodukt nur äußerst schwach rechts dreht ($[\alpha]_D^{20}$ + 1,5°). Da die HARDEN-YOUNGSche Säure bei totaler Spaltung eine linksdrehende Ketose liefert und auch die Hydrolyse der NEUBERGSchen Säure zu linksdrehenden Produkten führt, ließ sich für sie eine Fructosestruktur vermuten.

I.

Daß in der Tat in der ROBISONschen und NEUBERGSchen Säure zwei verschiedene, wenn auch sehr ähnliche Zuckerphosphorsäuren, bzw. Gemische von ihnen, vor-

liegen, deren Zuckerrest bei der ersteren überwiegend ein Aldehydzucker, ähnlich der Glucose, bei der NEUBERGSchen Säure aber ein Ketozucker ähnlich der Fructose ist, konnten wir durch 2 verschiedene Reaktionen unmittelbar an den Zuckerphosphorsäuren selbst höchst wahrscheinlich machen. Wir gewannen dafür die Säuren nach der Vorschrift der Autoren, die ROBISONsche Säure aus gärendem Hefemacerations-saft, die NEUBERGSche durch Hydrolyse mit Salzsäure aus „Candiolin“ von Bayers Farbwerken.

a) Vergleicht man nämlich den Zuckerreduktionswert nach BERTRAND mit dem nach der Hypojoditmethode von WILLSTÄTTER und SCHUDEL¹⁾, welche nur auf Aldosen, nicht Ketosen anspricht, während der BERTRAND-Wert für beide nahezu gleich ist, so erhält man bei der ROBISONschen Säure ein Verhältnis: Willstätter-Reduktion

BERTRAND-Reaktion von 0,84, bei der NEUBERGSchen aber ein Verhältnis von 0,25, bei der HARDEN-YOUNGSchen von 0,10. Nach dem absoluten Betrag der Hypojoditreduktion, der, bezogen auf Glucose, für die ROBISONsche Säure 0,66, für die NEUBERGSche 0,18 für die HARDEN-YOUNGSche Säure 0,04 ist, könnte man vermuten, daß die beiden Monosäuren isomere Gemische von Aldehyd- und Ketozucker sind, erstere im Verhältnis 2 : 1, letztere 1 : 4,5. Der Ketosegehalt pro 1 g wäre danach in der NEUBERGSchen Säure das 2 $\frac{1}{2}$ -fache wie bei der ROBISONschen.

b) Fructose wird in neutraler konzentrierter Phosphat-²⁾ und Arsniatlösung³⁾ bei Körpertemperatur von Luftsauerstoff rasch oxydiert, während Glucose beständig ist, was auf einer Katalyse durch Metallsuren in komplexer Bindung beruht. Nun zeigt die

¹⁾ YOUNG, Proc. of the roy. soc. of London, Ser. B 81, 528. 1909; HARDEN und YOUNG, Biochem. Zeitschr. 32, 173, 178. 1911.

²⁾ Proc. of the chem. soc. 30, 16. 1914.

³⁾ Biochem. journ. 16, 809. 1922.

⁴⁾ Biochem. Zeitschr. 88, 432. 1918.

¹⁾ Ber. d. dtsh. chem. Ges. 51, 780. 1918.

²⁾ O. WARBURG und YABUSOE, Biochem. Zeitschr. 146, 380. 1924.

³⁾ O. MEYERHOF und K. MATSUOKA, Biochem. Zeitschr. 150, 1. 1924.

NEUBERGSCHE Säure unter diesen Umständen eine Spontanoxydation, die bei gleicher Konzentration gut zweimal so groß ist, wie die der Fructose, während die Oxydationsgeschwindigkeit der ROBISONSCHE Säure nur die Hälfte bis 2 Drittel derjenigen von Fructose erreicht. Beispielsweise ergibt ein Versuch in molarer Phosphatlösung als relative Werte für die Oxydationsgeschwindigkeit: NEUBERGSCHE Säure 81, Fructose 37, ROBISONSCHE Säure 17; ein Versuch in molarer Arsenatlösung in gleicher Reihenfolge 230, 98, 70; im Vergleich dazu HARDEN-YOUNGSCHE Säure 1, Glucose 0. Durch Veresterung mit einem Molekül Phosphorsäure wird also die Oxydationsgeschwindigkeit der Fructose gesteigert, während sie durch Veresterung mit 2 Mol. erlischt — ein für das physiologische Verhalten der Mono- und Di-Ester bedeutungsvoller Umstand — andererseits aber spricht die dreifach höhere Oxydationsgeschwindigkeit der NEUBERGSCHE gegenüber der ROBISONSCHE Säure für ein entsprechendes Vorwiegen der Fructosekonfiguration in der ersten. [Daß die Proportion hier ähnlich ist wie bei a), stützt diese Vorstellung des isomeren Gemisches.]

c) Auf der anderen Seite liegt es nahe, daß die physikalisch-chemischen Eigenschaften der isomeren Monophosphorsäureester übereinstimmen. Wir maßen die 1. und 2. Dissoziationskonstante der Säuren durch Elektrotitration. Im Vergleich zur Phosphorsäure und anderen Phosphorsäureestern ergaben sich die folgenden Werte für die negativen Logarithmen der scheinbaren Dissoziationskonstanten (pk') in $\frac{m}{10}$ - $\frac{m}{20}$ -Konzentration:

	pk'_1	pk'_2
Phosphorsäure ¹⁾	1,99	6,81
Glycerinphosphorsäure ¹⁾	1,40	6,33
HARDEN-YOUNGSCHE Säure ¹⁾	1,48	6,29
ROBISONSCHE Säure	0,94	6,11
NEUBERGSCHE Säure	0,97	6,11

Man sieht daraus, daß die Dissoziationskonstanten in gesetzmäßiger Weise mit der Zahl der auf einen Phosphorsäurerest entfallenden Alkoholgruppen der Substituenten zunehmen; sie sind daher für Glycerinphosphorsäure und Hexosediphosphorsäure nahezu gleich und für die beiden Monoester unter sich ebenfalls gleich, aber noch weiter gesteigert.

II.

Die ROBISONSCHE und die NEUBERGSCHE Säure stimmen nun in ihrem Verhalten bei der alkoholischen Gärung mit geringen quantitativen Differenzen überein, ganz unterschiedlich von der HARDEN-YOUNGSCHE Säure, worauf schon kurz hingewiesen wurde²⁾. Genau wie die freien Zucker zeigen sie bei Zugabe zum Hefeextrakt einen allmählichen „Gäranstieg“ mit anschließender rascher Zerfallsperiode³⁾ und danach eine Phase herabgesetzter, aber konstanter Gärgeschwindigkeit. Und genau wie bei den freien Zuckern findet während der ersten Phase unter teilweiser Vergärung ein Übergang in Hexosediphosphorsäure statt, die dann in der zweiten Periode zerfällt. Acetaldehyd, der den Gäranstieg der freien Zucker beschleunigt⁴⁾ wirkt

¹⁾ Werte nach O. MEYERHOF und J. SURANYI, Biochem. Zeitschr. 178, 427. 1926.

²⁾ O. MEYERHOF, Naturwissenschaften. Dezember 1926, Festheft der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft.

³⁾ Die rasche Zerfallsperiode hatte schon ROBISON an seiner Säure beobachtet, konnte sie aber nicht erklären (Biochem. Journ. a. a. O.).

⁴⁾ C. NEUBERG, Biochem. Zeitschr. 88, 145. 1918; A. HARDEN und HENLEY, Biochem. Journ. 14, 642. 1920.

hier ebenso, während diejenige Substanz, durch die die Zerfallsgeschwindigkeit der HARDEN-YOUNGSCHE Säure in spezifischer Weise erhöht wird, arsensaures Salz¹⁾, ebenso wie erst nach Veresterung der Zucker auch erst nach Veresterung der Mono-Ester ihre Wirkung erkennen läßt. Dabei ist aber auszuschließen, daß diese erst nach Abspaltung freien Zuckers in die HARDEN-YOUNGSCHE Säure übergehen. Hiergegen spricht schon, daß die ROBISONSCHE Säure spontan im Hefesaft aus Zucker gebildet wird und die Möglichkeit ihrer Isolierung offenbar nur dem Umstand verdankt, daß der dargelegte gekoppelte Zerfalls-Veresterungsprozeß, besonders bei starkem Überschuß an Monosäureester, vorzeitig stecken bleiben kann. Vergleichsweise vergärt die NEUBERGSCHE Säure noch rascher als die ROBISONSCHE und verestert sich meist auch stärker.

III.

Die erstaunlich weitgehende Übereinstimmung zwischen der Milchsäurespaltung des Zuckers im Muskelextrakt und der alkoholischen Gärung im Hefesaft dokumentiert sich auch bei den Monoestern, wobei auch im Muskelextrakt die NEUBERGSCHE Säure etwas rascher reagiert als die ROBISONSCHE. Diese Übereinstimmung beruht eben auf der genau gleichen Rolle, die die Veresterung des Phosphates für den Zuckerzerfall in beiden Fällen spielt und beschränkt sich daher auf diejenigen Momente, bei denen die Veresterung das Eintreten und die Geschwindigkeit der Vorgänge bestimmt. Zum Beispiel rührt der allmähliche Anstieg der alkoholischen Gärung nicht von dieser Veresterung, sondern wahrscheinlich von dem anfänglichen Mangel an Wasserstoffacceptor während der Bildung der sauerstoffreichen Brenztraubensäure her, und der Aldehyd verkürzt die Angärungsperiode, indem er als Wasserstoffacceptor dient²⁾. Infolgedessen fehlt der Gäranstieg und die Aldehydwirkung bei der Milchsäurebildung im Muskelextrakt, die in der Phosphatperiode sofort mit maximaler Geschwindigkeit einsetzt. Andererseits steigert das Arseniat durch Erhöhung der Zerfallsgeschwindigkeit der Hexosediphosphorsäure und wirkt daher (in sehr kleinen Konzentrationen, etwa $\frac{m}{2000}$) genau so bei der Milchsäurebildung wie der Gärung, indem es die Spaltung der zugesetzten HARDEN-YOUNGSCHE Säure von vornherein stark steigert, die Milchsäurebildung aus Monoestern aber erst nach Ablauf der raschen Zerfallsperiode.

Antagonistisch zum Natriumarseniat verhält sich Natriumfluorid, da es die Aufspaltung der Hexosediphosphorsäure in Milchsäure und Phosphorsäure spezifisch hemmt³⁾. Dieser Umstand gestattet eine Feststellung, die für die Gleichgewichtsbedingungen der gekoppelten Zerfalls-Veresterungsreaktion von Interesse ist. In Gegenwart von $\frac{m}{10}$ -Natriumfluorid werden nämlich die Monoester im Muskelextrakt mit ähnlicher Geschwindigkeit angegriffen wie ohne Fluorid, hierbei aber, indem die Milchsäurebildung ausbleibt, zur Gänze in Hexosediphosphorsäure umgelagert. Dieser Prozeß verläuft also für sich allein freiwillig, wobei eine meßbare und auf Grund der obigen Dissoziationskonstanten auch berechenbare Säuerung des Systems stattfindet.

IV.

Das geschilderte Verhalten der Monoester in Verbindung mit der spontanen Bildung der ROBISONSCHE

¹⁾ HARDEN und YOUNG, Proc. of the roy. soc. 83, 451. 1911; O. MEYERHOF, Zeitschr. f. physiol. Chem. 102, 185. 1918.

²⁾ Vgl. Anm. Nr. I, diese Spalte: NEUBERG, HARDEN.

³⁾ O. MEYERHOF, Biochem. Zeitschr. 178, 462. 1926.

Säure während der Zuckergärung läßt kaum eine andere Deutung zu, als daß wir es hier mit den primären Veresterungsprodukten der Zucker zu tun haben, die dann sekundär unter teilweise Übergang in HARDEN-YOUNGSCHE Säure zerfallen. Das Überwiegen der Aldehydkonfiguration bei der ROBISONschen Säure kann dann darauf bezogen werden, daß diese Konfiguration wegen ihrer höheren Stabilität der Umwandlung leichter entgeht als die Ketosekonfiguration und daher in größerer Menge erfaßt wird, während die etwas rascher reagierende NEUBERGSCHE Säure der Zusammensetzung des primär gebildeten Produktes näher kommt. Wie dem aber auch sei, so gestattet dieser Umstand, wie schon kürzlich erwähnt, den HARDEN-YOUNGschen Gärungsgleichungen eine rationelle Deutung zu geben; indem nämlich der ganze reagierende Zucker zunächst zu Monophosphorsäure verestert wird und dann, während das eine Molekül in Alkohol und Kohlensäure zerfällt, ein zweites die frei werdende Phosphorsäure aufnimmt. Daß hier das Verhältnis 1 : 1 zwischen zerfallenden und veresternden Molekülen besteht, muß auf spezielle Ursachen, vielleicht eine besonders geregelte Bildungsgeschwindigkeit der Monoester bezogen werden, denn bei direktem Zusatz dieser zu Hefe- oder Muskelextrakt reagieren sie in der Regel auch schon mit dem vorhandenen anorganischen Phosphat, so daß sich viel mehr von ihnen in Hexosediphosphorsäure umlagert als zerfällt. Nun besteht aber nach unseren Versuchen die genau hälftige Teilung der Zuckermoleküle in zerfallende und veresternde nur bei der Vergärung der freien Hexosen, und ebenso auch bei ihrer Spaltung in Milchsäure. Dagegen bildet sich bei der Vergärung des Glykogens besonders am Anfang leicht 3—4mal so viel Hexosediphosphorsäure, als gleichzeitig Glucosegruppen zerfallen. Ja auch hier läßt sich durch Zusatz von $\frac{1}{200}$ bis $\frac{1}{1000}$ -Fluorid die Vergärung fast vollständig aufheben, während die Veresterung kaum geschwächt weitergehen kann.

Die HARDEN-YOUNGschen Gleichungen stellen also nur einen Spezialfall dar, der allein bei den freien Hexosen, hier aber meist erstaunlich genau verwirklicht ist¹⁾. Von der Aufklärung ihres feineren Mechanismus sind daher wichtige Aufschlüsse zu erwarten über die besonderen Bedingungen, die die Veresterung der freien Hexosen, gegenüber den Hydrolyseprodukten des Glykogens, erfordert.

Berlin-Dahlem, Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie, den 30. November 1926.

O. MEYERHOF und K. LOHMANN.

Über das Verhältnis der klassischen Stereochemie zu den Arbeiten Weißenbergs.

Die Krystallanalyse hat gezeigt, daß die Formen der im Gitter vorkommenden Moleküle (die von WEISSENBERG Mikrobausteine genannt werden) gelegentlich sehr von denen abweichen, die man aus Tetraedern konstruiert. Überhaupt lassen, was man schon lange weiß, die mit Hilfe der klassischen Stereochemie konstruierten Molekülmodelle im allgemeinen keinen Zusammenhang zwischen Molekülbau und Krystallform erkennen. Es scheint also, als ob man hier, wie HABER²⁾ sich ausdrückt, an eine Mauer ohne Durchgang käme.

¹⁾ EULER und OHLSEN (Zeitschr. f. physiol. Chem. 76, 468. 1912) fanden indes eine besondere Heferasse, deren Macerationssaft Hexosen nur verestert, ohne sie zu vergären.

²⁾ Naturwissenschaften 14, 852. 1926.

Wenn diese Mauer auch keinen Durchgang besitzt, so erscheint sie wenigstens doch übersteigbar, wenn man sich zweierlei überlegt: 1. Inwieweit fordert die klassische Stereochemie einen tetraedrischen Bau der Moleküle? 2. Inwieweit ist man berechtigt, die aus kristallisierten Stoffen gemachten experimentellen Feststellungen über die Formen der Mikrobausteine, die durch WEISSENBERG theoretisch begründet worden sind, auf das von Gitterkräften freie, isolierte Molekül zu übertragen?

1. Die Forderungen der Tetraederhypothese faßt RICHTER¹⁾ in seiner Arbeit, die das gleiche Thema wie die vorliegende behandelt, so auf, als müßten die vier Substituenten eines Kohlenstoffatoms fest in den Ecken eines Tetraeders liegen. Diese früher gelegentliche vertretene Form der Hypothese von der absolut festen Lage benachbarter Atome wird heutzutage wohl kaum mehr verfochten, wenn auch der richtige Standpunkt nicht immer so deutlich dargelegt wird, wie dies z. B. im Lehrbuch von MEYER-JACOBSON²⁾ geschehen ist. Danach sind die tetraedrischen Lagen nur als Gleichgewichtslagen anzusehen. Wenn andere Formen vorkommen, die LE BEL a priori als möglich ansieht, so müssen wegen der Zahl der beobachteten Isomeren diese Formen sehr leicht in die tetraedrische Form übergehen bzw. sich über die tetraedrische Lage ineinander umlagern können. Daß die tetraedrische Lage die energetisch bevorzugte, aber nicht die allein mögliche sein soll, hat besonders deutlich BAEYER³⁾ bei der Aufstellung seiner Spannungstheorie ausgesprochen: Abweichungen von der tetraedrischen Lage können vorkommen, sie bedingen aber eine Erhöhung des Energieinhaltes der Moleküls im Vergleich mit der tetraedrischen Lage. Sind keine Hinderungen durch Ringschluß vorhanden, so wird sich normalerweise eine tetraedrische Lage einstellen. Wenn RICHTER sagt: „Die VAN 't HOFFsche Deduktion des Tetraeders beruht auf der völlig willkürlichen Annahme, daß alle rein formal denkbaren Modifikationen auch realisierbar seien, so wird mit anderen Worten die Frage des Energieinhaltes, d. h. der Stabilität der auf dem Papier konstruierten Isomeren, ganz außer acht gelassen —“, so ist das gelegentlich wohl geschehen, als man z. B. gegen die BREDTSCHE Campherformel anführte, daß es nach ihr wegen der 2 asymmetrischen Atome 4 aktive Campher geben müsse, während nur zwei bekannt waren; ganz allgemein ist das aber, wie die BAEYERSCHE Spannungstheorie zeigt, nie der Fall gewesen.

Aber auch schon vor langer Zeit ging BAEYER davon ab, um in allen mit tetraedrischer Lage der Kohlenstoffatome konstruierbaren Modellen die normalen Atomlagen zu sehen. Das geht aus seiner Annahme über die ebene Struktur des Cyclohexanringes hervor, der sich aus unverzerrten Tetraedern nicht aufbauen läßt, während nach SACHSE „spannungsfreie“ räumliche Modelle möglich sind. In der Folge hat sich zwar diese BAEYERSCHE Vorstellung nicht als haltbar erwiesen, aber auch heute legt man sich noch die Frage vor, inwieweit das Tetraeder die zweckmäßigste Ausdrucksform für das chemische und physikalische Verhalten von Verbindungen ist, und ob man eine Beeinflussung der „Spannung“ — und somit des Energieinhaltes tetraedrischer und anderer Lagerungen — durch Substitution anzunehmen hat.

Die Existenz eines pyramidalen Pentaerythrits ist also zunächst nur insofern etwas Neues, als hier die

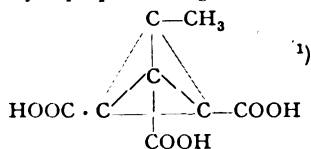
¹⁾ Naturwissenschaften 14, 889. 1926.

²⁾ Bd. I, S. 91.

³⁾ Ber. d. dtsh. chem. Ges. 18, 2277. 1885.

Abweichung vom Tetraeder nicht in einer ringförmigen Verbindung verwirklicht ist; in ringförmigen Verbindungen, wie z. B. im Cyclopropan oder gar in Ver-

bindungen vom Typ



muß man ähnlich große Verzerrungen annehmen. Von Bedeutung wäre es, festzustellen, ob die pyramidale Form des Pentaerythrits energiereicher oder energieärmer ist als die tetraedrische, d. h. ob die von der konsequent angewandten Spannungstheorie geforderte Spannung sich durch eine Erhöhung des Energieinhaltes beim pyramidalen Pentaerythrit zu erkennen gibt oder nicht.

2. Nun gibt die WEISSENBERGSche Theorie keinen Anhaltspunkt für die Größe der zwischen beiden denkbaren Formen des Pentaerythrits bestehenden Energiedifferenz, ja, sie vermag nicht einmal das Vorzeichen anzugeben. Denn die Tatsache, daß im kristallisierten Pentaerythrit das pyramidale Molekül vorkommt, beweist noch nichts für einen besonders geringen Energieinhalt derselben Form in gelöstem oder gasförmigem Zustand. Die Vermutung, daß die Energiedifferenz der genannten Konfigurationen klein ist — einige Cal., Größenordnung der Schmelzwärme, die beiläufig meist nicht ein Hundertstel der Atombindungsenergie oder weniger, sondern bis zu 10% davon ausmacht²⁾ —, ist nicht streng bewiesen, da die Schmelzwärme als Differenz der Gitterenergie und der Deformationsenergie der Moleküle aufzufassen ist. Auch wenn man aber die genannte Vermutung als richtig annimmt, folgt aus dem von WEISSENBERG und REIS selbst zitierten Verteilungssatz *nicht* annähernd gleiches Mengenverhältnis der Isomeren im flüssigen oder gasförmigen Zustand, z. B. für eine Umwandlungswärme von 0,5 Cal 71 : 29; von 2 Cal 97 : 3; von 4 Cal 99,9 : 0,1.

Beim Schluß von der Symmetrie der Moleküle im Gitter (Mikrobausteine) auf die Symmetrie der isolierten Moleküle muß man sehr vorsichtig sein, da die ins Gitter eintretenden Moleküle infolge Wirkung der Kraftfelder der Nachbarmoleküle Deformationen erleiden, die eine Änderung der Symmetrie zur Folge haben können. Über die mögliche Größe dieser Deformationen, die, wenn stetig, stets mit Erhöhung des Energieinhaltes verbunden sind, kann man vorläufig keine Aussagen machen. Man hat daher mit der Möglichkeit zu rechnen, daß auch der pyramidale Pentaerythrit seine Entstehung einer solchen Deformation der tetraedrischen Form verdankt. Aber es bleibt jedenfalls die Annahme WEISSENBERGS zu diskutieren, wonach der pyramidale Pentaerythrit entweder einer relativ stabilen oder gar absolut stabilen Lage der Atome in flüssigem oder gasförmigem Zustand entsprechen kann. Darüber können jedoch nur neue Experimente entscheiden.

Ein Punkt, den RICHTER in seiner Zusammenfassung nicht erwähnt, sind die Zweifel WEISSENBERGS an der Zuverlässigkeit der auf die Zahl der Isomeren sich gründenden Konfigurations- und Konstitutions-

bestimmungen der nach der klassischen Theorie vorauszuhenden Verbindungen. Sie gründen sich darauf, daß die WEISSENBERGSche Theorie viel mehr Isomere verlangt als die VAN 'T HOFFsche Hypothese. Wie eine nähere Prüfung zeigt, erweisen sich diese Zweifel jedoch als nicht berechtigt, da im allgemeinen die Stabilität der von VAN 'T HOFF geforderten Isomeren nach den vorliegenden Erfahrungen von ganz anderer Größenordnung sein muß als die der nach WEISSENBERG möglichen Isomeren.

Die vorstehenden Ausführungen werden in einer Arbeit, die in den „Berichten“ im Druck ist, noch ausführlich begründet werden.

Göttingen, den 11. Oktober 1926. WALTER HÜCKEL.

Lichtquanten und Lichtwellen.

In der immer mehr an Boden gewinnenden dualistischen Vorstellung vom Wesen der Strahlung („Wellen und Korpuskeln“), welche auch auf die materiellen Vorgänge übergreifen hat, ist offenbar von besonderer Wichtigkeit die Frage, welchem Teilwellenvorgang im allgemeinen (*nicht* gerichteten) Strahlungsfelde die einzelnen Korpuskeln zuzuordnen sind. Man kann die hierfür in Frage kommenden Möglichkeiten folgendermaßen formulieren: entweder ist ein Lichtquant Repräsentant des *ganzen* Wellenfeldes in einer gewissen Umgebung oder aber einer ebenen Partialwelle. Im ersten Falle käme man wohl kaum um den Schluß herum, daß der Impuls eines Lichtquants $h\nu$ im allgemeinen kleiner als $h\nu/c$ sein müßte, da für ein klassisches Strahlungsvolumen das Verhältnis Energie : Impuls im allgemeinen kleiner als c ist; das Lichtquant würde sich danach stets in der Richtung des POYNTINGschen Vektors, und zwar im allgemeinen mit Unterlichtgeschwindigkeit, bewegen. Im zweiten Falle wäre dagegen der Lichtquantenimpuls stets genau $h\nu/c$, die Bewegung gradlinig mit der Geschwindigkeit c . Dies ist die Überlegung, die dem folgenden Experiment zugrunde lag.

Die Strahlung eines Röntgenrohres mit W-Anode (100 kV konst.) fiel auf zwei gleich weit entfernte Paraffinprismen („Primärstrahler“). Die an diesen gestreute Strahlung traf ein drittes Paraffinprisma („Sekundärstrahler“), welches sich in der Mitte zwischen den beiden Primärstrahlern befand. Die am Sekundärstrahler zum zweiten Mal, und zwar unter 90° , gestreute Strahlung wurde auf ihre Absorbierbarkeit untersucht. Durch die beschriebene Anordnung wurde erreicht, daß im Sekundärstrahler zwei entgegengesetzt gerichtete Strahlungen von gleicher Intensität gleichzeitig bestehen, so daß der mittlere Energiefluß verschwindet. Würde man nun entsprechend der ersten der beiden erwähnten Möglichkeiten annehmen, daß in diesem Falle der Lichtquantenimpuls wesentlich kleiner als $h\nu/c$ ist, so wäre die COMPTON-DEBYESche Quantentheorie der Zerstreuung, welche ja mit dem Impuls $h\nu/c$ rechnet, nicht mehr direkt anwendbar, sie müßte einer kleinen Abänderung unterzogen werden, deren Resultat darin besteht, daß die Wellenlängenänderung wesentlich kleiner wird. Es wäre also zu erwarten, daß die zweimal gestreute Strahlung härter ist, wenn beide Primärstrahler aufgestellt sind, als wenn einer von ihnen entfernt ist. Die Messungen ergaben keinerlei Andeutung eines derartigen Effektes. Eine etwaige Änderung des Comptoneffektes im beiderseitigen Strahlungsfelde könnte nicht mehr als etwa 1% des normalen betragen. Dieses Resultat bezieht sich zunächst auf die gesamte (Brems- + WK-) Strahlung des Rohres, doch enthielt diese immerhin

¹⁾ BEESLEY und THORPE, Soc. 117, 602. 1920.

²⁾ Man darf hier nicht etwa Sublimationswärme und Aufspaltungsarbeit des Moleküls in lauter Einzelatome vergleichen, Werte, die FAJANS einmal (Ber. d. dtsh. chem. Ges. 55, 2835. 1922) nebeneinander gestellt hat.

genügend WK-Strahlung, daß auch für diese allein ein Effekt von der zu erwartenden Größe ausgeschlossen erscheint.

Dieses Ergebnis besagt, daß die Lichtquanten den ebenen *Partiellen* zuzuordnen sind. Es ist nicht zu leugnen, daß der Anschauung hieraus ganz fundamentale Schwierigkeiten entstehen. Denken wir uns z. B. eine streng monochromatische stehende Welle, so läßt die Erfahrung keinen Zweifel darüber, daß in den Knotenebenen keine Lichtquanten sein können, obwohl zwischen ihnen solche mit Lichtgeschwindigkeit sich befinden. Somit kann von einer kontinuierlichen „Bewegung“ der Quanten („Ort = stetige Funktion der Zeit“) überhaupt nicht gesprochen werden, obwohl nach früheren Versuchen der Erhaltungssatz für die Lichtquanten strenge Gültigkeit besitzt. Mit allem Vorbehalt könnte man etwa sagen, daß die Lichtquanten „springen“; die Mängel einer solchen Ausdrucksweise wären wohl dieselben wie bei den „springenden“ Elektronen der älteren Quantentheorie.

Eine Auffassung wie die kürzlich von L. DE BROGLIE¹⁾ angedeutete, wonach im Interferenzfeld die Lichtquanten sich mit veränderlicher Geschwindigkeit senkrecht zu den Flächen gleicher Phase bewegen sollen, ist nach unserem Versuchsergebnis nicht möglich. Sollte dieses sich wirklich auch auf die Materiewellen übertragen lassen, so würden ebenfalls wohl der SCHRÖDINGERSchen Vorstellung von den „Wellenpaketen“ erhebliche Schwierigkeiten entstehen.

Versuchen wir noch, unser Resultat für die Strahlungsstatistik nutzbar zu machen, so liegt es nahe, als wellenmäßiges Korrelat des Lichtquants genauer nicht eine streng ebene Welle, sondern ein „Elementarbündel“ (im LAUESchen Sinne) von geringem Frequenzbereich, großer Länge und kleinem Öffnungswinkel zu verstehen. Jedes Elementarbündel kann beliebig viele (auch 0) Quanten enthalten; ihre mittlere Zahl wird durch die klassisch berechnete „Energie“ des Bündels bestimmt. Die unabhängigen Elemente der Statistik sind also nicht die Lichtquanten, sondern die Elementarbündel, deren Zahl gleich derjenigen der Boseschen Phasenzellen ist. Dies dürfte der eigentliche Sinn der Boseschen Statistik sein. Man gewinnt auf diesem Wege ein trotz allem wieder recht anschauliches Bild von der Energieverteilung und besonders den Energieschwankungen in der Strahlung, wie in der demnächst in der Zeitschr. f. Phys. erscheinenden ausführlichen Arbeit gezeigt werden soll.

Berlin-Charlottenburg, Physikalisch-Technische Reichsanstalt, den 6. November 1926. W. BOTHE.

¹⁾ L. DE BROGLIE, Nature 118, 441. 1926.

Beobachtungen über Wasserführung und Eisstoß an Flüssen Lapplands.

Auf meiner diesjährigen Lapplandreise (s. den Bericht über die vorjährige in dieser Zeitschr. 13, H. 45) habe ich ausgedehnte Bootfahrten unternommen, die mir Gelegenheit gaben, einige Erscheinungen im Leben natürlicher Flüsse zu beobachten, die bisher meines Wissens nicht so deutlich erkannt sind.

Es handelt sich bei den Flüssen Inner-Lapplands um Ströme, die noch ganz im Urzustand sich befinden, an denen jedenfalls in ihren oberen Teilen noch keine



Fig. 1. Käkälajoki oberhalb Peltoonoma. Einfassung durch natürliche „Deiche“ mit Weiden- und Birkengebüsch. G. BRAUN phot. 1926.



Fig. 2. Eisbestoßener Stein im Bett des Muonio-Flusses ges. von oberhalb. G. BRAUN phot. 1926.

bessernde menschliche Hand eingegriffen hat. Sie sind auch morphologisch gesprochen noch sehr jung, da ja die Eiszeit dort erst seit ein paar tausend Jahren vorbei ist, sie scheiden sich deutlich in ruhige, oft secartig erweiterte Stellen, zwischen denen Stromschnellen liegen. Die Anwohner, denen die Flüsse als einzige im Sommer benutzbare Verkehrswege dienen, bezeichnen die ruhigen Stellen auf schwedisch als „sel“, auf finnisch als „suvanto“, die Stromschnellen als „niva“, wenn sie geringes Gefälle haben; als „koski“, wenn sie kräftig sind (Finnisch). Die Wasserführung schwankt sehr: am Käkälajoki, einem der Quellflüsse des großen Ounasjokisystems, das bei Rovaniemi sich mit dem

Hilfe der aus dem Deformationstensor für einfache und doppelte Gleitung abgeleiteten Beziehungen wurden Schablonen für graphische Umrechnung entworfen, die für alle Metalle mit gleichem Gleitmechanismus, also für alle Metalle mit regulär-flächenzentriertem Gitter gültig sind¹⁾.

2. Die Kurven: Schubspannung-Abgleitung für verschiedene Krystalle verlaufen sowohl bei einfacher wie doppelter Gleitung gleichartig innerhalb eines Bereichs von $\pm 15\%$ um den Mittelwert. Krystalle, deren Stabachse einer Würfeldiagonale nahezu parallel geht, zeigen hierbei i. M. einen um $10-15\%$ größeren Widerstand als andere Krystalle. Die Kurven: Zugspannung-Dehnung und Zugspannung-Querschnittsverminderung verlaufen dagegen bei verschiedenen Krystallen sehr verschiedenartig; ebenso ergeben die Kurven: Schubspannung-Dehnung²⁾, Schubspannung-Querschnittsverminderung und auch Schubspannung-Abschiebung³⁾ keine gute Übereinstimmung.

3. Die Festigkeit der Krystalle zeigt nahezu die gleiche Abhängigkeit von der Orientierung wie die Zugspannung, die eine konstante Schubspannung in der Ausgangslage hervorruft. Krystalle, deren Achse einer Würfeldiagonalen parallel geht, haben eine fast doppelt so große Festigkeit wie solche Krystalle, bei denen eine Gleitfläche unter etwa 45° zur Stabachse liegt.

4. Der Einschnürbeginn, der die Dehnung der Krystalle bestimmt, kann experimentell aus dem Zusammenhang zwischen Dehnung und Querschnittsverminderung, und theoretisch aus der Höchstlastbedingung⁴⁾ in guter Übereinstimmung ermittelt werden. Krystalle, deren Achsen nahezu parallel einer Würfeldiagonalen verlaufen, die also den größten Weg bei einfacher Gleitung zurücklegen, haben die höchste Dehnung, Krystalle, deren Achsen der Würfeldiagonale parallel liegen, die geringste.

5. Die beobachteten Querschnittsänderungen der Krystalle weichen in geringem Maße von den errechneten ab. Insbesondere tritt die rechnerisch geforderte Verbreiterung der größten Querschnittsabmessung nur bei Orientierungen der Stabachse in größerer Entfernung von der Würfelachse ein. Diese Beobachtungen deuten darauf hin, daß der Gleitmechanismus durch Hineinspielen von Gleitbewegungen auf anderen (als den durch die Spannungsverhältnisse bevorzugten) Gleitsystemen etwas gestört wird.

Die Untersuchung wird an anderer Stelle vollständig veröffentlicht werden.

Berlin-Dahlem, den 6. November 1926.

Frhr. v. GÖLER, R. KARNOP und G. SACHS.

Notiz über die Art des Regenbogenlichtes.

Beobachtet man die schöne Himmelserscheinung des Regenbogens durch ein vor das Auge gehaltenes Nicolsches Prisma, so erkennt man beim Drehen des Nicols ein bogenstückweises Verschwinden des Phänomens. Das Regenbogenlicht ist somit sehr ausgeprägt linear polarisiert, und zwar verlaufen seine Schwingungen tangential zum Bogen. Das gilt sowohl für den Haupt- als auch für den Nebenregenbogen.

¹⁾ C. F. ELAM, Proc. Roy. Soc. 112 A, 289—296, 1926.

²⁾ G. J. TAYLOR und C. F. ELAM, a. a. O.

³⁾ E. ROSBAUD und E. SCHMID, Zeitschr. f. Phys. 32, 97—225, 1925.

⁴⁾ G. SACHS, Ber. Werkstoffausschuß V. D. Eisenhüttenleute Nr. 58 (1925); Mech. Technologie, S. 26, Leipzig, 1925.

Eine einfache hier nicht näher zu erörternde Überschlagsrechnung liefert die damit harmonisierenden zahlenmäßigen Verhältnisse.

Der erwähnte, immerhin doch sehr drastische Umstand ist, wie es scheint, im Kreise der naturkundlich Interessierten sehr wenig bekannt. In den mir zugänglichen physikalischen Lehrbüchern, ja selbst in dem großen meteorologischen Werke von PERNTNER-EXNER, das dem Regenbogen 80 Seiten widmet, fehlt eine entsprechende Darlegung. Indes ist in der Abhandlung von CHR. WIENER über die Helligkeit des klaren Himmels der in Rede stehende Umstand in allgemeineren Erörterungen mit enthalten, und in den theoretischen Studien von W. MÖBIUS über den Regenbogen findet man eine einschlägige Berechnung, indes auch nicht für Wassertropfen, sondern für Glaskugeln.

Es ist der Zweck obiger Notiz, die erwähnte, mir seit vielen Jahren bekannte Erscheinung mehr als jetzt der Fall ist in den Interessentenkreis, besonders auch der Lehrer an Schulen, zu rücken.

Nach einer von meinem Assistenten Dr. S. RÖSCH ausgeführten Berechnung ist das Verhältnis der Intensitäten des senkrecht zur Einfallsebene schwingenden Lichtes zu der des in der Einfallsebene schwingenden $I' : I''$ beim Hauptregenbogen etwa $21 : 1$. Für den Nebenregenbogen ergibt sich $I' : I''$ zu etwa $8,5 : 1$.

Der Gang der Rechnung und ihre Ergebnisse hinsichtlich der Regenbögen höherer Ordnung sollen im Zentralbl. für Mineralogie veröffentlicht werden.

Leipzig, den 22. November 1926.

FRIEDRICH RINNE.

Über den giftigen Honig des pontischen Kleinasien.

Zu dem Aufsatz gleichen Titels von K. KRAUSE in Heft 44, S. 976 dies. Wochenschr. ist zu bemerken, daß dieses toxikologische Problem längst vollständig aufgeklärt ist. Wie KRAUSE richtig angibt, sind es verschiedene pontische Alpenrosen-, also Rhododendronarten, welche den Gifthonig liefern. Der Giftstoff derselben ist das stickstofffreie bitter schmeckende *Andromedotoxin*, welches PLUGGE und ZAAIJER schon in den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts isoliert und in vielen Ericaceen nachgewiesen haben. Es fehlt bemerkenswerterweise in den bei uns bekanntesten Alpenrosen, Rhododendron ferrugineum und hirsutum. Näheres kann in A. J. KUNKEL, Handbuch der Toxikologie, Jena 1901, S. 942 oder in R. KOBERT, Lehrbuch der Toxikologie, Stuttgart 1906, Bd. II, S. 1149, nachgelesen werden.

Bonn, Pharmakologisches Institut der Universität, den 28. Oktober 1926.

H. FÜHNER.

* * *

Der interessante Aufsatz von Herrn K. KRAUSE kann ergänzt werden durch Hinweis auf frühere Veröffentlichungen.

Nachdem schon W. STOCKMANN (vide J. C. TRESH, Notes on trebizonde Honey. The Pharmac. Journ. and Transactions 1887/88, S. 397) Andromedotoxin für die Giftwirkung des giftigen Honigs als vermutliche Ursache angegeben hat, wurde von dem verstorbenen Groninger Professor PLUGGE der Beweis geliefert, daß den Nektarien von Rhododendron ponticum ein giftiger Honig entnommen werden kann. Dieser Honig vermochte schon in kleinen Dosen (40—90 mg) bei Fröschen die für Andromedotoxin typischen Vergiftungssymptome hervor zu rufen.

Von PLUGGE und seinen Schülern sind viele Ericacee

auf die Anwesenheit des Andromedotoxins untersucht worden. Auch Rhododendron ponticum enthält diesen Stoff. Aus dem Honig, welchen den Nektarien entnommen wurde, konnte Andromedotoxin isoliert werden.

Die Untersuchungen PLUGGES finden sich u. a. m. Arch. f. Pharmazie 1891, S. 554.

Leiden, den 20. November 1926. L. VAN ITALLIE.

Albrecht Penck und die Meereskunde.

In den Naturwissenschaften 14. H. 21 hatte ich mich unter dem Titel „Albrecht Penck, die Meereskunde und die ‚Meteor‘-Expedition“ gegen nicht weniger als 3 Aufsätze von Herrn A. PENCK wenden müssen, die zahlreiche und nicht unbedeutende Irrtümer enthalten. PENCK hat in den Naturwissenschaften H. 41 eine längere Entgegnung unter dem Titel „A. Merz und die ‚Meteor‘-Expedition“ gebracht.

Soweit diese mit der Vorgeschichte der „Meteor“-Expedition sich befaßt, gehe ich nicht wieder darauf ein, um an meinem Teile dies nationale Unternehmen dem Streite endlich zu entziehen; PENCKs Einzelheiten können auch unmöglich die Allgemeinheit interessieren oder von ihr kontrolliert werden. Da, wie PENCK selbst wiederholt, meine Berichterstattung mit Zustimmung der Notgemeinschaft unter Benutzung von Unterlagen, die die Marineleitung zur Verfügung stellte, sowie auf Grund eigener Kenntnis und Mitwirkung bei den Vorarbeiten erfolgt war, bleibt kein Raum für irgendwelche sachlichen Unrichtigkeiten meinerseits.

Wissenschaftlich wichtig ist allein die Frage, wem das Verdienst für die großen, umwälzenden neuen Anschauungen der Meereskunde über die ozeanischen Wasserumsetzungen gebührt. Dies allein drückt A. PENCK wohl letzten Endes immer wieder die Feder in die Hand, um seinem Schüler A. MERZ die Priorität des Gedankens zu sichern. Wenn er jetzt auch W. BRENNECKES Verdienste mit anerkennt, so ist dies ein Fortschritt; aber er genügt nicht. Die ersten neuzeitlichen Beobachtungen in dieser Richtung stammen von der „Gauss“-Expedition E. v. DRYGALSKI 1901–1903, der schon in seinen Vorberichten auf die merkwürdigen Salzgehaltsverhältnisse in der atlantischen Zwischenschicht hingewiesen hat. Was alles die „Gauss“-Expedition in dieser Hinsicht beobachtete, erkennen wir jetzt erst deutlich aus dem soeben ausgegebenen großen Buche E. v. DRYGALSKI: „Ozean und Antarktis“, Berlin 1926. Dann aber kam hauptsächlich durch W. BRENNECKES Tätigkeit und Ergebnisse auf S. M. S. „Planet“ und „Deutschland“, also 1906 und 1911, die Frage in vollen Fluß, und BRENNECKE hat in allen wesentlichen Punkten schon 1911, dann ausführlich 1921 ungefähr gleichzeitig mit A. MERZ und G. WÜST (1922 usw.), die neuen Vorstellungen, die wir heute

haben, begründet. BRENNECKE allein hat das neue, in allen Beziehungen einwandfreie und genügend zahlreiche Beobachtungsmaterial beigebracht. MERZ und WÜST haben in älteren Werken, besonders des „Challenger“ und der „Gazelle“, entsprechende Daten systematisch untersucht und bearbeitet; sie würden es wohl nicht unternommen haben, ihre neuen Profile zu zeichnen und zu veröffentlichen, wenn sie nicht als wichtige Stütze für die alten Daten die neuen von v. DRYGALSKI und besonders von BRENNECKE gehabt hätten.

So stellt sich für jeden Unbefangenen die geschichtliche Entwicklung dar. Es ist leider richtig, daß Berufene und Unberufene, wie W. MEINARDUS vor kurzem in Petermanns Geogr. Mitt. 1926, S. 219, ausführte, sich förmlich gedrängt haben, zu dieser ganzen Frage das Wort zu nehmen. MEINARDUS' Darlegung deckt sich genau mit meiner hier oben nur skizzierten Auffassung und ich kann den Lesern der „Naturwissenschaften“, sofern sie daran Anteil nehmen, nur raten, diese Zeilen des Göttinger Gelehrten auch zu lesen. Auch E. v. DRYGALSKI hat sich ebenfalls vor wenigen Wochen, in den Sitzungsber. d. Münch. Akad. Juni 1926, gegen die „sachlich und historisch irreführende Darstellung“ gewandt, die A. PENCK über die historische Entwicklung dieser unserer Kenntnisse von der Tiefenbewegung der Ozeane in der Deutschen Lit.-Zeitg. 1926, Nr. 19 gegeben hat. Dazu kommt die Stellungnahme von O. PETTERSSON, Göteborg, die in den Naturwissenschaften H. 21 von mir angeführt wurde und gleichfalls PENCKs Auffassung widerlegt. Somit haben wir jetzt vier voneinander unabhängige Äußerungen, die alle gegen PENCKs Darstellung sich richten. Ich verzichte deshalb auf jede weitere Widerlegung im einzelnen, bis auf einen persönlichen Punkt. PENCK behauptet, ich hätte die neue Darstellung der ozeanischen Großwasserbewegungen „ohne Quellenangabe“ in der zweiten Auflage meiner „Geographie des Atlantischen Ozeans“ wiedergegeben. Dabei sind S. 142 alle die Namen der in Betracht kommenden Forscher, auch MERZ-WÜST genannt und auf S. 140 und 141, die die entscheidenden Profile bringen, steht unter jeder Figur deutlich „Nach W. BRENNECKE“. Warum ich nicht „Nach A. MERZ“ schrieb, ist wohl aus meiner obenstehenden Übersicht verständlich; aber einerlei; wie A. PENCK sagen kann, die Darstellung sei ohne Quellenangabe erfolgt, ist für mich, „um keinen schärferen Ausdruck zu gebrauchen, eine große Unbegreiflichkeit“, eine ebenso große Unbegreiflichkeit wie die, wenn A. PENCK in der Dtsch. Lit.-Zeitg. 1926, S. 917 schreibt, „ich (SCHOTT) sehe in den Meeresströmungen lediglich eine unmittelbare oder mittelbare Windwirkung“, während z. B. nur ein Blick in meine „Physische Meereskunde“ 3. Auflage 1924, S. 141–146, ihn vom Gegenteil überzeugt hätte.

Hamburg, den 12. Oktober 1926. G. SCHOTT.

Besprechungen.

WOHLWILL, EMIL, Galilei und sein Kampf für die kopernikanische Lehre. Band I: Bis zur Verurteilung der kopernikanischen Lehre durch die römischen Kongregationen. Hamburg und Leipzig 1909. — Band II: Nach der Verurteilung der kopernikanischen Lehre durch das Dekret von 1616. Leipzig: Leopold Voss 1926. XXII, 435 S. und 1 Tafel. Preis geh. RM 16.—, geb. RM 18.50.

17 Jahre nach dem ersten Bande ist jetzt der zweite erschienen. Er ist aus dem Nachlaß des Verfassers herausgegeben, und das Vorwort, das eine große Zahl

von Mitwirkenden aufzählt, ist unterzeichnet von Dr. med. FRIEDRICH WOHLWILL in Hamburg. Die Galileibiographie, die E. WOHLWILL zu seinem Lebenswerk machte, ist zeitlich über sein Leben hinausgewachsen. Als er den ersten Band nach 40 jährigen Vorstudien veröffentlichte, war er schon 74 Jahre alt. Als er 3 Jahre darauf starb, hinterließ er als „nicht fertig“ gekennzeichnete Ausarbeitungen zu 6 Kapiteln des zweiten Bandes, ein als fertig bezeichnetes Schlußkapitel „Nach GALILEI'S Tod“, Aufzeichnungen zu den Prozeßakten, die er nach seinem Besuch in Rom und

dem Studium des einschlägigen Vatikanmanuskriptes 1891 niedergeschrieben und zur Veröffentlichung bestimmt hatte, und eine Abhandlung aus dem Jahre 1911 „Über den Betrug des SIMON MARIUS aus Gunzhausen.“ (der die Entdeckung des Jupitertrabanten für sich in Anspruch genommen hat). Aus diesem Material ist unter vielfacher Benutzung später bekannt gewordener Literatur dann der zweite Band zusammengestellt. Die beiden letzten Abhandlungen sind ihm samt einem Abschnitt „Sagenhafte Ergänzungen der Jugendgeschichte“ als Anhänge beigelegt. Sonst aber ist alles so organisch zusammengefügt, und schließt sich dem ersten Bande so wohl an, daß dem Referenten wenigstens nur das kurze Hinweggehen über den Inhalt der „Discorsi“ über die Mechanik und die Fallgesetze von 1638 als eine vermutliche Folge der Entstehung des zweiten Bandes aufgefallen ist. Und auch dieser Mangel wird dadurch zum großen Teil aufgehoben, daß der Inhalt dieser Schrift Forschungen aus der Paduaner Zeit GALILEIS entstammt, und diese Forschungen im ersten Bande eingehend besprochen sind.

Werfen wir einen Blick auf den Hauptinhalt beider Bände: Eine Einleitung über die Entstehung des kopernikanischen Systems und seine Aufnahme bei den Zeitgenossen dient dazu, die Heftigkeit der Kämpfe verständlich zu machen, in die sich GALILEI verwickelte. Sodann lesen wir von GALILEIS Jugendgeschichte, seinen mathematischen Studien, seiner ersten Professur in Pisa. 1592 folgt er einem Ruf der Republik Venedig an die Universität Padua, der er 18 Jahre als Mathematiker angehört. In diese Zeit „die beste seines ganzen Lebens“ fallen die Untersuchungen über die Mechanik (freier Fall, Pendelbewegung), die ihn weit über die aristotelische Physik hinausführen, und die er später in den schon erwähnten „Discorsi“ zusammengefaßt hat. Auch Kopernikaner wurde er um diese Zeit, ohne jedoch als solcher hervorzutreten.

Die entscheidende Wendung bringt dann die Erfindung des Fernrohrs. Auf unbestimmte Gerüchte aus Holland hin setzt GALILEI selbst aus einer Konvex- und einer Konkavlinse 1609 ein solches Instrument zusammen, und zwar rein durch probieren; die Theorie hat erst später KEPLER gegeben. Er demonstriert es in Venedig und überreicht ein Exemplar der Signoria, die ihm mit Verdoppelung seines Gehaltes und lebenslänglicher Anstellung dankt. Unter den Vielen, die damals solche Instrumente besitzen, ist aber GALILEI der einzige, der es mit Erfolg für astronomische Beobachtung anzuwenden versteht. Er entdeckt die Ähnlichkeit der Mond- mit der Erdoberfläche, die Phasen der Venus, die 4 Monde des Jupiter und ihre Umläufe und bemerkt die ersten, nicht richtig deutbaren Anzeichen des Saturnringes. Aus dem allem werden ihm zwingende Beweise für KOPERNIKUS. Die wohlberechnete Benennung der Jupitermonde als „medizeischen Sterne“ bringt ihm die Erfüllung seines alten Wunsches, vom Lehramt befreit am Hofe des Großherzogs von Toskana in seiner Heimatstadt sich der Forschung hingeben zu können. Und so siedelt GALILEI 1610 aus der Republik Venedig, die die Forderungen der Inquisition mehr als einmal abgelehnt hat, über in eine absolute Monarchie, bei der aber die Souveränität des Fürsten Machtsprüchen aus Rom gegenüber gänzlich versagte. In der Tat hat der Großherzog ihm in den späteren Kämpfen keinen Schutz zu gewähren gewagt, der über liebenswürdige Empfehlungen hinausging.

Zunächst freilich sieht es nicht nach solchen Kämpfen aus. Gewiß begleitet die Gegnerschaft der Gelehrten der alten Schule jede seiner Schriften. Aber in Rom

wird er 1611 bei einem Besuch von allen Seiten auf das höchste gefeiert. Durch Augenschein überzeugt er die Gelehrten des Collegium Romanum von der Richtigkeit seiner astronomischen Beobachtungen, wird vom Papst i. Audienz empfangen und Mitglied der Academia dei Lincei. Freilich auf die kopernikanische Deutung, insbesondere auf die Bewegung der Erde, bezieht sich die Zustimmung, die man ihm ausspricht, nicht, und in den geheimen Akten der Inquisition taucht damals zuerst der Name GALILEIS auf.

Wes das Herz voll ist, des geht der Mund über. Ob nun GALILEI über schwimmende Körper oder über die Sonnenflecken schreibt, oder eine (übrigens irrtümliche) Theorie der Ebbe und Flut vertritt, immer schreibt er kopernikanisch. Und erst leise, aber allmählich lauter taucht unter den Gründen seiner Gegner der auf: Nach der Bibel ruht die Erde. Und dann dauert es nicht mehr lange, daß bei der Inquisition direkte Denunziationen wegen ketzerischer Lehren einlaufen. Schon bevor diese eine sichtbare Wirkung ausüben, sucht sich GALILEI mit dem Widerspruch zwischen dem Wortlaut der Schrift und der wissenschaftlichen Erkenntnis auseinander zu setzen. Es ist tief schmerzlich, zu beobachten, mit welchem Aufwand von Zeit und Sophistik der große Mann den aussichtslosen Versuch immer wiederholt, einen Widerspruch fortzuschaffen, der doch nun einmal da ist. Für ihn handelte es sich sichtlich um mehr, als einem offiziellen Schritt der kirchlichen Autoritäten vorzubeugen; er litt innerlich unter dem Zwiespalt. 1615 begann die Inquisition mit Nachforschungen, was GALILEI über die Erdbewegung mündlich lehre, und trotz seiner persönlichen Bemühungen in Rom und, obwohl man ihn dort als Schützling des Großherzogs von Toskana nicht ohne Rücksicht behandelte, kam es im Februar 1616 zu dem Urteil der Inquisition, das die Sätze von der Bewegung der Erde um die ruhende Sonne als ketzerisch verdammt. Kardinal BELLARMIN lud GALILEI auf Befehl des Papstes vor sich und ermahnte ihn, die genannten Sätze aufzugeben. GALILEI erklärte, sich der Weisung zu unterwerfen (26. II. 1616). Auch sonst stößt das Verbot nirgends auf offenen Widerspruch.

Eine Möglichkeit ließ das Dekret offen: GALILEI durfte die Erdbewegung „als Hypothese“ vertreten. Etwa nach dem Schema: Alle wissenschaftlichen Gründe sprechen für sie, aber trotzdem kann sie nach höherer Offenbarung nicht für wahr gehalten werden. Daraut sucht sich GALILEI in der Folgezeit zurückzuziehen. Schlecht genug gelingt es ihm. Denn was nutzt die Beteuerung der Unterwerfung unter höhere Offenbarung in Einleitung und Schluß eines Buches, wenn der gesamte sonstige Inhalt ein mit GALILEISCHER Überzeugungskraft geschriebener Beweis für KOPERNIKUS ist?

Mit Hängen und Würgen erteilt zwar die kirchliche Zensur den „Dialogen über Ebbe und Flut“, wie GALILEI anfangs das Buch vorsichtshalber nennen will, die Druckerlaubnis. Aber zu Verdächtigungen und Intriguen finden persönliche Gegner in ihnen Stoff genug. Und als sie erst Papst Urban VIII., der als Kardinal Barberini in nahen Beziehungen zu GALILEIS römischen Freunden gestanden hat, eine Stelle zeigen, durch die er sich persönlich getroffen fühlen konnte, da ist das Unheil nicht mehr abzuwenden. Die Inquisition macht ihm den Prozeß, bei den Verhören fehlt nicht die Drohung mit der Folter; und trotzdem bedurfte es noch eines (nach WOHLWILL) gefälschten Aktenstückes, um zu dem beabsichtigten Urteil zu gelangen. GALILEI muß abschwören, und wird zu Ge-

Ein Jahr darauf erscheinen sie in lateinischer Übersetzung in Holland. Aus seiner Haft heraus hat GALILEI sie ins Ausland gerettet. Und ebenso gelingt ihm dies noch mit anderen Schriften, z. B. mit den Unterredungen über Mechanik und die Fallgesetze, dem letzten und reifsten seiner physikalischen Werke. Es ist das Buch, von dem an die heutige Mechanik datiert. Aber ungeschwächt bleibt auch 9 Jahre lang der Haß seiner Feinde und ihre Furcht. Dem 78 jährigen, erblindeten, mehr einem Leichnam ähnlichen Greis gestatten sie nur auf wenige Wochen und unter den schärfsten Beschränkungen den erbetenen Aufenthalt in Florenz. In seinem Gefängnis stirbt er 1642. Selbst über den Tod hinaus verfolgt ihn der Haß und die Dekrete von 1616 bleiben zwei Jahrhunderte lang in Kraft, bis sie endlich 1822 unter einer an den Haaren herbeigezogenen Rechtfertigung für die frühere Entscheidung aufgehoben werden.

Dabei ist das Buch keine Verhimmelung. Es stellt einen großen Menschen dar, mit seinen Irrtümern und seinen Schwächen, mit seinen gelegentlichen Verkennungen der Leistungen anderer. Auch das gehört zu der geistigen Entwicklung GALILEI, der Wohlwille mit feinem, physikalischem und menschlichem Verständnis nachgeht. Um so heller strahlen uns die weltgeschichtlichen Leistungen GALILEI aus dem Buch entgegen, wenn wir sehen, daß sie nicht einem Übermensch auf unbegreifliche Weise in den Schoß gefallen sind, sondern als Siege in einem dauernden heißen Ringen mit dem Irrtum von einem Menschen erkämpft sind.

Die Grundlage der ganzen Darstellung aber bildet eine (nach FR. WOHLWILL) „fast auf die Spitze getriebene“ historische Gewissenhaftigkeit, die keine irgendwie erreichbare Quelle außer acht gelassen hat. Sie gibt dem Werk einen wissenschaftlichen Rang, durch den es in der Literatur über die Geschichte der Physik wohl einzig dasteht. M. V. LAUE, Berlin.

LOHR, E., Atomismus und Kontinuitätstheorie in der neuzeitlichen Physik. Wissenschaftliche Grundlagen, herausgegeben von R. HÖNIGSWALD. Heft 6. Leipzig und Berlin: B. G. Teubner 1926. 82 S. Preis RM 4.-.

Der Autor, ein Schüler des Brünner Physikers ist aus

Die Abhandlung des Brünner Physikers ist aus einem Salzburger Hochschulkursus hervorgewachsen.

Nach einigen auf ZELLER und WINDELBAUD gestützten Angaben über den griechischen Atomismus gibt sie einen knappen Überblick über die moderne Atomistik, einen Überblick, der mit dem 17. Jahrhundert anhebt, die Gastheorie, den chemischen Atomismus, die Elektronen- und Quantentheorie und ihre Schwierigkeiten berücksichtigt und bis zu HEISENBERGS Quantenmechanik sich erstreckt. Der 2. Hauptteil behandelt die Kontinuitätstheorie, zu der Verf. selber sich bekennt. Zustandsvariable und in Differentialgleichungen zu fassende Feldgesetze seien die kontinuitätstheoretischen Grundbegriffe, GUSTAV JAUMANN († 1924), der Schüler MACHS, habe das Programm der Kontinuitätstheorie als erster folgerecht formuliert: alle Naturbeschreibung habe zu erfolgen in linearen, partiellen Differentialgleichungen erster Ordnung, enthaltend möglichst wenige Zustandsvariable; Materie sei zurückzuführen auf relativ beständige Feldzustände, Ge-
schwindigkeit sei aufzufassen als bloße Zustandsvariable, Materialkonstanten seien darzustellen als Funktionen aus Zustandsvariablen und universellen Konstanten. Im einzelnen habe JAUMANN in den MAXWELLSchen Gleichungen die Dielektrizitätskonstante ersetzt durch eine Funktion neuer Zustandsvariablen und habe so auch Kathoden- und Kanalstrahlen als Wellenstrahlen, und zwar als Longitudinalwellen darstellen können. Diese theoretischen Resultate habe er experimentell verifiziert durch Ablenkungsversuche, die mit Unrecht bestritten würden. Durch die Einführung von Tensoren ließe sich mit den JAUMANNschen Gleichungen weiters auch Zeemaneffekt, Dispersion u. a. m. beherrschen. Man habe zwar JAUMANN die Häufung neuer und willkürlicher Zustandsvariablen vorgeworfen, doch sei dieser Vorwurf im Hinblick auf das höchst mannigfaltige und doch einheitlich behandelte Gebiet unberechtigt. Prinzipiell befriedige die Kontinuitätstheorie besser als der Atomismus, doch sei sie, und zwar nur aus Mangel an Arbeitskräften, noch nicht ausgebaut; denn die überwiegende Mehrheit der Physiker wende sich, verführt durch die erzielten Erfolge, heute dem Atomismus zu.

Physiker wende sich, folge, heute dem Atomismus zu.

In ihrer Ablehnung eines grobschlächtigen Substanzbegriffes, in ihrer Polemik gegen die Überschätzung mechanischer Modelle zeigt sich die Untersuchung beherrscht von der Betrachtungsweise MACHS. Freilich ergibt sich die Frage, ob eine wirklich ausgeführte Kontinuitätstheorie sich schließlich vom Atomismus nicht vielleicht weniger unterscheiden würde als Verf. annimmt. Würde doch auch sie bei der Behandlung von Erscheinungen „atomarer“ Größenordnung zu stetigen Funktionen mit einer diskreten Zahl sehr steiler Maxima oder zu gleichwertigen Mitteln greifen müssen. (Vgl. den Verf. selber S. 70 über α -Szintillationen und S. 74 f. über die diskrete Zahl der Elemente). Was schließlich die vom Verf. in den Vordergrund gerückte Spezialgestalt der Kontinuitätstheorie, nämlich die JAUMANSCHKE anlangt — den MIESENSCHEN Entwurf behandelt Verf. S. 79 als eine Halbschlächtigkeit — so wird eine vorwiegend für Philosophen bestimmte volkstümliche Darstellung etwa eine neuerliche Überprüfung anregen, aber weder eine Entscheidung herbeiführen noch physikalische Bedenken entkräften können. Den Intentionen des Verf.s entsprechend seien deshalb hier die Physiker auf JAUMANSCHKE Physik der kontinuierlichen Medien, Wiener Denkschr. 95. 1918 und das Verzeichnis seiner Publikationen Phys. Zeitschr. 26, 189. 1925, hingewiesen.

E. ZILSEL, Wien.

E. ZILSEL, Wien.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

HERAUSGEGEBEN VON
ARNOLD BERLINER

UNTER BESONDERER MITWIRKUNG VON HANS SPEMANN IN FREIBURG I. BR.

ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE
UND
ORGAN DER KAISER WILHELM-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN
VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

HEFT 52 (SEITE 1255—1286)

24. DEZEMBER 1926

VIERZEHNTER JAHRGANG

INHALT:

- Emil Kraepelin †. Von JOHANNES LANGE,
München 1255
- Übersicht über den geologischen Aufbau Afrikas.
Von E. KRENKEL, Leipzig. (Mit 4 Figuren) 1256
- Bernhard Riemann und die Mathematik der
letzten hundert Jahre. Von R. COURANT,
Göttingen 1265

ZUSCHRIFTEN:

- Über die Charakterisierung der Hexosemono-
phosphorsäuren und ihr Verhalten bei der
zellfreien Gärung. Von O. MEYERHOF und
K. LOHMANN, Berlin-Dahlem 1277

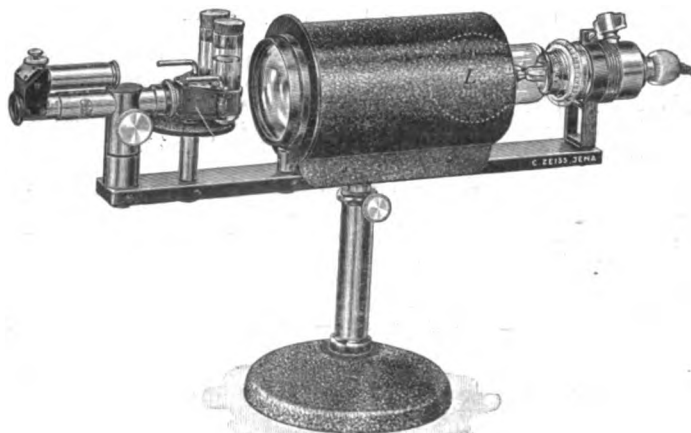
- Über das Verhältnis der klassischen Stereo-
chemie zu den Arbeiten Weißenbergs. Von
WALTER HÜCKEL, Göttingen 1279
- Lichtquanten und Lichtwellen. Von W. BOTHE,
Berlin-Charlottenburg 1280
- Beobachtungen über Wasserführung und Eis-
stoß an Flüssen Lapplands. Von GUSTAV
BRAUN, Greifswald. (Mit 2 Figuren) . . . 1281
- Zur Kenntnis der pflanzlichen Zellmembran.
Von ERICH SCHMIDT, München 1282
- Quantentheorie des kontinuierlichen Absorp-
tionsspektrums. Von J. R. OPPENHEIMER,
Göttingen 1282

Fortsetzung des Inhaltes siehe II. Umschlagseite!

ZEISS Spektroskope und Spektrographen

Handspektroskope, Vergleichsspektroskope, Gitterhandspektroskop, Gitterspektroskope, Fest-
armige Spektroskope, Autokollimationsspektroskope, Spektroskope mit Teilkreis, Spektro-

skop mit 90° Ablenkung,
Gitterspektrograph, Spektro-
graphen für Chemiker,
Lichtstarke Spektrographen,
Mess-Mikroskop für Negative



Handspektroskop mit neuem Reagenzglaskondensor

★
Druckschriften für
jedes interessierende Instrument
kostenfrei durch



Fortsetzung des Inhaltes!

- Das Verhalten von Aluminiumkrystallen bei Zugversuchen. Von Frhr. v. GÖLER, R. KARNOP und G. SACHS, Berlin-Dahlem . . . 1282
- Notiz über die Art des Regenbogenlichtes. Von FRIEDRICH KINNE, Leipzig . . . 1283
- Über den giftigen Honig des pontischen Kleinasien. Von H. FÜHNER, Bonn, und L. VAN ITALLIE, Leiden . . . 1283

- Albrecht Penck und die Meereskunde. Von G. SCHOTT, Hamburg . . . 1284

BESPRECHUNGEN:

- WOHLWILL, EMIL, Galilei und sein Kampf für die kopernikanische Lehre. (Ref.: M. v. Laue, Berlin) . . . 1284
- LOHR, E., Atomismus u. Kontinuitätstheorie in der neuzeitlich. Physik. (Ref.: E. Ziesel, Wien) 1286

Wir kaufen

und erbitten Angebote:
Brauer, Süßwasserfauna Deutschlands.
Vollständig und einzeln.

A. Lorentz, Leipzig, Kurprinzstraße 10.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

B. Riemann. Über die Hypothesen, welche der Geometrie zu Grunde liegen. Neu herausgegeben und erläutert von N. Weyl. Dritte Auflage. 54 Seiten. 1923. RM 2.—

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Vor kurzem erschien:

Vorlesungen über die Entwicklung der Mathematik Im 19. Jahrhundert

Von

Felix Klein

Teil I. Für den Druck bearbeitet von **R. Courant** und **O. Neugebauer**

Mit 48 Textfiguren. — XIII, 385 Seiten. — 1926. — RM 21.—; gebunden RM 22.50

Band 24 der Grundlehren der mathematischen Wissenschaften

Aus dem Inhalt:

Einleitung.

Erstes Kapitel: **Gauss**. Allgemeines. — Angewandte Mathematik. — Astronomie. — Geodäsie. — Physik. — Reine Mathematik. — Biographisches. — Arithmetik. Algebra, Analysis, Nachlaß, Tagebuch. — Sachliche Ausführungen. — Kritische Leistungen. — Allgemeinwürdigung.

Zweites Kapitel: **Frankreich und die École Polytechnique in den ersten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts**. Entstehung und Organisation der Schule. — Mechanik und mathematische Physik. — Allgemeines. — Poisson — Fourier. — Cauchy. — Sadi Carnot. — Poncelet, Coriolis. — Geometrie. — Monge. — Monges Schule. — Analysis und Algebra. — Cauchy. — Abflauen des mathematischen Lebens in Frankreich. — Galois.

Drittes Kapitel: **Die Gründung des Crelleschen Journals und das Aufblühen der reinen Mathematik in Deutschland**. Allerlei Pläne in Berlin. — Crelle. — Analytiker des Crelleschen Journals. — Dirichlet. — Abel. — Jacobi. — Geometer des Crelleschen Journals. — Gegensatz der Richtungen. — Möbius. — Plücker. — Steiner.

Viertes Kapitel: **Die Entwicklung der algebraischen Geometrie über Möbius, Plücker und Steiner hinaus**. Einleitung. — Herausarbeitung einer rein projektiven Geometrie. — Staudt. — Chasles und seine Schule. — Cayley. — Die parallellaufende Entwicklung der Algebra; die invariantentheorie. — Anfänge und Hauptlinien der Entwicklung. — Historischer Verlauf. — Interessante Einzelprobleme. — Allgemeines, Widerstände und Mißverständnisse. — Positive Ausbildung und Anwendung der Theorie. — Grassmann. — Hamilton.

Fünftes Kapitel: **Mechanik und mathematische Physik in Deutschland und England bis etwa 1880**. Exkurs über das klassische System der Mechanik. — Hamiltons Arbeit zur Optik und Mechanik. — Jacobis Arbeiten zur Mechanik. — Rouths Umformungen. — Franz Neumann und die Königsberger Schule. — Die Entwicklung in Berlin. — Die Entwicklung in England.

Sechstes Kapitel: **Die allgemeine Funktionentheorie komplexer Veränderlicher bei Riemann und Weierstrass**. Gegenüberstellung. — Bernhard Riemann. — Biographisches, allgemeiner Überblick. — Riemanns Funktionentheorie. — Karl Weierstrass. — Biographisches. — Weierstrass' Funktionentheorie.

Siebentes Kapitel: **Vertiefte Einsicht in das Wesen der Algebraischen Gebilde**. Weiterführung der algebraischen Geometrie. — Von den algebraischen Zahlen und dem Parallelismus ihrer Theorie mit derjenigen der algebraischen Funktionen.

Achstes Kapitel: **Gruppentheorie und Funktionentheorie, insbesondere automorphe Funktionen**. Gruppentheorie. — Automorphe Funktionen. — Namenverzeichnis.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Hundert Jahre Psychiatrie. Ein Beitrag zur Geschichte menschlicher Gesittung. Von Professor **Emil Kraepelin**. Mit 35 Textbildern. IV, 115 Seiten. 1918. RM 2.80
(Sonderabdruck aus der Zeitschrift für die gesamte Neurologie und Psychiatrie, Orig. Band 38.)

Alkohol und Tagespresse. Von Professor Dr. **E. Kraepelin**, München. 16 Seiten. 1923. RM 0.40

Paralysestudien bei Neger und Indianern. Ein Beitrag zur vergleichenden Psychiatrie. Von Dr. **Felix Plaut**, Professor an der Universität München. Mit einem Geleitwort von Professor **Emil Kraepelin**. Mit 15 Abbildungen. VIII, 98 Seiten. 1926. RM 9.60

Histopathologie des Nervensystems. Von Dr. **W. Spielmeyer**, Professor an der Universität München. Erster Band: **Allgemeiner Teil**. Mit 316 zum großen Teil farbigen Abbildungen. VIII, 494 Seiten. 1922. RM 43.50

Technik der mikroskopischen Untersuchung des Nervensystems. Von Dr. **W. Spielmeyer**, Professor an der Universität München. Dritte, vermehrte Auflage. 169 Seiten. 1924. RM 8.70

Nissls Beiträge zur Frage nach der Beziehung zwischen klinischem Verlauf und anatomischem Befund bei Nerven- und Geisteskrankheiten.

I. Band: Heft 1. Mit 34 Abbildungen. 91 Seiten. 1913. RM 2.50

I. Band: Heft 2. **Zwei Fälle von Katatonie mit Hirnschwellung.** Mit 48 Abbildungen. 114 Seiten. 1914. RM 2.80

I. Band: Heft 3. **Ein Fall von Paralyse mit dem klinischen Verlauf einer Dementia praecox. Zwei Fälle mit akuter Erkrankung der Nervenzellen.** Mit 59 Abbildungen. 107 Seiten. 1915. RM 4.60

II. Band: Heft 1. Herausgegeben von **F. Plaut** und **W. Spielmeyer** in München. Vier Fälle aus der Deutschen Forschungsanstalt für Psychiatrie in München. Mit 72 Abbildungen. 132 Seiten. 1923. RM 7.50

Die Beiträge erscheinen zwanglos in Hefen, die in sich abgeschlossen und einzeln käuflich sind.

Studien über Vererbung und Entstehung geistiger Störungen. Herausgegeben von Dr. **Ernst Rüdin**, Oberarzt der Klinik und a. o. Professor für Psychiatrie an der Universität München.

I. **Zur Vererbung und Neuentstehung der Dementia praecox.** Mit 66 Figuren und Tabellen. V, 172 Seiten. 1916. RM 9.—

II. **Die Nachkommenschaft bei endogenen Psychosen.** Genealogisch-charakterologische Untersuchungen von Dr. **Hermann Hoffmann**, Assistenzarzt der Universitätsklinik für Gemüts- und Nervenkrankheiten in Tübingen. Mit 43 Textabbildungen. VI, 234 Seiten. 1921. RM 18.—

III. **Zur Klinik und Vererbung der Huntingtonschen Chorea** von Dr. **Josef Lothar Entres**, Oberarzt an der Heil- und Pflegeanstalt Eglfing. Mit 2 Tafeln, 1 Textabbildung und 18 Stammbäumen. IV, 149 Seiten. 1921. RM 11.—

IV. **Schizoid und Schizophrenie im Erbgang.** Beitrag zu den erblichen Beziehungen der Schizophrenie und des Schizoids mit besonderer Berücksichtigung der Nachkommenschaft schizophrener Ehepaare. Von Dr. **Eugen Kahn**, stellv. Oberarzt der Psychiatrischen Universitätsklinik München. Mit 31 Abbildungen und 2 Tabellen. IV, 144 Seiten. 1923. RM 7.—

(„Monographien aus dem Gesamtgebiete der Neurologie und Psychiatrie“, Band 12, 26, 27 und 36.)



Wir bauen
Elnanker-Umformer
 zum Laden sowie für anderen Bedarf.
 Sonder-Ausführungen für den
 naturwissenschaftlichen
 Unterricht

Hochfrequenz-Maschinen
 bis zu 10000 Perioden für alle
 Anwendungszwecke

Maschinen für Sender
 der drahtlosen Telegraphie und Telephonie

**Maschinen für
 Konstanthaltung der Tourenzahl
 und Spannung**
 (Lorenz-Regler nach System Dr. Schmidt)

**Mittelfrequenz-Maschinen
 für Meßzwecke**
 mit konstanter Frequenz und
 sinusförmigem Strom



C. LORENZ
 AKTIENGESELLSCHAFT
 BERLIN-TEMPELHOF

Verlag von Julius Springer
 in Wien I

Dynamische Meteorologie

Von

Felix M. Exner

o. ö. Professor der Physik der Erde an der
 Universität Wien, Direktor der Zentral-
 anstalt für Meteorologie und Geodynamik

Zweite,
 stark erweiterte Auflage

Mit 104 Figuren im Text
 421 Seiten — 1925

Preis:
 In Ganzleinen gebunden RM 24.—

*

Aus den Besprechungen:

... There are numerous interesting and original features which we have not room to mention. The book is a sort of museum full of standard types, obtained by imagining in turn various different restrictions in order to make the differential equations integrable. These types resemble events sometimes to be found among the multifarious behaviour of the actual atmosphere, and they greatly aid us to understand what happens. They do not provide a continuous account of its day-to-day progress. No integral formulae could. It is to be hoped that some publisher may be persuaded to issue an English translation of this excellent book. It does not attempt to summarise the researches by many authors published recently in England. *Nature*, 10. Okt. 1925.

